

VOLUME DE ANEXOS

Este volume é composto por 7 ANEXOS:

Anexo I: Apresentação dos Dados Geoquímicos.

Anexo II: Cartografia dos Dados Mineralógicos.

Anexo III: Cartografia da ACP (dados Geoquímicos).

Anexo IVa: Cartografia da regressão de Al, Fe e Mn.

Anexo IVb: Cartografia da regressão de As, Ba, Co, Cr, Cu, La, Ni, Pb, Sr, Th, V, Zn (Dados resultantes da dissolução com Água Régia).

Anexo IVc: Cartografia da regressão de Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn (Dados resultantes da dissolução com AcNH_4).

Anexo V: Cartografia da ACP (dados Geoquímicos e Mineralógicos em conjunto).

ANEXO I:

Apresentação dos Dados Geoquímicos resultantes da análise por ICP-AES (após dissolução com Água Régia) e por AAS (após dissolução com Acetato de Amónio) de 653 amostras de sedimentos de corrente (fracção granulométrica <80 mesh) de Portugal Continental.

APRESENTAÇÃO DOS DADOS GEOQUÍMICOS

Neste Anexo apresentamos os dados analíticos e os mapas de distribuição dos teores em vários elementos determinados em sedimentos fluviais de Portugal Continental. Dos elementos apresentados, 31 (Ag, Al, As, Au, B, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Sr, Th, Ti, Tl, U, V, W e Zn) foram analisados após ataque químico com água régia e seis (Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) foram analisados após ataque químico com acetato de amónio.

Iremos apresentar, por ordem alfabética dos símbolos químicos, os elementos estudados. Os dados de cada elemento serão apresentados em 5 (elementos analisados após ataque com água régia) ou 7 (elementos analisados após ataque com água régia e após ataque com acetato de amónio) páginas. Deste conjunto fazem parte uma página de interpretação primária dos padrões observados; uma (duas) página(s) onde se apresenta(m) o(s) mapa(s) geoquímico(s); uma página onde se apresentam alguns valores típicos dos dados (mínimo, percentil 25, média geométrica, mediana, média aritmética, percentil 75, percentil 98, máximo e coeficiente de variação), em partes por milhão (ppm); uma (duas) página(s) onde se apresentam os “box-plots” das distribuições dos dados classificados segundo a zona geostrutural e segundo as características litológicas das sub-bacias amostradas; e uma página anexa de compilação de informação, onde se referem as propriedades do elemento, a sua ocorrência na natureza, e outras informações mais ou menos relevantes à cerca de cada um dos elementos.

Na folha correspondente a cada um dos mapas incluem-se ainda um “box-plot” e uma curva de frequências cumuladas; no caso de o mapa ser de símbolos e não de cor, é apresentado em conjunto com a curva de frequências cumuladas uma curva indicativa do diâmetro do símbolo que corresponde a cada teor. Estes gráficos servem de apoio na observação e interpretação do mapa de distribuição de teores.

Para a informação compilada à cerca de cada um dos elementos recorreu-se a várias fontes, entre as quais EMSLEY (1998), essencialmente para as propriedades físico-químicas; ROSE *et al.* (1979), para os teores médios nos vários tipos de materiais na crosta e informações sobre prospecção; REIMANN *et al.* (1998) e ADRIANO (1986), para completar as informações obtidas a partir das referências anteriores.

A Prata é um elemento traço da crosta terrestre. É muito raro na natureza, com um teor total nas rochas de cerca de 0.05 ppm, havendo pouca variação entre os teores nos diferentes tipos litológicos.

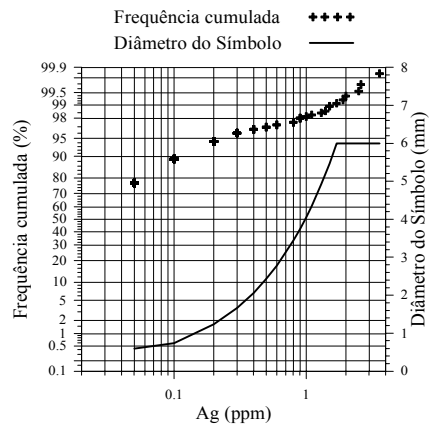
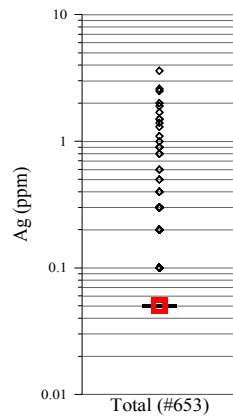
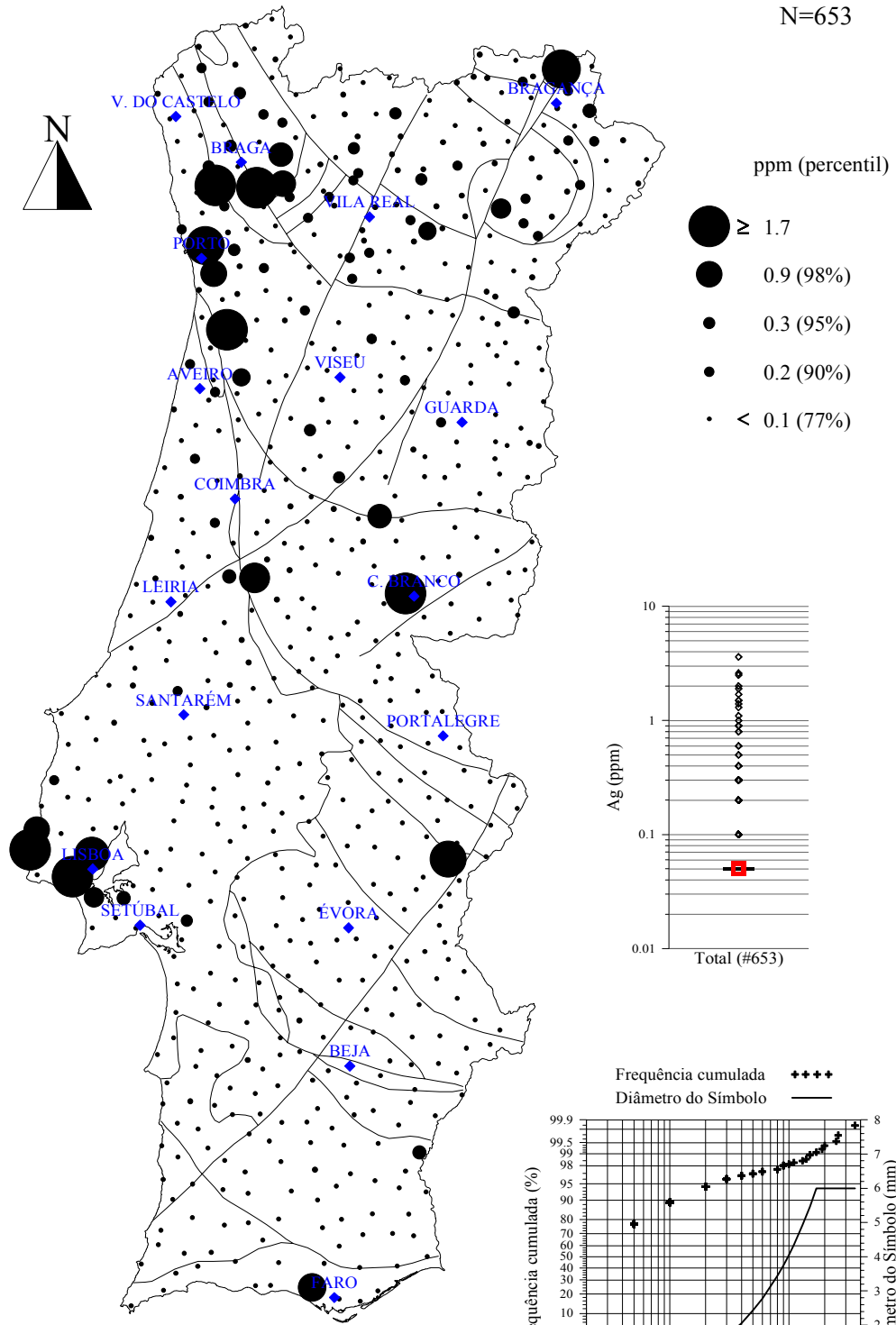
Apenas 149 das 653 amostras apresentam um teor em Ag igual ou superior ao limite de detecção (LD), das quais apenas 71 apresentam teor >LD. Este aspecto impossibilita a caracterização, em termos de valores de fundo (“background”), do território continental português. Contudo, pode observar-se, quer através do mapa da Prata quer dos respectivos gráficos de dispersão (“box-plots”), que é na parte norte de Portugal, mais concretamente na ZCI, que existe um maior número de amostras com teores acima do limite de detecção.

Em geral, os teores elevados que se verificam em alguns locais de Portugal deverão ter uma origem natural, traduzindo no entanto um enriquecimento local ligado eventualmente a ocorrências minerais e não tanto a eventuais diferenças litológicas regionais. Os teores elevados que se verificam junto ao Porto, estendendo-se para NE e Sul e junto a Lisboa, sugere a existência de uma contribuição antropogénica, provavelmente industrial, uma vez que é nestas áreas onde se encontram a maior parte das unidades industriais. A existência de ocorrências minerais conhecidas a E e Sul do Porto (Sb-Pb-Au-Ag, Sn-W, As-W-Sn, Cu-Pb) deverá também contribuir para este padrão geoquímico, quer através das ocorrências minerais propriamente ditas quer através das escombrelas adjacentes àquelas que foram sujeitas a exploração. De resto, verifica-se uma razoável coincidência entre a localização das restantes amostras com teores >LD e a presença de ocorrências minerais nas proximidades, nomeadamente a N de Bragança (Au-Ag, Sn); a Leste de Vila Real - Alfândega da Fé (As, Au-Ag, W), Vale das Gatas (Sn-W); a Sul de Coimbra - NW de Pedrógão Grande (Au-Ag); a NW da Castelo Branco junto à mina da Panasqueira (W-Sn) e a Oeste daquela cidade (Sb, Ti, W); a NE de Évora - Alandroal (Cu, Fe-Mn); a SW de Beja em S. Domingos (pirites, Cu, Fe).

