

## 4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Neste capítulo iremos apresentar os resultados obtidos após aplicação de diversas ferramentas estatísticas sobre os dados analíticos. Pretende-se obter resultados que permitam tirar conclusões acerca das populações de cada um dos elementos, bem como acerca da forma como estes elementos se relacionam entre si e com o “background” geológico.

### ESTATÍSTICA UNIELEMENTAR

Na tabela VII são apresentados alguns estatísticos referentes aos elementos analisados para o conjunto das 653 amostras de sedimentos fluviais de Portugal Continental. Como parâmetros médios são apresentados a média aritmética (M), a mediana (Mdn) e a média geométrica (GM); como parâmetros de dispersão são apresentados o desvio padrão (s), o coeficiente de variação (C%) e o desvio geométrico (GD) (DAVIS, 1986); são ainda apresentados o mínimo (Min) e o máximo (Max) na coluna da *amplitude observada* e os percentis 25 (p25), 75 (p75), 95 (p95) e 98 (p98).

Pela observação dos valores médios apresentados na tabela VII (M, Mdn e GM) e considerando apenas os elementos assinalados a negrito, verifica-se que Al, Fe e, de forma menos clara, o Mg e Ni apresentam um valor para a mediana mais próximo do valor da média aritmética do que do valor da média geométrica, sugerindo uma distribuição com pouca assimetria; para os restantes elementos aquele estatístico (Mdn) é semelhante à média geométrica, sugerindo neste caso distribuições com assimetria positiva. Na figura 30 são apresentados, a título exemplificativo, os histogramas do Fe, em escala linear, e do Ba, em escala logarítmica, onde se pode observar que estes dois elementos se ajustam bem a uma distribuição normal e logarítmica respectivamente, confirmando a ideia anteriormente referida.

**Tabela VII**  
 Alguns dados estatísticos para os 31 elementos analisados

Elemento	Amplitude observada	M	Mdn	GM	s	C%	GD	p25	p75	P95	P98
Ag ppm	<0,1 - 3,6	0,1	<0,1	<0,1	0,3	242	2,00	<0,1	<0,1	0,3	0,9
Al %	0,22 - 4,40	1,58	1,59	1,40	0,70	45	1,70	1,13	1,92	2,78	3,37
As ppm	<2 - 2234	22	9	8	110	509	3,16	4	15	42	85
Au ppm	<2 - 3	<2	<2	<2	-	-	-	<2	<2	<2	<1
B ppm	<2 - 33	2	<2	2	3	128	2,02	<2	3	7	11
Ba ppm	8 - 492	80	68	68	54	68	1,77	47	97	178	222
Bi ppm	<2 - 44	2	<2	<2	2	122	1,81	<2	2	5	6
Ca %	0,01 - 23,55	1,12	0,21	0,30	3,02	271	3,85	0,13	0,44	5,82	13,34
Cd ppm	<0,2 - 5,7	0,2	<0,2	0,2	0,4	181	2,03	<0,2	0,2	0,6	1,1
Co ppm	1 - 155	10	9	8	10	96	2,31	4	14	23	29
Cr ppm	3 - 305	26	23	21	23	87	2,05	13	33	60	74
Cu ppm	1 - 817	30	22	20	52	175	2,26	12	33	69	126
Fe %	0,39 - 7,64	2,53	2,45	2,19	1,27	50	1,78	1,56	3,34	4,80	5,43
K %	0,01 - 1,63	0,19	0,14	0,15	0,17	90	2,08	0,08	0,24	0,53	0,72
La ppm	2 - 100	26	23	23	13	50	1,62	18	31	50	61
Mg %	0,01 - 2,69	0,42	0,38	0,32	0,29	70	2,26	0,21	0,57	0,88	1,26
Mn ppm	32 - 19878	690	411	444	1221	177	2,33	264	730	1798	3283
Mo ppm	<1 - 6	<1	<1	<1	<1	70	1,52	<1	1	1	2
Na %	<0,01 - 0,43	0,02	0,01	0,02	0,04	168	2,13	0,01	0,02	0,06	0,12
Ni ppm	1 - 371	22	19	14	23	103	2,84	7	31	52	63
P %	0,006 - 0,281	0,058	0,046	0,047	0,040	69	1,93	0,033	0,071	0,148	0,176
Pb ppm	3 - 1378	28	19	20	66	240	1,86	14	28	65	85
Sb ppm	<2 - 42	2	<2	<2	2	143	1,65	<2	2	4	5
Sr ppm	2 - 280	22	15	16	25	114	1,98	10	23	63	94
Th ppm	<2 - 61	7	5	5	7	103	2,24	3	8	20	25
Ti %	<0,01 - 0,41	0,05	0,03	0,03	0,05	109	2,98	0,01	0,07	0,13	0,20
Tl ppm	<5 - 10	<5	<5	<5	-	-	-	<5	<5	<5	<5
U ppm	<5 - 115	<5	<5	<5	5	153	1,45	<5	<5	7	12
V ppm	3 - 143	31	26	25	21	68	1,95	17	39	69	91
W ppm	<1 - 288	3	<1	<1	17	593	2,64	<1	1	6	19
Zn ppm	7 - 2365	92	74	66	134	145	2,18	46	101	203	281

Amplitude observada = mínimo-máximo; M = média aritmética; Mdn = mediana;  
 GM = média geométrica; s = desvio padrão; C% = coeficiente de variação;  
 GD = desvio geométrico; p25 = percentil 25; p75 = percentil 75; p95 = percentil 95;  
 p98 = percentil 98

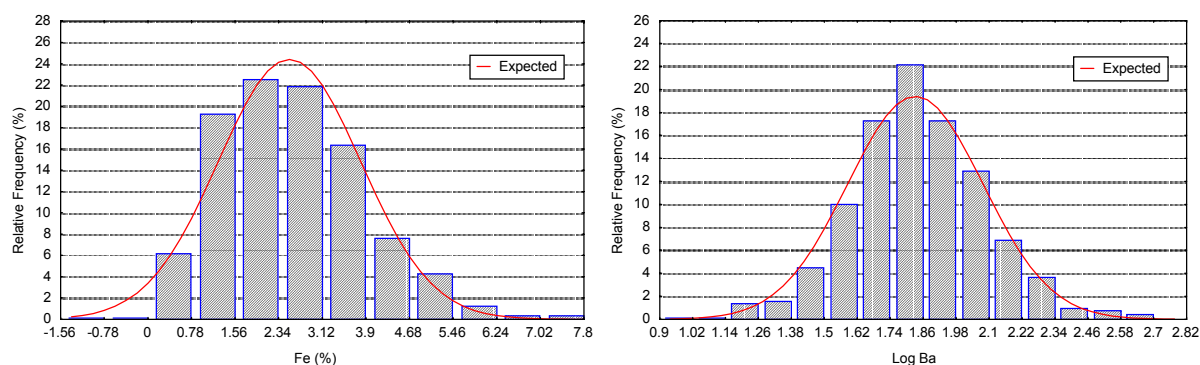


Fig. 30 – Histogramas do Fe (escala linear) e do Ba (escala logarítmica)

Vários elementos apresentam um coeficiente de variação bastante elevado, originado por teores máximos muito afastados da média (ex.: W, As, Ca, Ag, Pb, Cd, Mn, Cu, U, etc.). Nalguns casos o valor deste estatístico é “ampliado” devido ao número elevado de teores abaixo do LD.

Para estudarmos de forma mais rigorosa o tipo de distribuição que melhor se ajusta a cada um dos elementos aplicou-se o teste não paramétrico do Kolmogorov-Smirnov, cujos resultados se apresentam na tabela VIII. Este teste foi realizado sobre os dados não classificados dos elementos Al, As, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Mg, Mn, Ni, P, Pb, Sr, Th, Ti, V, Zn.

Considerando um nível de significância  $p$  de 1%, apenas o Ba, V, P, Mn e Cu se ajustam a uma distribuição lognormal. No entanto, os resultados indicam que além daqueles, também o K, La, Cr, As, Pb, Zn, Sr, Co, Ni, Th e Ca se ajustam melhor a uma distribuição lognormal do que a uma distribuição normal. O Fe, Al e Mg, por seu lado, ajustam-se melhor a uma distribuição normal, ainda que apenas o primeiro de forma significativa ( $p=1\%$ ).

Sendo este um trabalho que parte de 653 amostras de sedimentos de corrente, colhidas em toda a área de Portugal Continental, colhidos sobre diferentes tipos de rochas, quer nas Orlas Meso-cenozóicas quer no Maciço Hespérico, é natural que as populações de alguns dos elementos estudados apresentem desvios aos tipos mais comuns de distribuição, provocados pela existência de mais do que uma população. Por exemplo, o Ca, como se

pode ver pelo respectivo gráfico das frequências cumuladas, apresenta duas populações – uma de baixos teores e outra de teores elevados, com esta última a corresponder às amostras colhidas sobre calcários.

**Tabela VIII**  
Teste de Kolmogorov-Smirnov com dados não classificados

	Dados originais		Dados log-transformados		Interpretação
	max D	p	max D	p	
<b>Al</b>	0,0697	< .01	0,1324	< .01	QNorm
<b>As</b>	0,4289	< .01	0,0816	< .01	QLogN
<b>Ba</b>	0,1469	< .01	<b>0,0291</b>	> .20	LogN
<b>Ca</b>	0,3695	< .01	0,1602	< .01	QLogN
<b>Co</b>	0,1726	< .01	0,1028	< .01	QLogN
<b>Cr</b>	0,1620	< .01	0,0706	< .01	QLogN
<b>Cu</b>	0,2954	< .01	<b>0,0615</b>	< .05	LogN
<b>Fe</b>	<b>0,0597</b>	< .05	0,0820	< .01	Norm
<b>K</b>	0,1735	< .01	0,0641	< .01	QLogN
<b>La</b>	0,1356	< .01	0,0652	< .01	QLogN
<b>Mg</b>	0,0865	< .01	0,1012	< .01	QNorm
<b>Mn</b>	0,2981	< .01	<b>0,0556</b>	< .05	LogN
<b>Ni</b>	0,1775	< .01	0,1105	< .01	QLogN
<b>P</b>	0,1557	< .01	<b>0,0541</b>	< .05	LogN
<b>Pb</b>	0,3644	< .01	0,0820	< .01	QLogN
<b>Sr</b>	0,2588	< .01	0,0845	< .01	QLogN
<b>Th</b>	0,2429	< .01	0,1215	< .01	QLogN
<b>Ti</b>	0,2304	< .01	0,2261	< .01	QLogN
<b>V</b>	0,1113	< .01	<b>0,0447</b>	< .15	LogN
<b>Zn</b>	0,2621	< .01	0,0830	< .01	QLogN

max D = diferença máxima do teste de Kolmogorov-Smirnov; p = nível de significância; Norm = distribuição normal; LogN = distribuição lognormal

QNorm = população com melhor ajuste a uma distribuição normal

QLogN = população com melhor ajuste a uma distribuição lognormal

Na tabela IX é apresentado o mesmo teste que na tabela VIII, mas agora separando as amostras em dois grandes grupos: as amostras colhidas sobre o Maciço Hespérico e as colhidas sobre as Orlas Ocidental e Algarvia.

Os elementos anteriormente interpretados como essencialmente lognormais, continuam a mostrar a mesma tendência para as duas sub-populações. Para os elementos interpretados como normais, verifica-se agora que, para o Maciço Hespérico e Orlas, o Al apresenta distribuições lognormais, e o Fe e Mg, normal e lognormal respectivamente. A

mistura destas duas sub-populações para estes três elementos resulta numa distribuição normal essencialmente por dois motivos: a) as amostras que constituem a sub-população das Orlas têm teores médios mais baixos que as do MH; b) no caso do Fe e Mg, o maior número de amostras da sub-população do MH, que é normal.

Sempre que possível serão utilizados os estatísticos não paramétricos, evitando assim qualquer tipo de predefinição quanto às características da população dos dados. Nos casos onde tal não possa ser evitado os teores dos elementos serão logtransformados excepto para o caso do Al, Fe e Mg, isto é, assumiremos que estes três últimos elementos se ajustam melhor a uma população normal e todos os restantes a uma população lognormal.

Tabela IX

Teste de Kolmogorov-Smirnov com dados não classificados para as amostras do Maciço Hespérico (MH) e para as das Orlas

	MH (485 amostras)					Orlas (151 amostras)				
	Dados originais		Dados Logtransformados		interpretação	Dados originais		Dados Logtransformados		interpretação
	max D	p	max D	p		max D	p	max D	p	
<b>Al</b>	0,1144	< .01	<b>0,0619</b>	< .05	LogN	0,1599	< .01	<b>0,0877</b>	< .20	LogN
<b>As</b>	0,4216	< .01	<b>0,0695</b>	< .05	LogN	0,3043	< .01	0,1646	< .01	QLogN
<b>Ba</b>	0,1519	< .01	<b>0,0341</b>	> .20	LogN	0,1769	< .01	<b>0,0652</b>	> .20	LogN
<b>Ca</b>	0,3359	< .01	0,1210	< .01	QLogN	0,2753	< .01	<b>0,1148</b>	< .05	LogN
<b>Co</b>	0,1630	< .01	0,1237	< .01	QLogN	0,1849	< .01	<b>0,1141</b>	< .05	LogN
<b>Cr</b>	0,1699	< .01	0,0800	< .01	QLogN	0,2366	< .01	<b>0,0640</b>	> .20	LogN
<b>Cu</b>	0,3169	< .01	<b>0,0712</b>	< .05	LogN	0,1865	< .01	<b>0,0494</b>	> .20	LogN
<b>Fe</b>	<b>0,0523</b>	< .15	0,0668	< .05	Norm	0,1383	< .01	<b>0,0624</b>	> .20	LogN
<b>K</b>	0,1804	< .01	<b>0,0669</b>	< .05	LogN	0,1649	< .01	<b>0,0766</b>	> .20	LogN
<b>La</b>	0,1378	< .01	0,0830	< .01	QLogN	0,1228	< .05	<b>0,0693</b>	> .20	LogN
<b>Mg</b>	0,0772	< .01	0,0840	< .01	QNorm	0,2003	< .01	<b>0,0564</b>	> .20	LogN
<b>Mn</b>	0,3125	< .01	0,0847	< .01	QLogN	0,2875	< .01	<b>0,0456</b>	> .20	LogN
<b>Ni</b>	0,1635	< .01	0,1331	< .01	QLogN	0,1827	< .01	<b>0,0768</b>	> .20	LogN
<b>P</b>	0,1522	< .01	<b>0,0580</b>	< .10	LogN	0,2062	< .01	<b>0,0423</b>	> .20	LogN
<b>Pb</b>	0,3728	< .01	0,0869	< .01	QLogN	0,2439	< .01	<b>0,0874</b>	< .20	LogN
<b>Sr</b>	0,2000	< .01	0,0851	< .01	QLogN	0,2399	< .01	<b>0,0965</b>	< .15	LogN
<b>Th</b>	0,2301	< .01	0,1111	< .01	QLogN	0,2295	< .01	0,1753	< .01	QLogN
<b>Ti</b>	0,1855	< .01	0,1864	< .01	QNorm	0,3716	< .01	0,3384	< .01	
<b>V</b>	0,1132	< .01	<b>0,0543</b>	< .15	LogN	0,2128	< .01	<b>0,0721</b>	> .20	LogN
<b>Zn</b>	0,2850	< .01	<b>0,0705</b>	< .05	LogN	0,2412	< .01	<b>0,0707</b>	> .20	LogN