GEOQUÍMICA de PORTUGAL
cartografia regional 2000
 (<80#, Aqua Regia, ICP-AES)

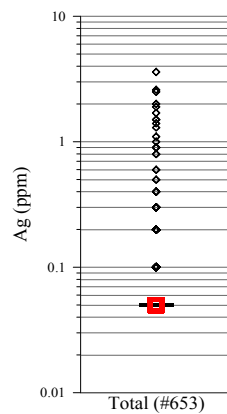
Ag
Sedimentos de Corrente

N=653

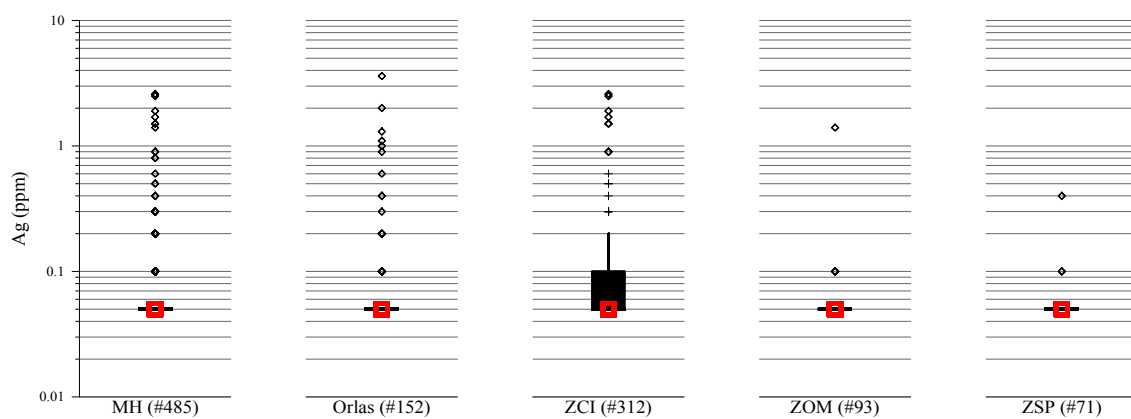


— Limites Geostruturais e Falhas
 100 km

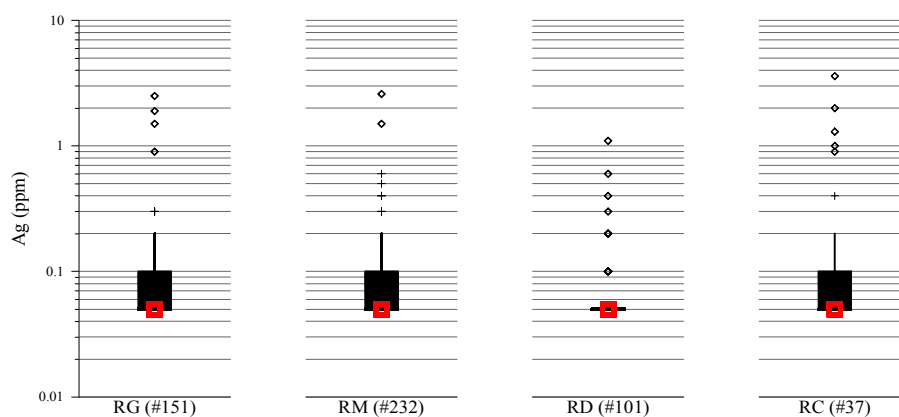
"Box-Plot" da Prata



"Box-Plot" dos dados de Ag, classificados segundo a Zona Geostrutural



"Box-Plot" dos dados de Ag, classificados segundo a Litologia



MH=Maiço Hespérico; Orlas=Orla Ocidental+Orla Algarvia;
 ZCI=Zona Centro Ibérica; ZOM=Zona de Ossa Morena; ZSP=Zona Sul Portuguesa;
 RG=Rochas Graníticas; RM=Rochas Metassedimentares;
 RD=Rochas Sedimentares Detriticas; RC=Rochas Carbonatadas
 (# número de amostras)

Teores em Sedimentos de Corrente de Portugal (ppm)

Min	p25	GM	Mdn	Média	p75	p95	Max	C%
<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.9	3.6	242.5

Teores em Sedimentos de Corrente de Portugal classificados segundo a Zona Geoestrutural (ppm)

	Min	p25	GM	Mdn	Média	p75	p98	Max	C%
MH	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.8	2.6	222.4
Orlas	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	1.1	3.6	276.8
ZCI	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.1	0.9	2.6	213.4
ZOM	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1.4	211.9
ZSP	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.4	74.9

Teores em Sedimentos de Corrente de Portugal classificados segundo a Litologia(ppm)

	Min	p25	GM	Mdn	Média	p75	p98	Max	C%
RG	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.1	0.9	2.5	234.3
RM	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.1	0.5	2.6	208.7
RD	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.4	1.1	159.0
RC	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.3	0.1	2.0*	3.6	232.0

* percentil 95

Min = Mínimo; p25 = percentil 25; GM = média geométrica; Mdn = Mediana; Média = média aritmética; p75 = percentil 75; p98 = percentil 98; Max = Máximo; C% = 100*(desvio padrão/Média); MH = Maciço Hespérico; Orlas = Orla Ocidental + Orla Algarvia; ZCI = Zona Centro Ibérica; ZOM = Zona de Ossa Morena; ZSP = Zona Sul Portuguesa; RG = Rochas graníticas; RM = Rochas metassedimentares; RD = Rochas sedimentares detríticas; RC = Rochas carbonatadas.

Propriedades Físico-Químicas

Número Atómico	47
Massa Atómica	107.868
Densidade (g/cm ³)	10.5
Raio Atómico (Å)	1.44
Propriedades do óxido	anfotérico
Grupo(s)	metal pesado e nobre
Afinidade	calcófilo

Minerais típicos do elemento

Ag nativa, argentite (Ag₂S), stefanite (Ag₃SbS₄), cerargerite (AgCl), polibasite ((Cu,Ag)₁₆Sb₂S₁₁), arseneto de prata (Ag₃As)

Possíveis minerais hospedeiros

galena, blenda, calcopirite, arsenetos, tetraedrite e alguns silicatos, com teores muito baixos

Teores em vários Tipos de Rochas e em Solos (ppm)

Crusta continental	0.07	Arenitos, Quartzitos	0.25
Crusta continental superior	0.055	Grauvaques	-
Granitos, Granodioritos	0.037	Argilitos, Xistos	0.19
Gabros, Basaltos	0.1	Calcários	0.1
Rochas Ultramáficas	0.06	Solos	0.01-8

ASSOCIAÇÕES NATURAIS Pb-Zn-Cd-Ag-Hg-As-Sb-Se (sulfuretos complexos), Ag-Ni-Co-Fe-S-As-Sb-Bi-(U) (depósitos do tipo Cobalto), U-V-Se-As-Mo-Pb-Cu-Ag (depósitos “red bed sandstone”), U-Cu-Ag-Co-Ni-As-V-Se-Au-Mo (filões discordantes de U), Au-Ag-Te-Hg (filões), Cu-Mo-Ag-(Au) (“porphyry copper”).

MOBILIDADE AMBIENTAL Elevada em condições de acidez, média sob condições oxidantes, muito baixa em condições reductoras, neutras ou alcalinas.

BARREIRAS GEOQUÍMICAS Presença de sulfuretos, aumento de pH, adsorção pela matéria orgânica e óxidos de Fe-Mn.

USOS / FONTES ANTROPOGÊNICAS Joalheria, cunhagem de moedas, indústria eléctrica, indústria fotográfica, baterias, ligas de soldadura, cromagens e niquelagens.

Fundição e escombros de Pb, Zn, Cu, Ag, Au, W e Sn, lamas de esgotos. Sob a forma de AgI, é usado em certos países para alimentar nuvens para provocar chuva.

IMPACTO BIOLÓGICO É considerado um elemento não essencial. É tóxico para muitos micro-organismos e peixes; as plantas aquáticas tendem a acumular Ag. Baixa toxicidade para os humanos excepto sob a forma de sais solúveis, que pode ser mortal. Aparentemente não é carcinogénico.

PROSPECCÃO A prospecção de depósitos de Ag é mais eficaz através da análise de Pb, Cu, Zn, Hg, Ag e eventualmente As nos solos e sedimentos. O Pb é o melhor elemento-guia para depósitos de Ag.

O Alumínio é um elemento maior da crosta terrestre. A meteorização dos minerais deverá ser a principal fonte de Al no ambiente superficial. A adição antropogénica de Al aos níveis naturais torna-se, pois, difícil de detectar em mapas geoquímicos de âmbito regional. Pontualmente, as minas e pedreiras a céu-aberto, as escombrelas e unidades industriais de fundição de alumínio e cimenteiras, deverão ser as principais fontes antropogénicas deste elemento.

Existe uma clara separação geoquímica quanto ao teor deste elemento, entre o Maciço Hespérico (teores elevados) e as Orlas (teores baixos). Este padrão geoquímico é eminentemente geogénico, causado pelo domínio de formações sedimentares detríticas arenosas e carbonatadas nas Orlas, as quais tipicamente apresentam teores baixos de Al.

No MH destaca-se um padrão de teores elevados no Minho (NW de Portugal), onde dominam granitóides genericamente de características aluminosas. Este padrão geoquímico poderá também ser parcialmente explicado pelo elevado grau de meteorização que estes granitóides apresentam. A Zona de Ossa Morena apresenta um ligeiro empobrecimento de Al relativamente ao restante do MH, provavelmente devido às características menos aluminosas dos granitóides aflorantes naquela Zona geoestrutural.

Os teores mais elevados de Al na Zona das Orlas situam-se junto ao troço inferior do Tejo, frequentemente sujeito a cheias. A consequente deposição de sedimentos de fracção mais fina na grande planície de inundação do Baixo-Tejo, deverá explicar este padrão geoquímico.

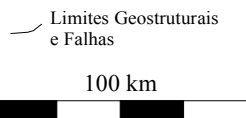
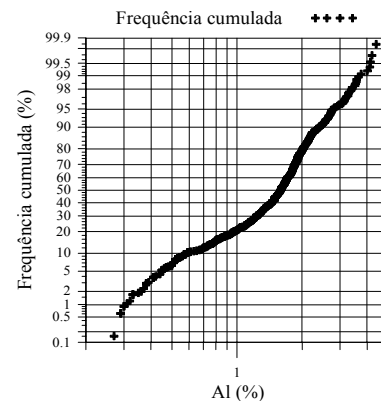
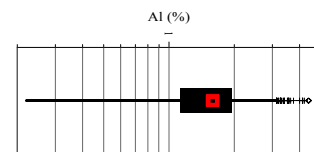
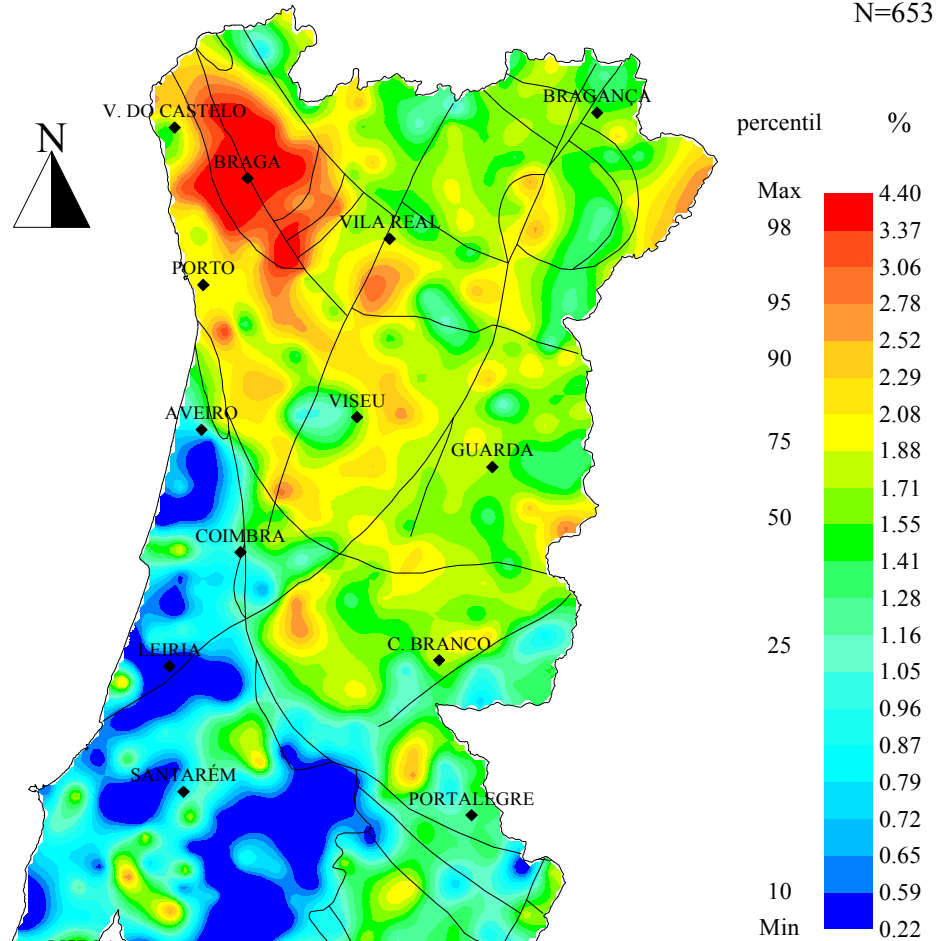
GEOQUÍMICA de PORTUGAL cartografia regional 2000