max D = diferença máxima do teste de Kolmogorov-Smirnov; p = nível de significância;

Norm = distribuição normal; LogN = distribuição lognormal;

QNorm = população com melhor ajuste a uma distribuição normal;

QLogN = população com melhor ajuste a uma distribuição lognormal.

### “Sub-Populações”

Como ficou claro anteriormente, os dados geoquímicos que compõem este trabalho, podem ser uma mistura de populações com maiores ou menores diferenças entre si.

Sabendo à partida que quer as litologias quer as unidades geoestruturais poderão exercer forte influência na distribuição dos elementos químicos, decidiu-se fazer uma comparação dos teores médios de sedimentos de corrente de Portugal Continental quer quanto ao tipo litológico quer quanto à unidade geoestrutural sobre o qual foram colhidos.

São apresentados os resultados obtidos após aplicação de dois testes: 1) o Teste do  $t$ , com o qual se pretendeu comparar as médias e 2) o teste de Kolmogorov-Smirnov, que permite a comparação de populações não só quanto a teores médios mas também quanto à forma da distribuição (DAVIS, 1986). Os dados foram logtransformados antes dos testes excepto para o Al, Fe e Mg; os resultados são apresentados nas tabelas X (tipos litológicos) e XI (unidades geoestruturais), onde para cada elemento são devidamente assinalados os teores médios (média geométrica) significativamente diferentes (para um nível de significância de 0.01) dos restantes.

**Tipos Litológicos:** Da observação da tabela X pode concluir-se que os padrões geoquímicos em sedimentos de corrente observados para cada um dos elementos químicos estudados são, pelo menos em parte, controlados pela litologia da qual esses sedimentos são resultado. De facto, verifica-se que 1) os sedimentos provenientes de rochas metassedimentares (RM) apresentam teores médios significativamente superiores aos restantes grupos litológicos em Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn e Ni; 2) os provenientes de granitóides (RG) apresentam teores superiores, de uma forma significativa, em La, P, Th, Ti, W e U; 3) os que provêm de formações sedimentares detríticas (RD) não apresentam enriquecimento em qualquer elemento, apresentando no entanto, empobrecimento significativo em Al, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P, Pb, V e Zn; 4) os sedimentos colhidos sobre rochas carbonatadas (RC) apresentam teores significativamente superiores em Ca, Sr, B e Cd. Os elementos analisados após ataque químico com acetato de amónio apresentam também teores médios muito mais elevados nas amostras de sedimentos provenientes de RC, como aliás seria de esperar, uma vez que este reagente destrói os carbonatos.

Tabela X

Comparação de teores (ppm ou %) em sedimentos de corrente colhidos sobre diferentes tipos litológicos em Portugal Continental. Os resultados assinalados são significativamente diferentes dos restantes quer para o Teste do *t* quer para o Teste Kolmogorov-Smirnov, considerando um nível de significância de 0.01

Elementos	Total 653 amostras	Litologias			
		RC (37)	RD (101)	RG (151)	RM (232)
Ag	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Al* %	1,58	1,18	<u>0,80</u>	1,91	1,77
As	8	4	4	9	11
B	<2	<u>5</u>	<2	<2	<2
Ba	68	58	60	55	72
Bi	<2	<2	<2	<2	<2
Ca %	0,30	<b>9,90</b>	0,20	0,20	0,18
Cd	<0,2	<u>0,3</u>	<0,2	<0,2	<0,2
Co	8	7	4	4	<b>14</b>
Cr	21	24	<u>10</u>	13	<b>32</b>
Cu	20	23	<u>10</u>	14	<b>30</b>
Fe* %	2,53	2,00	<u>1,28</u>	1,79	<b>3,58</b>
K %	0,15	0,19	<u>0,08</u>	0,24	0,12
La	23	15	18	<b>32</b>	23
Mg* %	0,42	0,43	<u>0,16</u>	0,32	<b>0,58</b>
Mn	444	360	<u>224</u>	342	<b>635</b>
Mo	<1	<1	<1	<1	<1
Na %	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
Ni	14	17	6	6	<b>32</b>
P %	0,047	0,046	<u>0,025</u>	<b>0,070</b>	0,045
Pb	20	26	<u>16</u>	20	23
Sb	<2	<2	<2	<2	<2
Sr	16	<b>65</b>	12	12	16
Th	5	3	4	<b>9</b>	4
Ti %	0,03	0,02	0,01	<b>0,06</b>	0,02
U	<5	<5	<5	<u>&lt;5</u>	<5
V	25	26	<u>14</u>	18	33
W	<1	<1	<1	<b>1</b>	<1
Zn	66	70	<u>26</u>	75	89
CoA	0,80	<b>6,77</b>	0,67	<u>0,35</u>	0,91
CrA	0,20	<b>4,04</b>	0,13	0,13	0,15
CuA	1,17	<b>4,79</b>	0,64	0,72	1,28
NiA	0,73	<b>6,36</b>	0,31	0,27	1,15
PbA	1,48	<b>17,30</b>	1,13	1,50	1,04
ZnA	5,02	<b>17,90</b>	4,80	4,49	4,21

RC=rochas carbonatadas; RD=formações sedimentares detríticas; RG=rochas graníticas; RM=rochas metassedimentares. Os valores correspondem à média geométrica excepto para os elementos assinalados com \* (média aritmética). A sublinhado estão os valores médios significativamente superiores (negrito) ou inferiores (itálico) em relação a todos os outros litótipos considerados, para um nível de significância de  $p < 0.01$ .