(<80#, Aqua Regia, ICP-AES; krigagem)

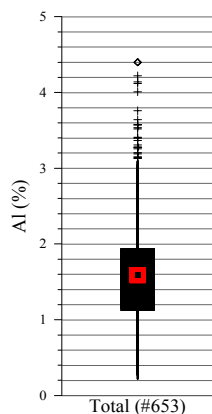
Al

*Sedimentos
de Corrente*

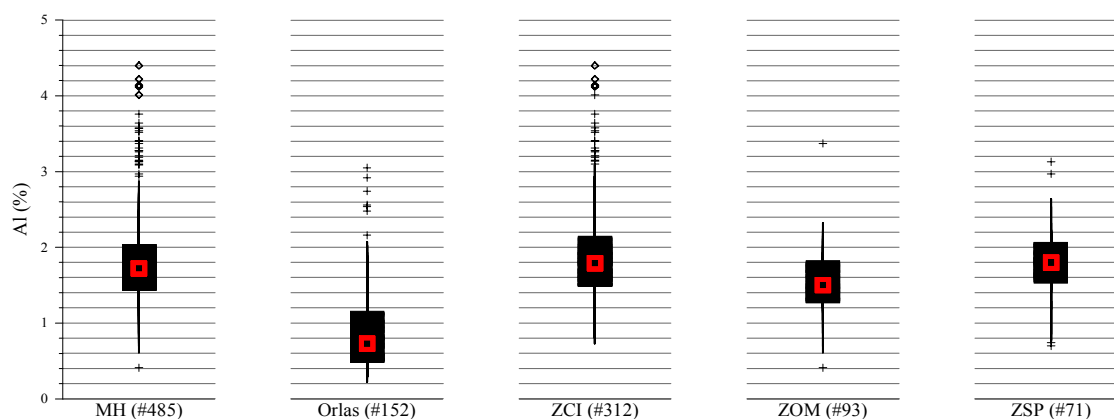
N=653



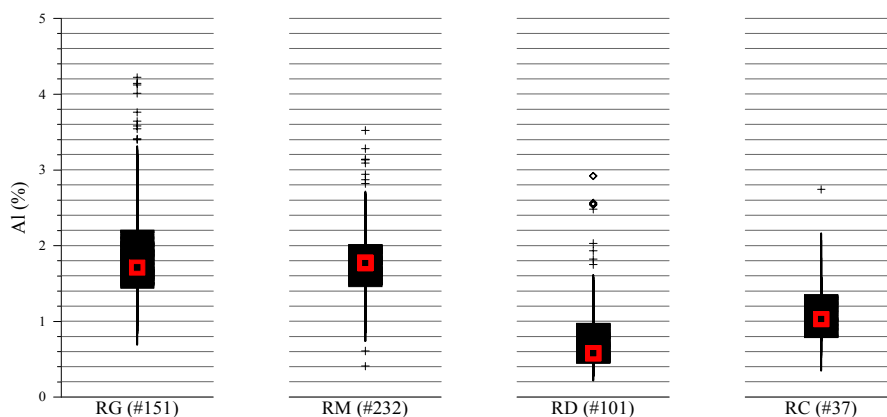
"Box-Plot" do Alumínio



"Box-Plot" dos dados de Al, classificados segundo a Zona Geostrutural



"Box-Plot" dos dados de Al, classificados segundo a Litologia



MH=Maiço Hespérico; Orlas=Orla Ocidental+Orla Algarvia;
 ZCI=Zona Centro Ibérica; ZOM=Zona de Ossa Morena; ZSP=Zona Sul Portuguesa;
 RG=Rochas Graníticas; RM=Rochas Metassedimentares;
 RD=Rochas Sedimentares Detríticas; RC=Rochas Carbonatadas
 (# número de amostras)

Teores em Sedimentos de Corrente de Portugal (ppm)

Min	p25	GM	Mdn	Média	p75	p98	Max	C%
2200	11300	14000	15900	15800	19200	33700	44000	44.7

Teores em Sedimentos de Corrente de Portugal classificados segundo a Zona Geoestrutural (ppm)

	Min	p25	GM	Mdn	Média	p75	p98	Max	C%
MH	4100	14400	17100	17200	18000	20200	35400	44000	33.3
Orlas	2200	4700	7500	7300	9000	11300	25600	30500	65.1
ZCI	7300	15000	18000	18000	19000	21400	36400	44000	34.1
ZOM	4100	12700	14800	15000	15400	18200	23200	33700	27.9
ZSP	7000	15300	16900	18000	17600	20500	29700	31300	27.0

Teores em Sedimentos de Corrente de Portugal classificados segundo a Litologia(ppm)

	Min	p25	GM	Mdn	Média	p75	p98	Max	C%
RG	6900	14500	17800	17100	19100	22000	40100	42200	38.9
RM	2200	4500	6700	5800	8000	9600	25400	29200	26.4
RD	4100	14700	17100	17600	17700	20000	30900	35200	68.7
RC	3500	8000	10800	10300	11800	13500	21600*	27400	43.3

* percentil 95

Min = Mínimo; p25 = percentil 25; GM = média geométrica; Mdn = Mediana; Média = média aritmética; p75 = percentil 75; p98 = percentil 98; Max = Máximo; C% = 100*(desvio padrão/Média); MH = Maciço Hespérico; Orlas = Orla Ocidental + Orla Algarvia; ZCI = Zona Centro Ibérica; ZOM = Zona de Ossa Morena; ZSP = Zona Sul Portuguesa; RG = Rochas graníticas; RM = Rochas metassedimentares; RD = Rochas sedimentares detríticas; RC = Rochas carbonatadas.

Propriedades Físico-Químicas

Número Atómico	13
Massa Atómica	26.982
Densidade (g/cm ³)	2.698
Raio Atómico (Å)	1.43
Propriedades do óxido	anfotérico
Grupo(s)	metal leve
Afinidade	litófilo

Minerais típicos do elemento

bauxite/boemite/diásporo (AlO(OH)), gibbsite (Al(OH)₃), silimanite/andaluzite (Al₂SiO₅), corundo (Al₂O₃), caulinite (Al₂Si₂O₅(OH)₄), topázio (Al₂SiO₄(F,OH)₂), criolite (Na₃AlF₆),

Possíveis minerais hospedeiros

feldspatos, micas, minerais de argila

Teores em vários Tipos de Rochas e em Solos (ppm)

Crusta continental	79600	Arenitos, Quartzitos	37000
Crusta continental superior	77440	Grauvaques	71456
Granitos, Granodioritos	73000	Argilitos, Xistos	91000
Gabros, Basaltos	83000	Calcários	4000
Rochas Ultramáficas	20000	Solos	-

ASSOCIAÇÕES NATURAIS Al-Si (substituto do silício na maioria dos silicatos).

MOBILIDADE AMBIENTAL Muito baixa. A solubilidade só aumenta se o pH decrescer abaixo de 5.5

BARREIRAS GEOQUÍMICAS pH.

USOS / FONTES ANTROPOGÊNICAS Indústria de embalagens, de transportes, eléctrica e outros bens de consumo, construção civil, abrasivos, curtumes, têxteis, tratamento de esgotos (o sulfato de Al é usado como floculante no tratamento de água para consumo e água de esgoto.), entre outros.

Fundição de Al, cimenteiras, lamas de esgotos, poeiras geogénicas ou antropogénicas (sob a forma de minerais argilosos) junto a pedreiras e unidades industriais de tratamento de rocha. Criolite sob a forma de inseticida.

IMPACTO BIOLÓGICO É considerado um elemento essencial para certos organismos. É tóxico para os peixes a pH baixo; tóxico para as plantas; tóxico para os humanos, sob a forma de iões de Al livres; compostos de Al facilmente solúveis têm efeitos tóxicos graves (p.ex: o cloreto e o nitrato de Al). Certas plantas acumulam Al. O Al pode bloquear a toma de fosfato.

PROSPECCÃO O minério principal de Al é a bauxite, que se forma em zonas tropicais.

O Arsénio é um elemento menor da crosta terrestre. Apresenta teores típicos médios da crosta e rochas que a compõem raramente superiores a 2 ppm, com exceção das rochas metassedimentares (12 ppm).

Nos sedimentos de corrente de Portugal, o As apresenta claramente teores médios mais elevados nas amostras colhidas em terrenos que fazem parte da Zona Centro Ibérica, isto independentemente desses terrenos serem graníticos (mdn = 11 ppm) ou xistentos (mdn = 13 ppm). Assim, mais do que a classe litológica, a zona geostrutural parece ter um papel determinante no padrão geoquímico em ambiente secundário apresentado por este elemento.

Os mais altos teores de todo o Maciço Hespérico estão, de forma consistente, espacialmente relacionados com antigas actividades mineiras e/ou ocorrências minerais conhecidas, especialmente no casos onde se verifica a presença de sulfuretos quer seja como minério principal (ex.: S. Domingos - pirites e Cu) quer como minerais acessórios (ex.: Panasqueira – W e Sn).

Alguns dos teores mais elevados de As que se observam nas Orlas poderão estar relacionados com ocorrências de gesso, carvão ou betuminosos, como parece ser o caso a norte da Nazaré.

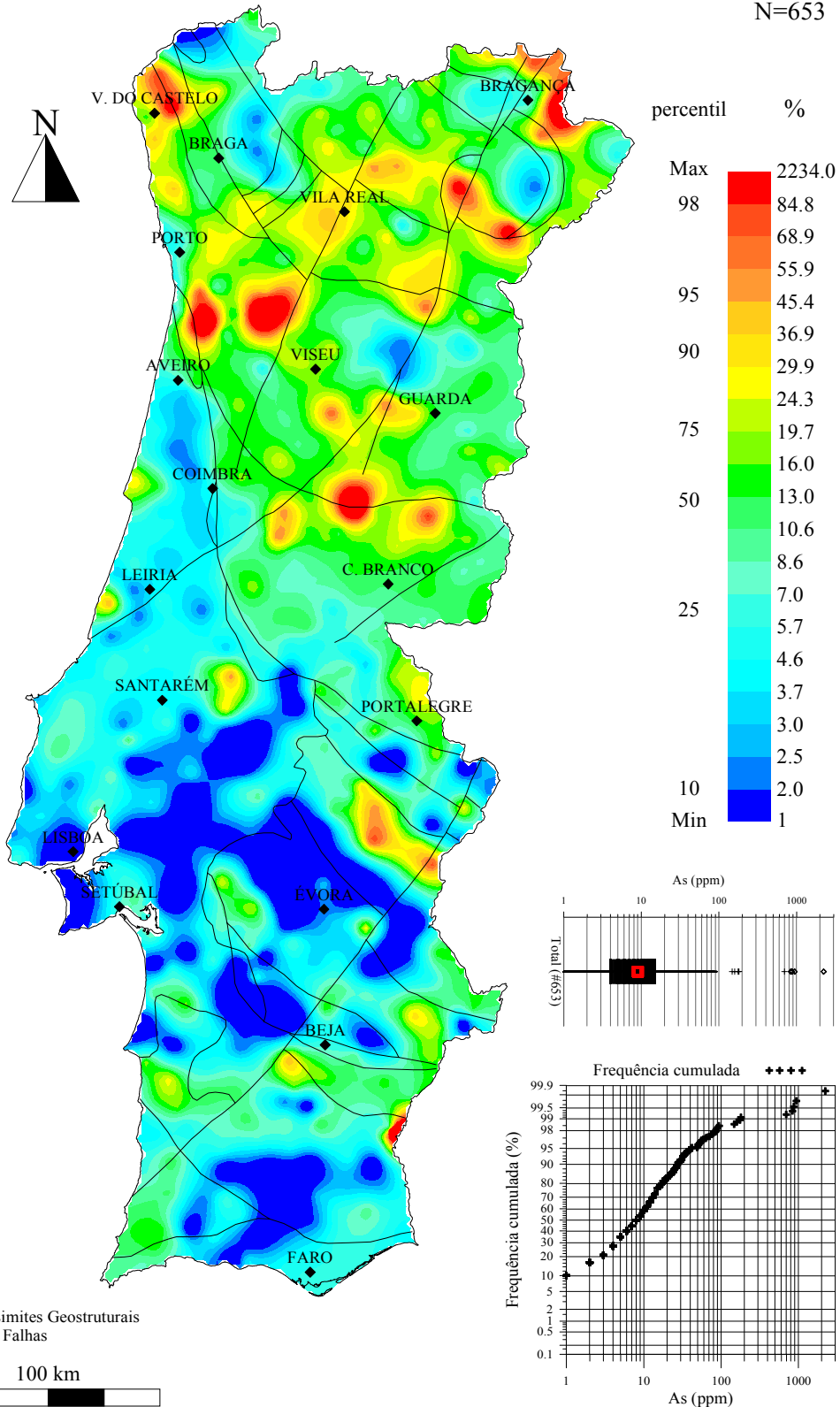
GEOQUÍMICA de PORTUGAL cartografia regional 2000

(<80#, Aqua Regia, ICP-AES; krigagem)

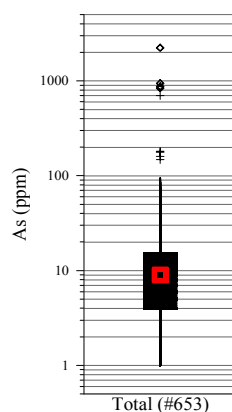
As

Sedimentos de Corrente

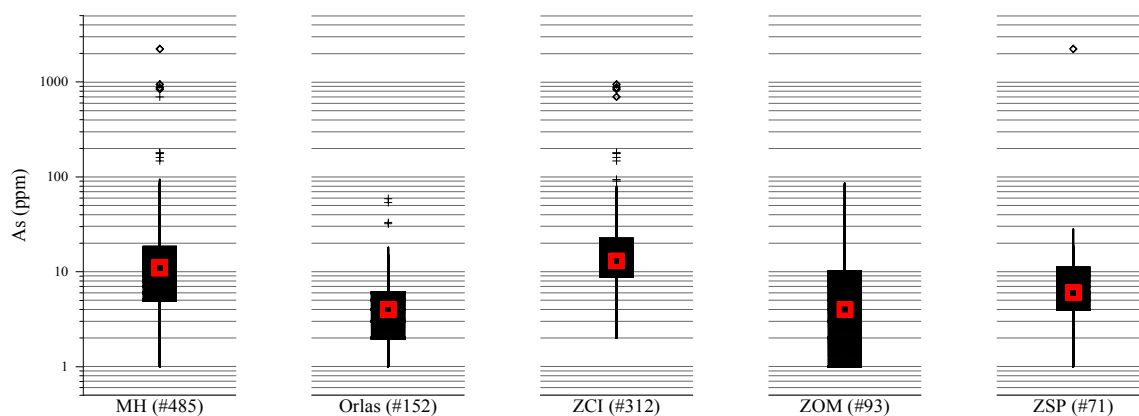
N=653



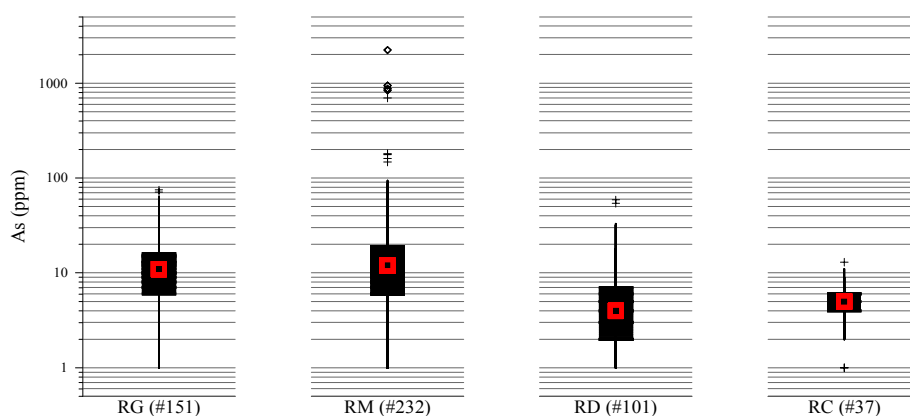
"Box-Plot" do Arsénio



"Box-Plot" dos dados de As, classificados segundo a Zona Geostrutural



"Box-Plot" dos dados de As, classificados segundo a Litologia



MH=Maiço Hespérico; Orlas=Orla Ocidental+Orla Algarvia;
 ZCI=Zona Centro Ibérica; ZOM=Zona de Ossa Morena; ZSP=Zona Sul Portuguesa;
 RG=Rochas Graníticas; RM=Rochas Metassedimentares;
 RD=Rochas Sedimentares Detríticas; RC=Rochas Carbonatadas
 (# número de amostras)

Teores em Sedimentos de Corrente de Portugal (ppm)

Min	p25	GM	Mdn	Média	p75	p98	Max	C%
<2	4	8	9	22	15	85	2234	509.4

Teores em Sedimentos de Corrente de Portugal classificados segundo a Zona Geoestrutural (ppm)

	Min	p25	GM	Mdn	Média	p75	p98	Max	C%
MH	<2	5	10	11	27	18	94	2234	469.8
Orlas	<2	2	4	4	6	6	32	59	134.1
ZCI	2	9	15	13	30	23	160	944	323.3
ZOM	<2	<2	4	4	10	10	85	86	152.4
ZSP	<2	4	6	6	39	11	28	2234	679.9

Teores em Sedimentos de Corrente de Portugal classificados segundo a Litologia(ppm)

	Min	p25	GM	Mdn	Média	p75	p98	Max	C%
RG	<2	6	9	11	13	16	42	75	87.3
RM	<2	6	11	12	41	19	699	2234	441.5
RD	<2	2	4	4	6	7	33	59	144.1
RC	<2	4	4	5	5	6	11*	13	51.6

* percentil 95

Min = Mínimo; p25 = percentil 25; GM = média geométrica; Mdn = Mediana; Média = média aritmética; p75 = percentil 75; p98 = percentil 98; Max = Máximo C% = 100*(desvio padrão/Média); MH = Maciço Hespérico; Orlas = Orla Ocidental + Orla Algarvia; ZCI = Zona Centro Ibérica; ZOM = Zona de Ossa Morena; ZSP = Zona Sul Portuguesa; RG = Rochas graníticas; RM = Rochas metassedimentares; RD = Rochas sedimentares detríticas; RC = Rochas carbonatadas.

Propriedades Físico-Químicas

Número Atômico	33
Massa Atômica	74.922
Densidade (g/cm ³)	5.78
Raio Atômico (Å)	1.25
Propriedades do óxido	anfotérico
Grupo(s)	não-metal pesado
Afinidade	calcófilo

Minerais típicos do elemento

arsenopirite (FeAsS), realgar (AsS), auripigmento (As₂S₃), arsenolite (As₂O₃), enargite (Cu₃AsS₄), conicalcite (CaCu(AsO₄)(OH)), olivenite (Cu₂(AsO₄)(OH)), lollingite (FeAs₂)

Possíveis minerais hospedeiros

feldspatos, magnetite, ilmenite, pirite, galena, blenda, apatite

Teores em vários Tipos de Rochas e em Solos (ppm)

Crusta continental	1.7	Arenitos, Quartzitos	1.2
Crusta continental superior	2	Grauvaques	-
Granitos, Granodioritos	2.1	Argilitos, Xistos	12
Gabros, Basaltos	1.5	Calcários	1.1
Rochas Ultramáficas	1.0	Solos	7.5

ASSOCIAÇÕES NATURAIS Au-As ou Ag-As (filões hidrotermais), Cu-Ni-Co-As-Ag-Fe (sulfuretos maciços de Ni-Cu), U-As (filões), Cu-As (argilitos cupríferos), Cu-V-U-Ag-As (depósitos de arenitos cupríferos), alguns depósitos de fosfatos.

MOBILIDADE AMBIENTAL Média sob condições de oxidação, de acidez e neutras a alcalinas; muito baixa em ambiente redutor.

BARREIRAS GEOQUÍMICAS O As é removido com relativa facilidade da água, dispersando-se pelo sedimento. Constituem barreiras geoquímicas a presença de sulfuretos, adsorção pelos hidróxidos de Fe e argilas.

USOS / FONTES ANTROPOGÊNICAS Ligas, preservação de madeira, munições, semi-condutores, baterias, tintas, têxteis, curtumes.

Escombreiras e fundição e calcinação de minério sulfuretado, em especial de Pb, Zn, Cu, Au, Ag, As, W e Sn; combustão de carvão; efluentes de pocilgas e aviários; fertilizantes fosfatados, herbicidas, inseticidas e fungicidas (p.ex: arsenato de Cu usado nas vinhas).

IMPACTO BIOLÓGICO Essencial para alguns organismos, entre os quais os humanos; promove o crescimento nos animais; algumas plantas têm a capacidade de concentrar o As. É tóxico; a toxicidade depende da valência (os compostos com As³⁺ são os mais tóxicos) e é inibida pela ingestão de Se. Teratogénico.

PROSPECCÃO O As nos solos e sedimentos de corrente é um poderoso guia de depósitos de Au arseníferos e útil para outros tipos de depósitos; sob certas condições, o teor nas plantas pode ser mais eficaz que o teor nos solos.

O Ouro é um elemento traço raro da crosta terrestre.

O limite de detecção (2 ppm) usado na análise do ouro é excessivamente elevado. Deveria ser no mínimo 1000 vezes mais baixo, para possibilitar a determinação de eventuais teores acima dos valores típicos médios das rochas (0.002 – 0.005 ppm).