Tabela XI

Comparação de teores (ppm ou %) em sedimentos de corrente colhidos sobre diferentes unidades geoestruturais em Portugal Continental. Os resultados assinalados são significativamente diferentes dos restantes quer para o Teste do *t* (comparação de médias) quer para o Teste Kolmogorov-Smirnov (comparação de populações), considerando um nível de significância de 0.01

Elementos	MH	Orlas	Zonas do MH		
	485 amostras		ZCI	ZOM	ZSP
		(152)	(312)	(93)	(71)
Ag	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Al* %	<b>1,80</b>	<i>0,90</i>	1,89	1,54	1,76
As	<b>10</b>	4	<b>14</b>	4	6
B	<i>&lt;2</i>	<b>3</b>	<2	<2	<2
Ba	69	62	58	<b>93</b>	<b>92</b>
Bi	<i>&lt;2</i>	<2	<2	<2	<2
Ca %	<i>0,22</i>	<b>0,72</b>	0,16	<b>0,56</b>	0,22
Cd	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Co	<b>9</b>	<i>5</i>	7	10	<b>20</b>
Cr	<b>24</b>	<i>13</i>	20	<b>31</b>	<b>33</b>
Cu	<b>22</b>	<i>14</i>	21	20	<b>30</b>
Fe* %	<b>2,85</b>	<i>1,49</i>	2,53	2,74	<b>4,33</b>
K %	<b>0,16</b>	0,10	<b>0,18</b>	<b>0,16</b>	0,10
La	<b>26</b>	<i>17</i>	<b>28</b>	23	20
Mg* %	<b>0,48</b>	<i>0,24</i>	0,46	0,51	0,51
Mn	<b>512</b>	<i>268</i>	375	641	<b>1391</b>
Mo	<1	<1	<1	<1	<b>&lt;1</b>
Na %	<i>0,01</i>	0,02	<i>0,01</i>	0,02	<b>0,03</b>
Ni	<b>17</b>	<i>8</i>	13	17	<b>42</b>
P %	<b>0,053</b>	0,034	<b>0,061</b>	0,040	0,042
Pb	21	19	23	<i>13</i>	26
Sb	<2	<2	<b>&lt;2</b>	<2	<2
Sr	<i>15</i>	20	<i>13</i>	20	19
Th	<b>5</b>	3	<b>6</b>	5	3
Ti %	<b>0,03</b>	0,02	0,04	0,05	<i>0,01</i>
U	<5	<5	<5	<5	<5
V	<b>28</b>	<i>17</i>	23	<b>47</b>	33
W	<b>&lt;1</b>	<1	<b>1</b>	<1	<1
Zn	<b>80</b>	38	<b>91</b>	49	<b>86</b>
CoA	<i>0,67</i>	<b>1,38</b>	0,66	0,84	0,49
CrA	<i>0,16</i>	<b>0,38</b>	0,13	<b>0,34</b>	0,13
CuA	1,08	1,50	0,99	1,51	0,95
NiA	0,69	0,83	<i>0,56</i>	1,05	0,94
PbA	<i>1,25</i>	<b>2,80</b>	1,47	1,15	0,61
ZnA	<i>4,29</i>	<b>8,58</b>	5,04	3,23	3,09

MH=Maiço Hespérico; Orlas=Bacias sedimentares Ocidental (inclui a bacia Terciária do Tejo-Sado) e Algarvia; ZCI=Zona Centro Ibérica; ZOM=Zona de Ossa Morena; ZSP=Zona Sul Portuguesa. Os valores correspondem à média geométrica excepto para os elementos assinalados com \* (média aritmética). A sublinhado estão os valores médios significativamente superiores (negrito) ou inferiores (itálico), para um nível de significância de  $p < 0.01$ ; o MH só foi comparado com as Orlas enquanto que as zonas do MH foram comparadas entre si e com as Orlas.

**Unidades Geoestruturais:** Na tabela XI podemos verificar que os sedimentos de corrente colhidos sobre o Maciço Hespérico (MH) apresentam teores médios significativamente superiores às Orlas em Al, As, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Mg, Mn, Ni, P, Th, Ti, V, Zn, Bi e W, e significativamente inferiores em Ca, Sr, Na e B. Uma vez que no MH dominam de forma quase exclusiva as rochas metassedimentares (RM) e as graníticas (RG) enquanto que nas Orlas dominam as formações sedimentares quer as carbonatadas (RC) quer as detríticas (RD), aqueles teores ficam desde logo explicados pelo que se referiu anteriormente.

A zona Sul Portuguesa distingue-se das restantes zonas geoestruturais por apresentar teores médios significativamente superiores em Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Na e Mo e inferiores em Ti; também apresenta teores médios elevados em Pb, Zn, Cr, Ba. A “Faixa Piritosa”, onde se encontram inúmeras ocorrências minerais de pirites e Fe-Mn, deverá justificar o conjunto de elementos que nesta zona apresentam teores médios elevados.

A zona de Ossa-Morena caracteriza-se por apresentar teores significativamente superiores às restantes em V e inferiores em Pb. Apresenta ainda teores médios relativamente elevados em Ba, Ti, Ca, Cr, K, La, Th, Mn. Estes elementos deverão reflectir essencialmente a predominância de rochas graníticas, em especial de intrusões básicas, e a ocorrência de alguns mármore.

A zona Centro Ibérica apresenta-se enriquecida em As, La, P, Th, W e Sb e empobrecida em Sr e Na; também apresenta teores relativamente elevados em Al, K, Ti, Zn e Pb. Este lote de elementos reflecte duas realidades: 1) o predomínio de granitóides alcalinos? e a ocorrência de alguns pegmatitos; 2) a existência de valores de fundo bastante elevados de As e elevados de W, Sb, Zn e Pb, que de certa forma “justificam” a existência de inúmeras ocorrências minerais de metais preciosos, W-Sn e metais-base.

Os teores médios significativamente superiores em Co, Pb e Zn extraídos com acetato de amónio observados nas Orlas são justificados pela existência de rochas carbonatadas, devendo ser esta também a justificação para o B e Ca. As Orlas são empobrecidas, relativamente a todas as zonas do MH, em Al, Co, Cr, Cu, Fe, La, Mg, Mn, Ni, V, mostrando assim a fraca apetência que estes elementos apresentam para as formações sedimentares pós-mesozoicas das Orlas, ao contrário do que acontece no Maciço Hespérico.

## ANÁLISE de CORRELAÇÕES

Na tabela XII são apresentados os coeficientes de Pearson e de Spearman entre os 20 elementos com mais de 60% de amostras com teores acima do limite de detecção. O cálculo dos coeficientes de Pearson foi realizado sobre os dados logtransformados excepto para Al, Fe e Mg; o coeficiente de Spearman é um método não paramétrico, que se baseia não nos teores mas sim na posição que cada amostra ocupa relativamente às restantes, não dependendo, por isso, dos teores anómalos extremos.

Como se pode observar na tabela XII os dois métodos usados para calcular os coeficientes de correlação produziram resultados semelhantes.