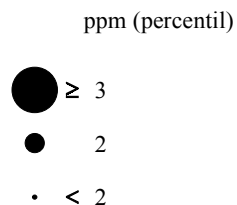
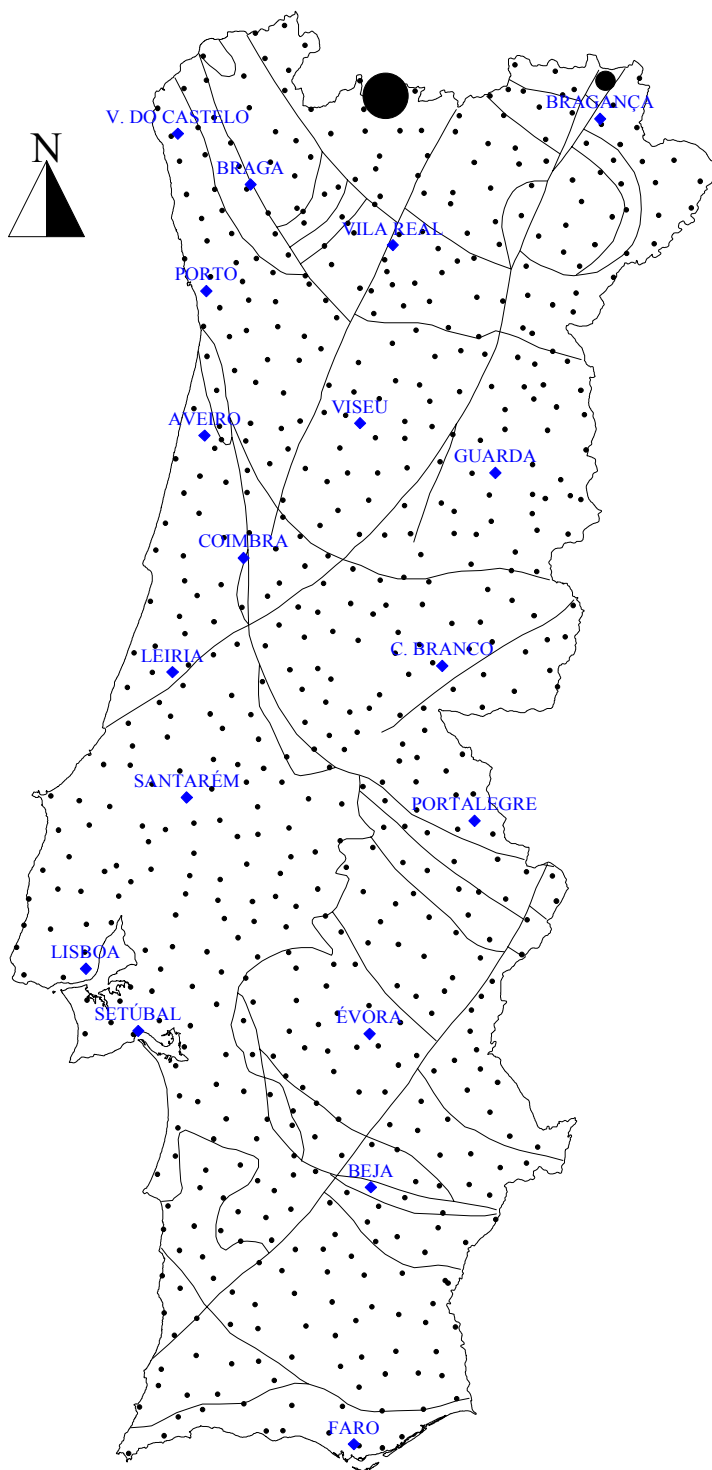
Apenas duas amostras apresentam teores não inferiores ao limite de detecção: uma com um teor de 2 ppm e outra com 3 ppm. Estes dois teores provavelmente não têm qualquer significado analítico por motivos anteriormente discutidos, ainda que a primeira se encontre espacialmente associada a uma ocorrência mineral de Au-Ag.

GEOQUÍMICA de PORTUGAL
cartografia regional 2000
 (<80#, Aqua Regia, ICP-AES)

Au
Sedimentos de Corrente

N=653

OURO em SEDIMENTOS de CORRENTE



— Limites Geostruturais e Falhas

100 km



Propriedades Físico-Químicas

Número Atômico	79
Massa Atômica	196.967
Densidade (g/cm ³)	19.32
Raio Atômico (Å)	1.44
Propriedades do óxido	anfotérico
Grupo(s)	metal nobre
Afinidade	siderófilo (calcófilo)

Minerais típicos do elemento

Au nativo, silvanite (AgAuTe ₄)

Possíveis minerais hospedeiros

galena, blenda, calcopirite, arsenetos, tetraedrite

Teores em vários Tipos de Rochas e em Solos (ppm)

Crusta continental	0.003	Arenitos, Quartzitos	0.005
Crusta continental superior	0.003	Grauvaques	-
Granitos, Granodioritos	0.0023	Argilitos, Xistos	0.004
Gabros, Basaltos	0.0032	Calcários	0.005
Rochas Ultramáficas	0.0032	Solos	0.002

ASSOCIAÇÕES NATURAIS Ag-As-Sb-Au-Hg-Se-Te (depósitos de metais preciosos), Fe-Zn-Cu-Au (em muitos sulfuretos)

MOBILIDADE AMBIENTAL Em ambiente mineralizado, é limitada devido à refratividade do Au nativo; em ambiente não mineralizado é aparentemente elevada.

BARREIRAS GEOQUÍMICAS

USOS / FONTES ANTROPOGÊNICAS Ourivesaria.

IMPACTO BIOLÓGICO Pode ser concentrado em plantas sob forma de complexos cianetados.

PROSPECCÃO O As em solos e sedimentos é o guia mais eficaz na prospecção de depósitos de Au com arsênio.

O Boro é um elemento traço da crosta.

A fonte natural mais importante de B é a água do mar. Assim sendo o spray marinho é uma fonte importante que contribui para o enriquecimento atmosférico deste elemento nas zonas costeiras. Em termos litológicos, as rochas metassedimentares apresentam habitualmente enriquecimento em B, relativamente às restantes.

Em Portugal Continental verifica-se que 58% das amostras (n = 378) de sedimentos de corrente apresentam teor inferior ao limite de detecção. A razão mais provável para este número tão elevado é que a maioria das fases minerais hospedeiras deste elemento não são destruídas pelo ataque com água régia.

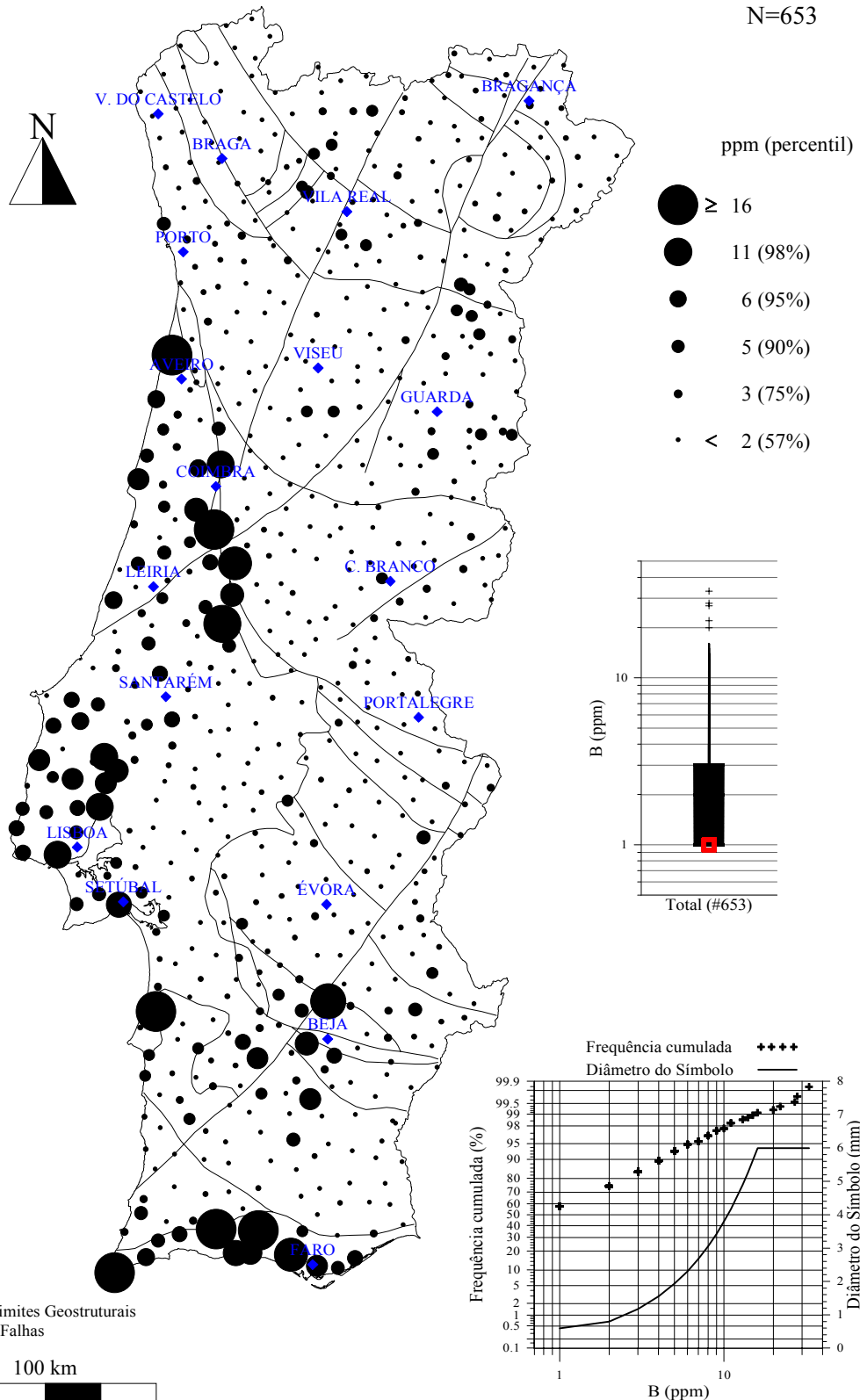
Verifica-se que os teores mais elevados se encontram nas Orlas, nomeadamente nas amostras classificadas como carbonatadas, como aliás se pode ver no respectivo gráfico “box-plot”. Ainda nas Orlas, nota-se uma quebra brusca de teores de W para E junto ao troço baixo do rio Tejo. Para Este deste rio desenvolve-se a bacia Terciária do Tejo e Sado, classificada quato à origem como continental, ao passo que para Oeste, as formações sedimentares são essencialmente de origem marinha, ficando assim justificado os teores mais elevados que aqui se observam. A proximidade do mar também poderá contribuir para os valores mais elevados que se observam junto à costa.

A existência de alguns teores acima do limite de detecção em amostras colhidas sobre o Maciço Hespérico poderá ser explicada: a) quer pela elevada meteorização química das rochas, traduzida numa elevada quantidade de minerais de alteração nos sedimentos de corrente e b) quer pelo facto de essas amostras terem sido colhidas em locais influenciados por ocorrências minerais e/ou escombrelas de explorações mineiras a cujos minérios ou gangas o boro possa estar associado.

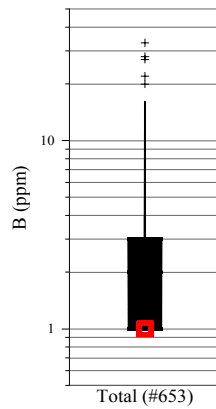
GEOQUÍMICA de PORTUGAL
cartografia regional 2000
 (<80#, Aqua Regia, ICP-AES)

B
Sedimentos de Corrente

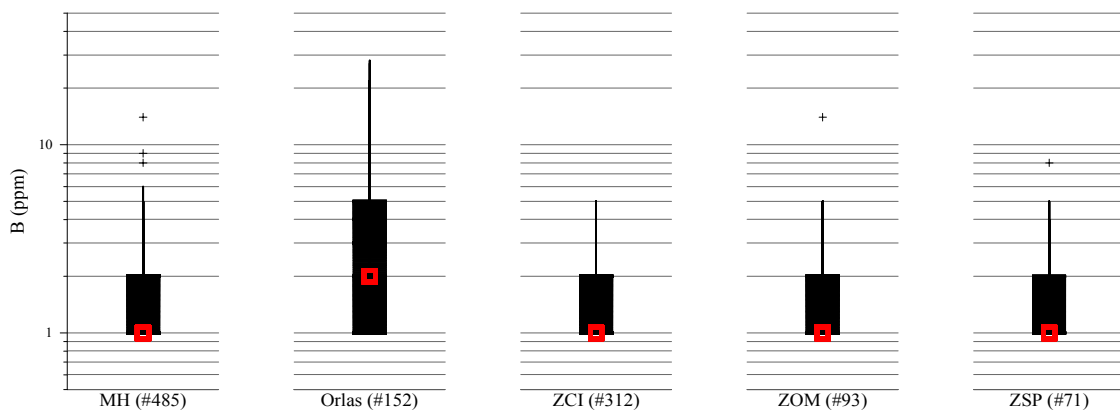
N=653



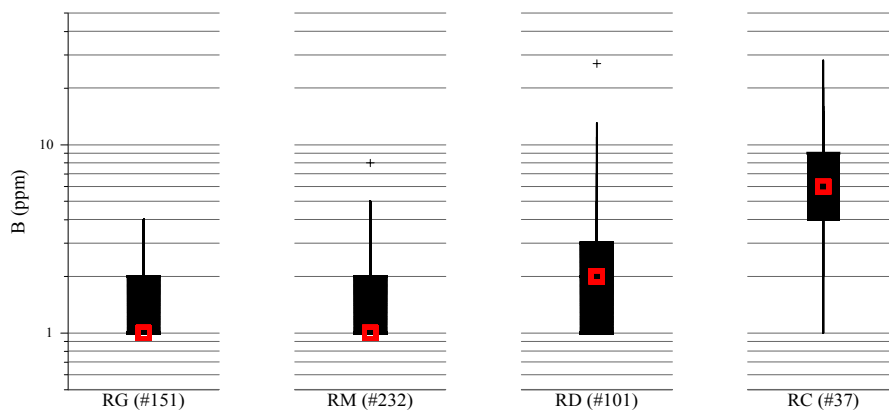
"Box-Plot" do Boro



"Box-Plot" dos dados de B, classificados segundo a Zona Geostrutural



"Box-Plot" dos dados de B, classificados segundo a Litologia



MH=Maiço Hespérico; Orlas=Orla Ocidental+Orla Algarvia;
 ZCI=Zona Centro Ibérica; ZOM=Zona de Ossa Morena; ZSP=Zona Sul Portuguesa;
 RG=Rochas Graníticas; RM=Rochas Metassedimentares;
 RD=Rochas Sedimentares Detríticas; RC=Rochas Carbonatadas
 (# número de amostras)

Teores em Sedimentos de Corrente de Portugal (ppm)

Min	p25	GM	Mdn	Média	p75	p98	Max	C%
<2	<2	<2	<2	2	3	11	33	128.0

Teores em Sedimentos de Corrente de Portugal classificados segundo a Zona Geoestrutural (ppm)

	Min	p25	GM	Mdn	Média	p75	p98	Max	C%
MH	<2	<2	<2	<2	<2	2	5	14	74.6
Orlas	<2	<2	3	2	4	5	20	28	111.2
ZCI	<2	<2	<2	<2	<2	2	4	5	60.5
ZOM	<2	<2	<2	<2	<2	2	5	14	89.9
ZSP	<2	<2	<2	<2	<2	2	5	8	76.0

Teores em Sedimentos de Corrente de Portugal classificados segundo a Litologia(ppm)

	Min	p25	GM	Mdn	Média	p75	p98	Max	C%
RG	<2	<2	<2	<2	<2	2	4	4	60.7
RM	<2	<2	<2	<2	<2	2	5	8	66.9
RD	<2	<2	<2	2	3	3	11	27	127.1
RC	<2	4	5	6	7	9	20	28	77.6

* percentil 95

Min = Mínimo; p25 = percentil 25; GM = média geométrica; Mdn = Mediana; Média = média aritmética; p75 = percentil 75; p98 = percentil 98; Max = Máximo; C% = 100*(desvio padrão/Média); MH = Maciço Hespérico; Orlas = Orla Ocidental + Orla Algarvia; ZCI = Zona Centro Ibérica; ZOM = Zona de Ossa Morena; ZSP = Zona Sul Portuguesa; RG = Rochas graníticas; RM = Rochas metassedimentares; RD = Rochas sedimentares detríticas; RC = Rochas carbonatadas.

Propriedades Físico-Químicas

Número Atômico	5
Massa Atômica	10.811
Densidade (g/cm ³)	2.34
Raio Atômico (Å)	0.83
Propriedades do óxido	ácido fraco
Grupo(s)	não-metal leve
Afinidade	litófilo

Minerais típicos do elemento

borax (Na₂B₄O₅(OH)₄·8H₂O), turmalina ((Na,Ca)(Mg,Fe²⁺,Fe³⁺,Al,Li)Al₆(BO₃)₃Si₆O₁₈OH₄), colemanite (CaB₃O₄(OH)₃·H₂O), datolite (CaBSiO₄(OH)), kernite (Na₂B₄O₆·(OH)₂·3H₂O), ulexite (NaCaB₅O₆(OH)₆·5H₂O)

Possíveis minerais hospedeiros

feldspatos, micas

Teores em vários Tipos de Rochas e em Solos (ppm)

Crusta continental	11	Arenitos, Quartzitos	35
Crusta continental superior	17	Grauvaques	37
Granitos, Granodioritos	10	Argilitos, Xistos	100
Gabros, Basaltos	5	Calcários	20
Rochas Ultramáficas	3	Solos	29

ASSOCIAÇÕES NATURAIS Li-Be-B-Nb-Sn (pegmatitos), Be-Li-B-Nb-Th-U (filões pegmatíticos), B-Be-Cu-Zn-Pb-Mo-W (skarns), B-Be-Sn-F-W (greisens), B-Na-K-Li-Mg-Ca (evaporitos); o teor de B em argilitos / xistos de origem marinha é muito superior aos de origem continental, como resultado do enriquecimento de B na água do mar.

MOBILIDADE AMBIENTAL Muito elevada sob condições de oxidação, de acidez e neutras a alcalinas; muito baixa em ambiente redutor.

BARREIRAS GEOQUÍMICAS Adsorção pelos minerais argilosos. A adsorção por parte dos solos depende do pH.

USOS / FONTES AMBIENTAIS Detergentes, cerâmica, indústria vidreira, esmaltes, ligas, abrasivos, fertilizantes, retardadores de fogo, indústria farmacêutica, indústria nuclear. Combustão de carvão, esgotos, fertilizantes. “Spray” marinho.

IMPACTO BIOLÓGICO Essencial para alguns organismos. Os boratos e o B elementar são considerados não tóxicos para os humanos. Teores elevados nos solos, podem ser tóxicos para as plantas; algumas plantas têm baixa tolerância para o B (p.ex.: pinheiros).

PROSPECCÃO Os sintomas provocados pela toxicidade nas plantas pode ser usada na prospecção de áreas enriquecidas em B. O B em materiais superficiais pode ser usado como guia de áreas enriquecidas em boratos, depósitos hidrotermais com turmalinas, axinite ou outros silicatos boratados.

O Bário é um elemento traço importante da crosta terrestre. Em geral, as rochas graníticas e as metassedimentares apresentam os teores mais elevados de Ba. Por outro lado, é mais ou menos aceite que as fontes geogénicas de Ba são mais importantes que as antropogénicas.

Em Portugal Continental pode observar-se um padrão geoquímico do Ba que não é, de uma forma clara, directamente relacionável com as classes litológicas, sendo-o um pouco melhor com as zonas geotectónicas. Apesar de tudo, as amostras colhidas em terrenos dominados por rochas metassedimentares (mdn = 70 ppm) são as que apresentam teores médios mais elevados; quanto às zonas geotectónicas, as amostras das zonas de Ossa Morena (mdn = 95 ppm) e Sul Portuguesa (mdn = 83 ppm) apresentam teores mínimos e médios acima das restantes.

O aspecto mais marcante da distribuição do Bário é o conjunto de elevados teores que se observa na ZSP, sensivelmente coincidente com a conhecida Faixa Piritosa. Aqui existem mineralizações de sulfuretos maciços e de Fe-Mn, à qual frequentemente se associa níveis de barite.

Na área NE de Portugal o padrão geoquímico do Ba é caracterizado por apresentar teores relativamente elevados a envolver os maciços de Morais e Bragança, onde os teores são baixos. Já na área NW de Portugal surgem alinhamentos NW-SE de teores altos, espacialmente associados a falhas.

Nas Orlas observam-se também alguns teores elevados. Muitos deles, poderão ser explicados por uma forte presença de sulfatos e carbonatos; outros, de explicação mais difícil, poderão estar associados a conhecidas ocorrências de não metálicos, tais como, gesso e/ou carvão e/ou diatomitos e/ou sal-gema e/ou betuminosos (ex.: Oeiras, Oeste de Leiria).

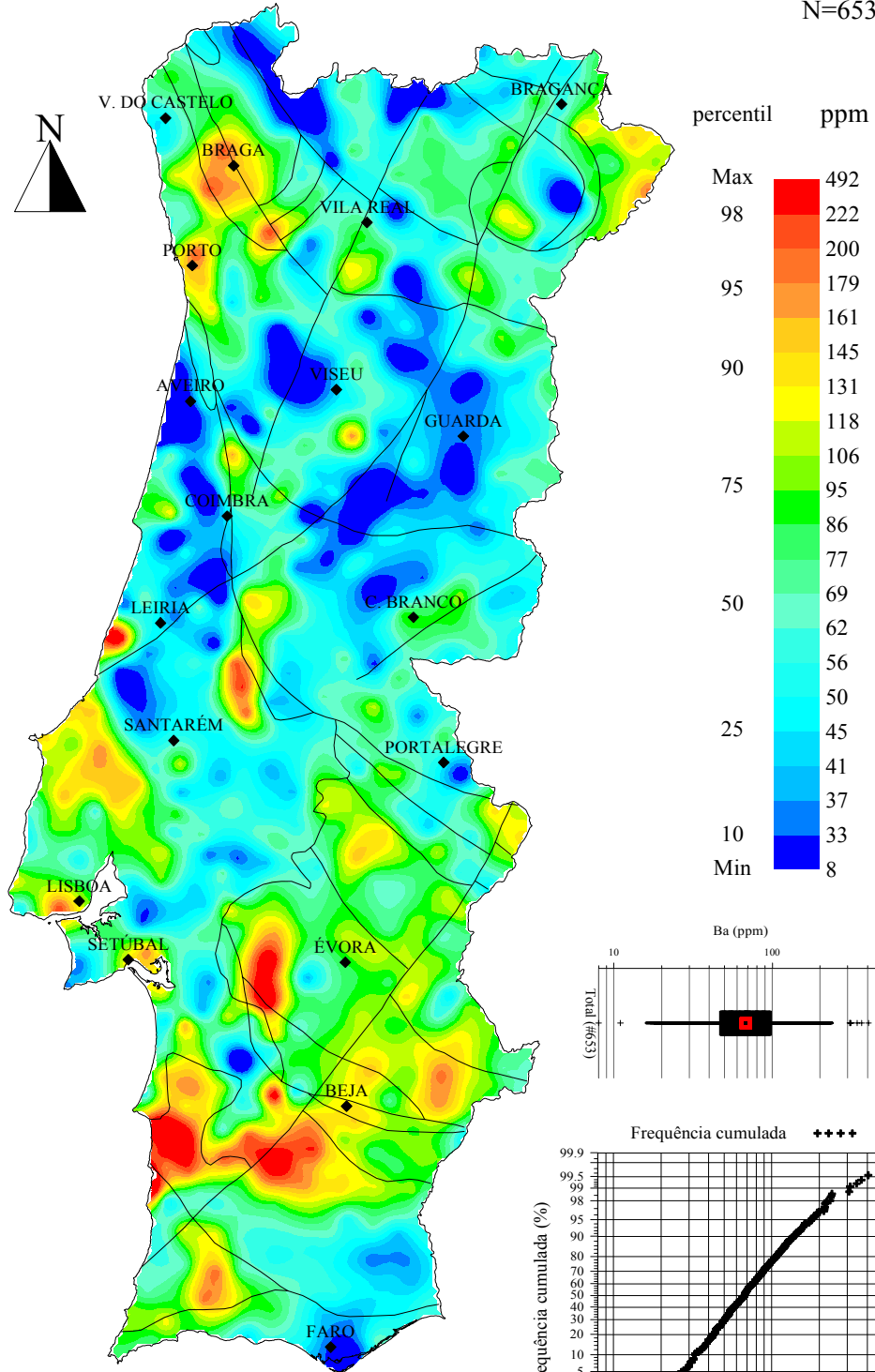
GEOQUÍMICA de PORTUGAL
cartografia regional 2000