Tabela XII

Coefficientes de correlação de Pearson (acima da diagonal; calculados sobre os dados logtransformados, excepto para Al, Fe e Mg) e de Spearman (abaixo da diagonal) para nível de significância  $p=0.001$ . A negrito estão assinalados os valores dos coeficientes de correlação superiores a 0,50.

	Al	As	Ba	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	K	La	Mg	Mn	Ni	P	Pb	Sr	Th	Ti	V	Zn	
Al	1	0,32	0,37		0,32	<b>0,51</b>	0,45	0,46	<b>0,66</b>	0,48	<b>0,54</b>	0,28	0,34	0,45	0,33	0,16	0,34	0,47	<b>0,53</b>	<b>0,55</b>	
As	0,36	1		-0,19	0,18	0,16	0,35	0,32	0,25	0,25	0,13	0,16	0,22	0,37	0,42						<b>0,52</b>
Ba	0,37		1	0,21	<b>0,53</b>	0,47	0,42	0,40	0,35		0,32	<b>0,54</b>	0,42	0,23	0,26	0,43		0,18	<b>0,58</b>	0,28	
Ca		-0,20	0,35	1		0,23	0,18		0,14	-0,31	0,17	0,19	0,14	0,18		<b>0,79</b>	-0,28		0,26		
Co	0,36	0,18	0,48	0,13	1	<b>0,71</b>	<b>0,54</b>	<b>0,78</b>			<b>0,55</b>	<b>0,72</b>	<b>0,87</b>		0,20	0,35	-0,22	-0,14	<b>0,69</b>	0,38	
Cr	<b>0,53</b>	0,13	0,47	0,24	<b>0,75</b>	1	<b>0,63</b>	<b>0,70</b>	0,28		<b>0,69</b>	0,47	<b>0,83</b>	0,22	0,24	0,40		0,19	<b>0,83</b>	0,46	
Cu	0,45	0,30	0,44	0,18	<b>0,60</b>	<b>0,62</b>	1	<b>0,58</b>	0,23		0,45	0,37	<b>0,65</b>	0,45	<b>0,52</b>	0,38	-0,18		<b>0,51</b>	<b>0,69</b>	
Fe	<b>0,54</b>	0,33	0,42		<b>0,84</b>	<b>0,77</b>	<b>0,65</b>	1			<b>0,55</b>	<b>0,64</b>	<b>0,79</b>	0,21	0,34	0,23			<b>0,66</b>	<b>0,51</b>	
K	<b>0,58</b>	0,27	0,36	0,20		0,20	0,14		1	0,43	0,34			0,46	0,24	0,22	0,46	<b>0,68</b>	0,37	0,42	
La	0,47	0,30		-0,27			0,15	0,37	1					0,29	0,18	-0,17	<b>0,75</b>	0,38		0,26	
Mg	<b>0,66</b>	0,21	0,41	0,19	<b>0,64</b>	<b>0,78</b>	<b>0,53</b>	<b>0,71</b>	0,35	0,18	1	0,38	<b>0,62</b>	0,18		0,35		0,28	<b>0,65</b>	0,34	
Mn	0,30		<b>0,54</b>	0,30	<b>0,74</b>	<b>0,52</b>	0,39	<b>0,65</b>		0,48	1	<b>0,58</b>	0,18	0,16	0,37				<b>0,51</b>	0,35	
Ni	0,39	0,24	0,38		<b>0,89</b>	<b>0,81</b>	<b>0,68</b>	<b>0,86</b>			<b>0,69</b>	<b>0,59</b>	1	0,15	0,29	0,37	-0,26	-0,12	<b>0,68</b>	<b>0,50</b>	
P	0,44	0,38	0,22	0,23			0,36	0,17	0,46	0,30	0,17			1	0,37	0,29		0,28	0,17	<b>0,62</b>	
Pb	0,39	0,40	0,30		0,24	0,26	<b>0,55</b>	0,36	0,25	0,17	0,22	0,17	0,33	0,40	1	0,17			0,14	<b>0,67</b>	
Sr	0,20		<b>0,54</b>	<b>0,74</b>	0,38	0,40	0,41	0,31	0,22	-0,13	0,38	0,43	0,37	0,26	0,24	1	-0,27		0,45	0,22	
Th	0,28	0,16		-0,24	-0,25	-0,14	-0,20		0,46	<b>0,73</b>		-0,14	-0,24	0,13		-0,23	1	0,49			
Ti	0,42		0,21		-0,18	0,15			<b>0,69</b>	0,38	0,27		-0,19	0,28			<b>0,51</b>	1	0,37	0,15	
V	<b>0,53</b>		<b>0,61</b>	0,33	<b>0,67</b>	<b>0,84</b>	<b>0,51</b>	<b>0,69</b>	0,34		<b>0,73</b>	<b>0,56</b>	<b>0,62</b>		0,19	0,47		0,37	1	0,31	
Zn	<b>0,54</b>	<b>0,51</b>	0,27		0,35	0,37	<b>0,66</b>	<b>0,52</b>	0,36	0,28	0,41	0,24	0,48	<b>0,56</b>	<b>0,73</b>	0,21			0,27	1	

Na interpretação de correlações há dois tipos de aspectos que podem complicar a interpretação dos resultados:

- 1) a existência de valores extremos e
- 2) a ocorrência de duas ou mais sub-populações.

O problema 1) pode ser drasticamente reduzido se for usar um método não paramétrico, como é o caso dos coeficientes de correlação de Spearman; a logtransformação dos dados também pode minorar o problema. O problema 2) pode ser controlado se forem identificadas e estudadas as sub-populações em causa; neste caso foram estudadas as correlações entre as amostras para cada grupo litológico considerado (Tabela XIII), após o que se calculou um valor médio ponderado para a correlação geral ( $r_t$  da tabela XIII).

A existência de sub-populações pode, de facto, induzir em erro quanto ao maior ou menor grau de significância das correlações. Na figura 31 apresentamos dois casos exemplificativos:

- a) No primeiro caso (Co vs. Ni) verifica-se que um grupo litológico (Rochas Metassedimentares) apresenta teores elevados em cobalto e níquel enquanto que dois grupos litológicos (Rochas Graníticas e Formações Sedimentares Detríticas) apresentam teores baixos. Este facto originou um sobredimensionamento na correlação geral ( $r$  de Spearman = 0.89) uma vez que a mancha de pontos foi alongada no sentido positivo dos dois elementos; repare-se que os valores das correlações ( $r$  de Spearman) entre estes elementos e dentro de cada grupo litológico (Tabela XIII) são inferiores ao valor da correlação com as 653 amostras.
- b) No segundo caso (K vs. Ba) verifica-se que o K apresenta teores elevados no grupo litológico dos Granitóides e baixos no grupo das Rochas Metassedimentares, enquanto que com o bário se verifica exactamente o contrário. Este facto dá origem a uma correlação pouco significativa, com um valor de  $r$  baixo ( $r$  de Spearman = 0.36) e inferior a qualquer dos valores de correlação obtidos para cada um dos grupos litológicos ( $r$  de Spearman variam entre 0.50 e 0.69), como se pode ver na tabela XIII.

Este tipo de problemas acontece um pouco em praticamente todos os casos. Por isso optámos por calcular um valor médio ponderado para a correlação geral – correlação transformada ( $r_t$  da tabela XIII) - obtido a partir das correlações dentro de cada grupo litológico, que deverá traduzir de uma forma muito mais realista a relação entre os elementos.

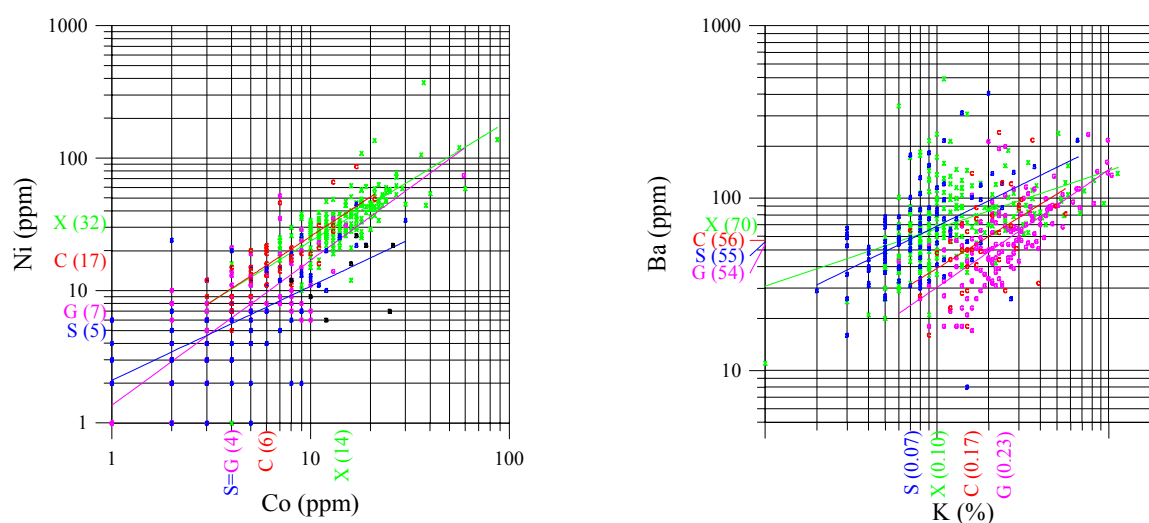


Fig. 31 – Diagramas de dispersão Co-Ni e K-Ba para os dados geoquímicos classificados segundo os diferentes grupos litológicos (G – Granitóides; X – Rochas metassedimentares; C – Rochas carbonatadas; S – formações sedimentares detríticas), para os quais estão assinalados os valores da mediana correspondentes.

**Tabela XIII**

Melhores correlações (coeficientes de correlação de Spearman) após “transformação” ( $r_t$ ) relativa aos grupos litológicos

	653 amostras	RG (151)	RM (232)	RD (101)	RC (37)	$r_t$
Cr/V	0,84	0,85	0,75	0,83	0,83	<b>0,80</b>
Co/Ni	0,89	0,80	0,78	0,65	0,74	<b>0,76</b>
La/Th	0,73	0,82	0,65	0,81	<u>0,38</u>	<b>0,71</b>
Fe/Ni	0,86	0,71	0,67	0,74	0,85	<b>0,71</b>
Pb/Zn	0,73	0,72	0,70	0,64	0,73	<b>0,70</b>
Fe/Co	0,84	0,75	0,66	0,61	0,82	<b>0,69</b>
Mg/Cr	0,78	0,84	0,53	0,82	0,63	<b>0,68</b>
Cr/Ni	0,81	0,87	0,43	0,85	0,86	<b>0,67</b>
Ca/Sr	0,74	0,62	0,61	0,86	<u>0,27</u>	<b>0,64</b>

RG-Rochas Graníticas; RM-Rochas Metassedimentares; RD-Formações Sedimentares Detríticas; RC-Rochas Carbonatadas;  $r_t$ -coeficiente de correlação “transformado” em função dos valores obtidos para os diferentes tipos de rochas; ( ) - número de amostras usado para o cálculo dos coeficientes parciais.

Tabela XIII (continuação)

	653 amostras	RG (151)	RM (232)	RD (101)	RC (37)	r <sub>t</sub>
Mn/Co	0,74	0,42	0,73	0,67	0,76	<b>0,63</b>
Al/Mg	0,66	0,68	0,52	0,76	0,71	<b>0,63</b>
Al/K	0,58	0,76	0,48	0,74	0,69	<b>0,63</b>
Cu/Zn	0,66	0,73	0,43	0,80	0,80	<b>0,61</b>
Mg/V	0,73	0,92	0,30	0,80	0,69	<b>0,60</b>
Ba/V	0,61	0,82	0,43	0,65	0,57	<b>0,60</b>
Ti/V	0,37	0,83	0,58	<u>0,20</u>	0,46	<b>0,57</b>
Ba/Sr	0,54	0,70	0,57	0,54	<u>0,07</u>	<b>0,57</b>
K/Ti	0,69	0,90	0,58	<u>0,13</u>	<u>0,26</u>	<b>0,56</b>
Fe/Cr	0,77	0,74	0,31	0,79	0,80	<b>0,56</b>
K/Ba	0,36	0,69	0,51	0,50	0,55	<b>0,56</b>
P/Zn	0,56	0,51	0,44	0,78	0,88	<b>0,56</b>
K/V	0,34	0,76	0,38	0,69	0,54	<b>0,56</b>
Cu/Ni	0,68	0,56	0,55	0,60	0,52	<b>0,56</b>
Al/Cr	0,53	0,50	0,44	0,81	0,87	<b>0,56</b>
Co/Cr	0,75	0,74	0,42	0,54	0,71	<b>0,56</b>
Co/V	0,67	0,75	0,30	0,73	0,77	<b>0,55</b>
Fe/V	0,69	0,84	<u>0,23</u>	0,71	0,91	<b>0,55</b>
Mg/Ni	0,69	0,70	<u>0,29</u>	0,77	0,69	<b>0,53</b>
Al/V	0,53	0,58	0,33	0,82	0,83	<b>0,53</b>
Al/Fe	0,54	0,73	<u>0,25</u>	0,72	0,87	<b>0,53</b>
K/Mg	0,35	0,83	<u>0,18</u>	0,76	0,75	<b>0,52</b>
Fe/Mn	0,65	0,49	0,47	0,59	0,62	<b>0,51</b>
Fe/Mg	0,71	0,85	<u>0,13</u>	0,70	0,75	<b>0,50</b>
Cu/Pb	0,55	0,67	0,32	0,57	0,59	<b>0,49</b>
Fe/Cu	0,65	0,62	0,46	0,35	0,45	<b>0,49</b>
Ni/V	0,62	0,70	<u>0,15</u>	0,83	0,75	<b>0,48</b>
Al/Zn	0,54	0,66	0,33	0,56	0,48	<b>0,48</b>
Co/Ba	0,48	0,71	0,26	0,59	0,63	<b>0,48</b>
Cr/Cu	0,62	0,57	0,38	0,55	0,46	<b>0,47</b>
Al/Ba	0,37	0,59	0,31	0,60	0,54	<b>0,46</b>
P/Cu	0,36	0,39	0,33	0,77	0,74	<b>0,46</b>
Cr/Ba	0,47	0,71	0,28	0,53	<u>0,42</u>	<b>0,46</b>
Al/Cu	0,45	0,59	0,38	0,43	0,48	<b>0,46</b>
Na/Ba	0,47	0,41	0,46	0,42	0,66	<b>0,45</b>
K/Cr	0,20	0,66	<u>0,18</u>	0,69	0,64	<b>0,45</b>
Mn/Ba	0,54	0,37	0,45	0,47	0,70	<b>0,45</b>
Mg/Co	0,64	0,74	<u>0,16</u>	0,55	0,71	<b>0,44</b>
Na/Sr	0,52	0,44	0,43	0,52	<u>0,25</u>	<b>0,44</b>
P/Sr	0,26	0,35	0,37	0,69	0,49	<b>0,44</b>
Mg/Ti	0,27	0,84	<u>0,25</u>	<u>0,24</u>	0,48	<b>0,44</b>
Mg/Sr	0,38	0,58	0,26	0,64	<u>0,32</u>	<b>0,43</b>
Fe/Zn	0,52	0,59	<u>0,25</u>	0,56	0,51	<b>0,43</b>
Cu/Sr	0,41	0,54	0,31	0,59	<u>0,23</u>	<b>0,42</b>
Mn/Ni	0,59	<u>0,23</u>	0,48	0,59	<u>0,37</u>	<b>0,42</b>
Na/V	0,40	0,38	0,43	0,41	0,57	<b>0,42</b>
P/Pb	0,40	0,34	0,36	0,57	0,66	<b>0,42</b>
Al/Ni	0,39	0,43	<u>0,19</u>	0,76	0,85	<b>0,42</b>
Al/Pb	0,39	0,60	0,31	0,41	<u>0,34</u>	<b>0,42</b>
Co/Cu	0,60	0,54	0,43	<u>0,19</u>	0,43	<b>0,42</b>
Na/Co	0,31	0,42	0,40	0,35	0,60	<b>0,41</b>