(<80#, Aqua Regia, ICP-AES; krigagem)

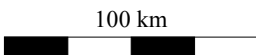
Ba

Sedimentos de Corrente

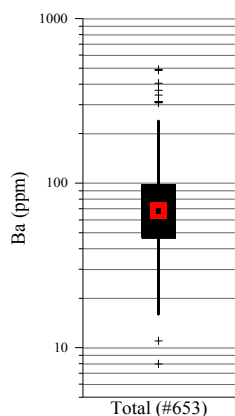
N=653



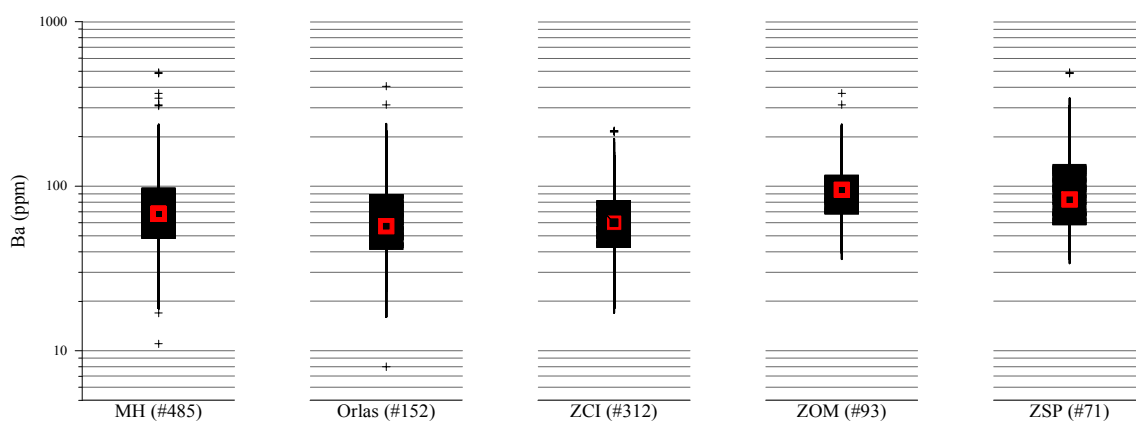
— Limites Geostruturais e Falhas



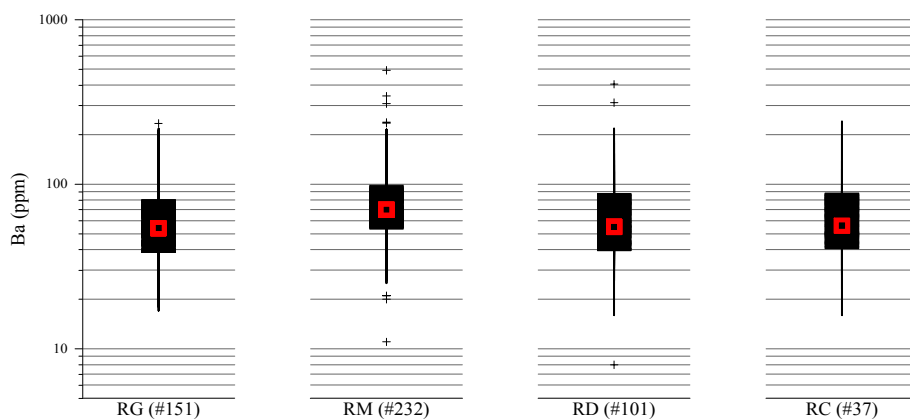
"Box-Plot" do Bário



"Box-Plot" dos dados de Ba, classificados segundo a Zona Geostrutural



"Box-Plot" dos dados de Ba, classificados segundo a Litologia



MH=Maiço Hespérico; Orlas=Orla Ocidental+Orla Algarvia;
 ZCI=Zona Centro Ibérica; ZOM=Zona de Ossa Morena; ZSP=Zona Sul Portuguesa;
 RG=Rochas Graníticas; RM=Rochas Metassedimentares;
 RD=Rochas Sedimentares Detríticas; RC=Rochas Carbonatadas
 (# número de amostras)

Teores em Sedimentos de Corrente de Portugal (ppm)

Min	p25	GM	Mdn	Média	p75	p98	Max	C%
8	47	68	68	80	97	222	492	67.7

Teores em Sedimentos de Corrente de Portugal classificados segundo a Zona Geoestrutural (ppm)

	Min	p25	GM	Mdn	Média	p75	p98	Max	C%
MH	11	49	69	68	81	96	234	492	66.7
Orlas	8	42	62	57	75	88	217	406	73.9
ZCI	11	43	58	60	66	81	162	234	52.4
ZOM	36	69	93	95	102	115	313	367	50.7
ZSP	34	59	92	83	114	134	486	492	78.9

Teores em Sedimentos de Corrente de Portugal classificados segundo a Litologia (ppm)

	Min	p25	GM	Mdn	Média	p75	p98	Max	C%
RG	17	39	55	54	64	79	199	234	61.6
RM	11	22	72	70	82	97	234	492	63.7
RD	8	40	60	55	73	86	217	406	78.7
RC	16	41	58	56	70	87	217*	240	69.6

* percentil 95

Min = Mínimo; p25 = percentil 25; GM = média geométrica; Mdn = Mediana; Média = média aritmética; p75 = percentil 75; p98 = percentil 98; Max = Máximo; C% = 100*(desvio padrão/Média); MH = Maciço Hespérico; Orlas = Orla Ocidental + Orla Algarvia; ZCI = Zona Centro Ibérica; ZOM = Zona de Ossa Morena; ZSP = Zona Sul Portuguesa; RG = Rochas graníticas; RM = Rochas metassedimentares; RD = Rochas sedimentares detríticas; RC = Rochas carbonatadas.

Propriedades Físico-Químicas

Número Atômico	56
Massa Atômica	137.327
Densidade (g/cm ³)	3.594
Raio Atômico (Å)	2.17
Prop. do óxido	base forte
Grupo(s)	alcalino-terroso, metal leve
Afinidade	litófilo

Minerais típicos do elemento

barite (BaSO ₄), witerite (BaCO ₃), benitoite (BaTiSi ₃ O ₉)

Possíveis minerais hospedeiros

feldspato K, micas, apatite, calcite

Teores em vários Tipos de Rochas e em Solos (ppm)

Crusta continental	584	Arenitos, Quartzitos	170
Crusta continental superior	668	Grauvaques	426
Granitos, Granodioritos	840	Argilitos, Xistos	550
Gabros, Basaltos	330	Calcários	92
Rochas Ultramáficas	0.4	Solos	300

ASSOCIAÇÕES NATURAIS K-Rb-Ba (granitóides), Ba-Pb-Zn (sulfuretos sob a forma de barite e carbonatitos).

MOBILIDADE AMBIENTAL Baixa sob condições de oxidação, de acidez e neutras a alcalinas; muito baixa em ambiente redutor.

BARREIRAS GEOQUÍMICAS Presença de sulfatos e carbonatos. Adsorção.

USOS / FONTES AMBIENTAIS Lamas de perfuração, indústria vidreira, cerâmica, tintas, aparelhos de televisão, borracha, indústria do papel, eletrônica, pirotecnia.

Meteorização de minerais de Ba. Em geral, as fontes geogênicas são consideradas mais importantes do que as antropogênicas (fundição do Cu, indústria automóvel e fundição do aço).

IMPACTO BIOLÓGICO Poderá ser essencial para alguns organismos. Compostos solúveis são tóxicos para os humanos, animais e plantas.

PROSPECCÃO O Ba em materiais superficiais tem sido usado como guia para depósitos de Ba, polimetálicos e carbonatitos; Ba/Sr nas rochas e solos já foi utilizado para definir zonas mineralizadas em Cu-Mo.

O Bismuto é muito raro na natureza. O teor total nas rochas é de 0.085 ppm, podendo ser um pouco mais elevado nalguns tipos de rochas, como é o caso dos metassedimentos (1.0 ppm), das rochas ultramáficas (1.2 ppm) ou de alguns pegmatitos.

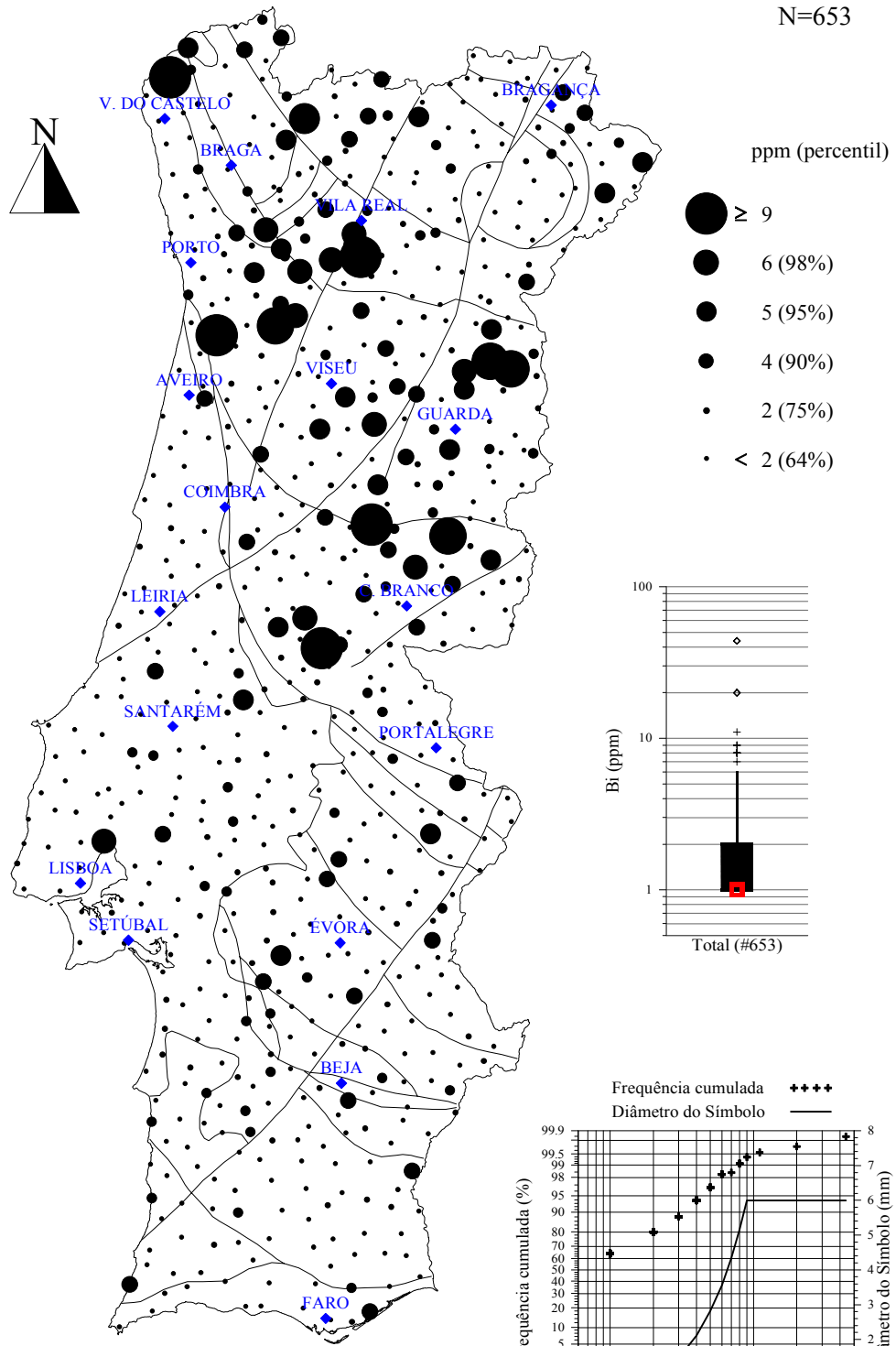
Do total das amostras de sedimentos de corrente de Portugal analisadas, verifica-se que 64% apresenta teores abaixo do LD. Era de esperar, logo à partida, este elevado número, uma vez que o limite de detecção (2 ppm) indicado pelo laboratório é demasiado elevado, se comparado com os valores típicos das rochas.

Em Portugal o Bi apresenta um padrão geoquímico aparentemente errático. Ainda assim, verifica-se que é na Zona Centro Ibérica onde se concentra a grande maioria dos teores acima do limite de detecção. Apesar de se poder admitir que alguns destes teores acima do LD possam ser erros de laboratório, é de admitir que alguns dos teores sejam explicados pela proximidade de ocorrências minerais e/ou escombreliras de antigas explorações mineiras, nomeadamente de W, Sn, Mo, Pb, Au, Ag, U, às quais o Bi aparece frequentemente associado.

GEOQUÍMICA de PORTUGAL
cartografia regional 2000
 (<80#, Aqua Regia, ICP-AES)

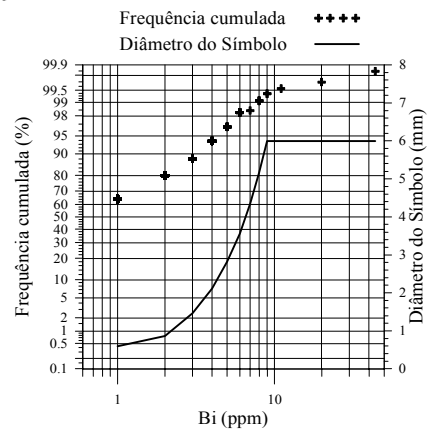
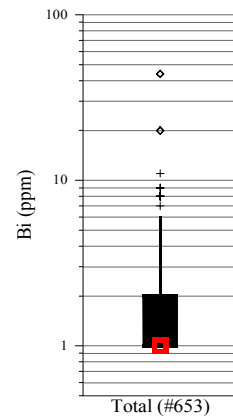
Bi
Sedimentos de Corrente

N=653



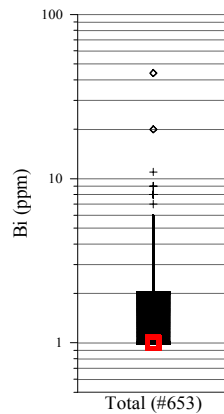
ppm (percentil)

- ≥ 9
- 6 (98%)
- 5 (95%)
- 4 (90%)
- 2 (75%)
- < 2 (64%)

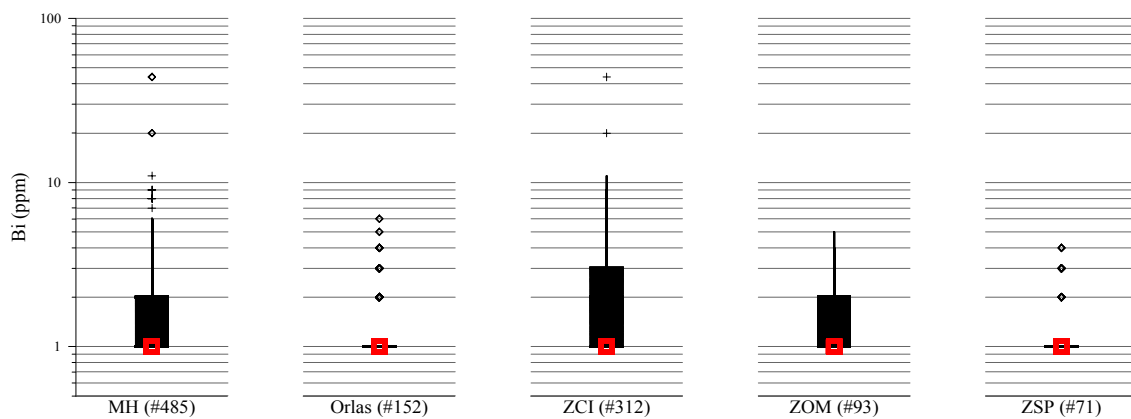


— Limites Geostruturais e Falhas
 100 km

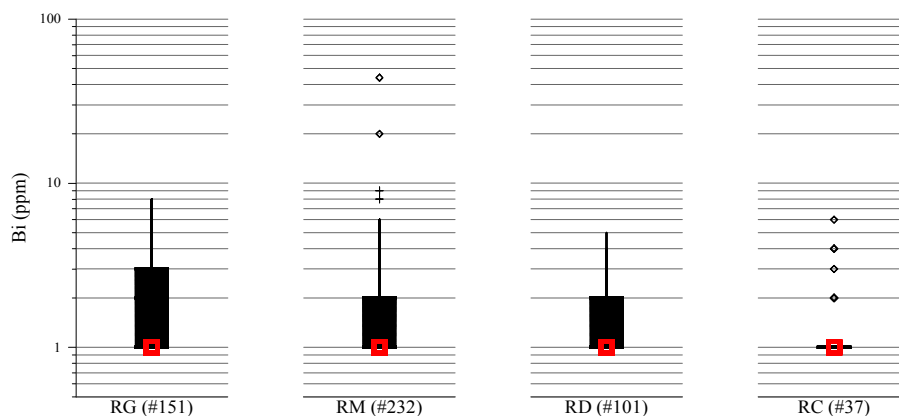
"Box-Plot" do Bismuto



"Box-Plot" dos dados de Bi, classificados segundo a Zona Geostrutural



"Box-Plot" dos dados de Bi, classificados segundo a Litologia



MH=Maiço Hespérico; Orlas=Orla Ocidental+Orla Algarvia;
 ZCI=Zona Centro Ibérica; ZOM=Zona de Ossa Morena; ZSP=Zona Sul Portuguesa;
 RG=Rochas Graníticas; RM=Rochas Metassedimentares;
 RD=Rochas Sedimentares Detriticas; RC=Rochas Carbonatadas
 (# número de amostras)

Teores em Sedimentos de Corrente de Portugal (ppm)

Min	p25	GM	Mdn	Média	p75	p98	Max	C%
<2	<2	<2	<2	<2	2	6	44	121.7

Teores em Sedimentos de Corrente de Portugal classificados segundo a Zona Geoestrutural (ppm)

	Min	p25	GM	Mdn	Média	p75	p98	Max	C%
MH	<2	<2	<2	<2	2	2	7	44	126.4
Orlas	<2	<2	<2	<2	<2	<2	4	6	60.7
ZCI	<2	<2	<2	<2	2	3	8	44	133.7
ZOM	<2	<2	<2	<2	<2	2	5	5	62.9
ZSP	<2	<2	<2	<2	<2	<2	4	4	56.2

Teores em Sedimentos de Corrente de Portugal classificados segundo a Litologia (ppm)

	Min	p25	GM	Mdn	Média	p75	p98	Max	C%
RG	<2	<2	<2	<2	2	3	6	8	74.0
RM	<2	<2	<2	<2	2	2	5	8	167.0
RD	<2	<2	<2	<2	<2	2	4	5	56.8
RC	<2	<2	<2	<2	<2	<2	4*	6	75.0

* percentil 95

Min = Mínimo; p25 = percentil 25; GM = média geométrica; Mdn = Mediana; Média = média aritmética; p75 = percentil 75; p98 = percentil 98; Max = Máximo; C% = 100*(desvio padrão/Média); MH = Maciço Hespérico; Orlas = Orla Ocidental + Orla Algarvia; ZCI = Zona Centro Ibérica; ZOM = Zona de Ossa Morena; ZSP = Zona Sul Portuguesa; RG = Rochas graníticas; RM = Rochas metassedimentares; RD = Rochas sedimentares detríticas; RC = Rochas carbonatadas.

BISMUTO

Bi

Propriedades Físico-Químicas

Número Atómico	83
Massa Atómica	208.980
Densidade (g/cm ³)	9.747
Raio Atómico (Å)	1.55
Prop. do óxido	ácido fraco
Grupo(s)	metal pesado
Afinidade	calcófilo

Minerais típicos do elemento

Bi nativo, bismutinite (Bi₂S₃), bismite (Bi₂O₃), bismutite (Bi₂O₂(CO₃))

Possíveis minerais hospedeiros

apatite, galena, blenda, calcopirite

Teores em vários Tipos de Rochas e em Solos (ppm)

Crusta continental	0.085	Arenitos, Quartzitos	0.3
Crusta continental superior	0.123	Grauvaques	-
Granitos, Granodioritos	0.3	Argilitos, Xistos	1.0
Gabros, Basaltos	0.05	Calcários	0.1
Rochas Ultramáficas	1.2	Solos	0.8

ASSOCIAÇÕES NATURAIS Mo-Sn-W-Cu-Pb-Ag-Au (depósitos polimetálicos), Sb-As-Bi (sulfuretos).

MOBILIDADE AMBIENTAL Baixa sob condições de oxidação, de acidez e neutras a alcalinas; muito baixa em ambiente redutor. Em geral forma compostos insolúveis.

BARREIRAS GEOQUÍMICAS Óxidos de Fe

USOS / FONTES AMBIENTAIS Ligas metálicas, indústria farmacêutica, eletrônica, sistemas de detecção e extinção de fogos, catalizadores, cosmética, coloração, baterias, magnetes, medicina dentária.

Escombrelras e fundição de Pb, Cu, Ag e Au, do qual é frequentemente recuperado. Não são conhecidos casos de poluição ambiental grave provocada pelo Bi.

IMPACTO BIOLÓGICO Considerado não essencial. É considerado um dos metais pesados menos tóxicos embora se registem alguns casos de efeitos tóxicos em humanos.

PROSPECCÃO O teor em Bi nos materiais superficiais parece não ser mais eficaz na prospecção em áreas mineralizadas do que elementos mais abundantes aos quais costuma estar associado, como por exemplo o Pb.