RG-Rochas Graníticas; RM-Rochas Metassedimentares; RD-Formações Sedimentares Detríticas; RC-Rochas Carbonatadas; r<sub>t</sub>-coeficiente de correlação “transformado” em função dos valores obtidos para os diferentes tipos de rochas; ( ) - número de amostras usado para o cálculo dos coeficientes parciais.

**CLASSIFICAÇÃO HIERÁRQUICA (“CLUSTER ANALYSIS”)**

Com o objectivo de verificar a maior ou menor aproximação de uns elementos ou grupos de elementos em relação a outros, procedeu-se a um estudo por classificação hierárquica, pelo método da Árvore Hierárquica (“Tree Clustering”). A regra de agrupamento e a medida da distância usadas foram o “método de Ward” e o “1-pearson r” respectivamente.

O cálculo matemático foi realizado sobre o “rank” (número de ordem) dos resultados analíticos de 20 elementos (Al, As, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Mg, Mn, Ni, P, Pb, Sr, Th, Ti, V, Zn). O resultado obtido por este método estatístico é apresentado no gráfico da figura 32.

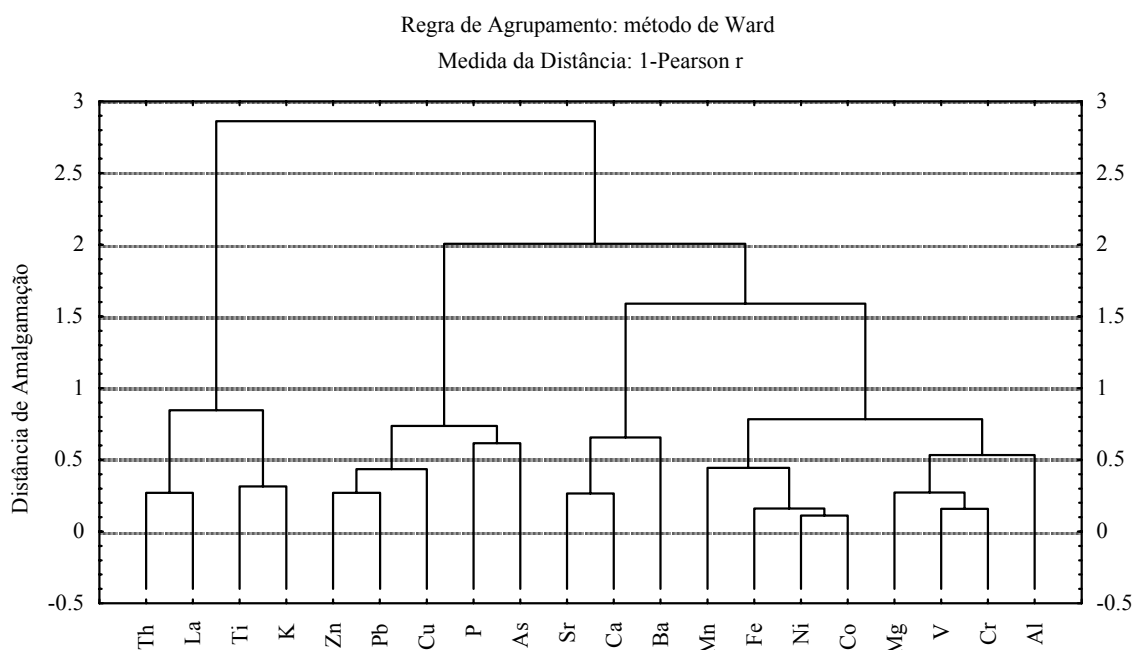


Fig. 32 – “Cluster analysis” (usando o método de Ward como regra de agrupamento e 1-person r como medida da distância) calculada sobre o “rank” dos resultados analíticos de 653 amostras de sedimentos de corrente de Portugal. Apenas foram usados os 20 elementos com mais de 50% de teores acima do limite de detecção.

Para uma distância de amalgamação de 1.0 (Fig. 32) podemos identificar quatro grupos de elementos, a saber:

- 1) Co-Ni-Fe-Mn-V-Cr-Mg-Al;
- 2) Sr-Ca-Ba;
- 3) Zn-Pb-Cu-P-As;
- 4) Th-La-Ti-K.

Se utilizarmos distâncias de amalgamação superiores verificamos que existe maior proximidade entre os grupos 1) e 2) do que com os restantes e que o grupo 4) é o mais “afastado”. Por outro lado, se diminuirmos a distância de amalgamação verifica-se uma subdivisão daqueles 4 grupos, sendo de destacar a separação entre Co-Ni-Fe-Mn e V-Cr-Mg-Al no 1º grupo.

As diferentes litologias e zonas geoestruturais deverão ter sido determinantes nos resultados obtidos, uma vez que, como ficou demonstrado na “Análise de Correlações”, aqueles aspectos influenciam os coeficientes de correlação. Em qualquer dos casos, os resultados da Classificação Hierárquica sugerem o seguinte:

- a) a proximidade de Co e Ni a Fe e Mn poderá indicar que os óxidos/hidróxidos de Fe e Mn exercem forte controlo na distribuição daqueles elementos;
- b) a distribuição dos elementos Cr e V parece ser predominantemente controlada por um lado, pela presença de minerais ferromagnesianos (proximidade ao Mg e também ao Fe) e por outro, pela presença de minerais argilosos (proximidade ao Al);
- c) a ligação dos elementos Sr e Ba ao Ca confirma a tendência daqueles elementos se associarem ao Ca, substituindo-o nas redes cristalinas dos minerais;
- d) a aparente associação de Zn, Pb, Cu e As ao P não sendo fácil de entender, poderá no entanto sugerir uma certa tendência de aqueles elementos se ligarem a fosfatos supergênicos originários quer da meteorização das rochas quer de actividade humana;
- e) a associação 4) poderá indicar a tendência para os elementos Th e La se associarem a minerais com teores elevados em Ti e K, como por exemplo os Feldspatos, vindo-se a reflectir nos sedimentos de corrente.

## ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

Nesta secção serão apresentados os resultados obtidos após Análise de Componentes Principais (ACP).

O estudo da ACP foi realizado sem formulação de qualquer hipótese probabilística de partida (distinguindo-se por isso da Análise Factorial), tendo apenas por objectivo verificar quais as mais fortes associações de elementos que se observam nas amostras de sedimentos de corrente deste trabalho. Apesar de não se tratar de uma Análise Factorial senso estrito, optámos por chamar aos novos eixos de “Factores”, “Componentes”, “Eixos”, ou simplesmente F1, F2, ..., Fn, de uma forma indiferenciada. As Componentes com um valor próprio superior a 1 foram também denominadas de “Componentes Principais”.

A análise de componentes principais foi levada a cabo sobre o número de ordem (“rank”) dos resultados analíticos obtidos após ataque com água régia, de vinte elementos (Al, As, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Mg, Mn, Ni, P, Pb, Sr, Th, Ti, V, Zn). A razão da utilização dos “ranks” prende-se com o facto de se pretender que o resultado deste estudo seja o mais independente possível de valores extremos, que se observam em elementos como o Pb, As, Cu, Zn e outros (ver curvas de frequência cumulada dos vários elementos).

Extraíram-se os vinte novos eixos. Pela tabela XIV e figura 33 pode verificar-se que as primeiras oito componentes (F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8) apresentam um “eigenvalue” (valor próprio) superior a 0,5, enquanto que para as 4 primeiras esse valor é superior a 1.

Na tabela XV apenas se apresentam os “factor loadings” obtidos para os primeiros 8 Factores. Aqui bem como na tabela XIV pode verificar-se que os primeiros 4 Fs são responsáveis pela explicação de 73% da variância total e as restantes 4 pela explicação de 15%, de onde se pode concluir que as 12 componentes não apresentadas explicam 12% da variância total.

Observando novamente a figura 33, pode ainda verificar-se que há uma mudança brusca no declive da curva dos “eigenvalues” entre a 4<sup>a</sup> e a 5<sup>a</sup> CP, aspecto este que confirma a maior importância das 4 primeiras Componentes, justificando-se por isso uma maior ênfase dada a estas Componentes Principais.

**Tabela XIV**  
 “Eigenvalues” (valores próprios) e variância explicada de cada uma das 20 componentes, obtidas sobre o “rank” dos dados

Componente	"Eigenvalue"	"Eigenvalue" cumulado	% de Variância total	% de Variância total cumulada
1	7,61	38,05	7,61	38,05
2	3,45	17,24	11,06	55,29
3	2,16	10,79	13,22	66,08
4	1,78	8,92	15,00	75,00
5	0,89	4,45	15,89	79,45
6	0,65	3,27	16,54	82,72
7	0,62	3,08	17,16	85,80
8	0,47	2,35	17,63	88,16
9	0,40	2,00	18,03	90,16
10	0,36	1,79	18,39	91,95
11	0,28	1,41	18,67	93,35
12	0,26	1,29	18,93	94,64
13	0,22	1,08	19,14	95,72
14	0,19	0,97	19,34	96,69
15	0,15	0,75	19,49	97,44
16	0,14	0,69	19,63	98,13
17	0,13	0,66	19,76	98,79
18	0,11	0,55	19,87	99,34
19	0,08	0,42	19,95	99,75
20	0,05	0,25	20,00	100,00

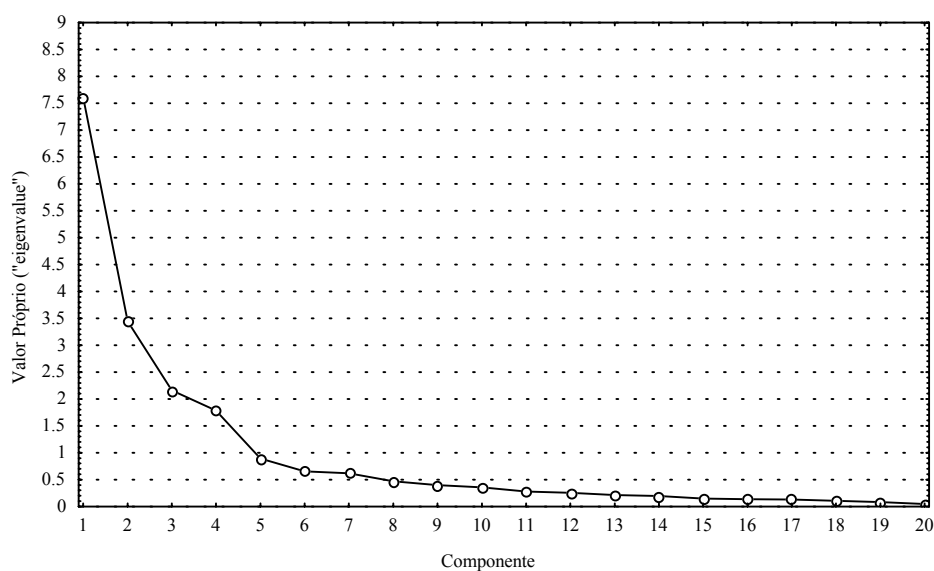


Fig. 33 – Gráfico dos valores de “eigenvalues” (valores próprios) referentes a cada uma das 20 Componentes.

Tabela XV

Contribuição de cada elemento (“loadings”) para as oito principais novas coordenadas (F). Entre parêntesis é apresentada a percentagem de variância explicada de cada Factor. São também apresentadas a variância explicada de cada elemento pelos quatro (VE<sub>1-4</sub>) e oito (VE<sub>1-8</sub>) primeiros factores.

Elemento	F1 (38,05%)	F2 (17,24%)	F3 (10,79%)	F4 (8,92%)	VE <sub>1-4</sub> (%)	F5 (4,45%)	F6 (3,27%)	F7 (3,08%)	F8 (2,35%)	VE <sub>1-8</sub> (%)
Al	<b>0,69</b>	<b>-0,49</b>	-0,04	-0,14	74,08	0,12	-0,01	-0,06	0,21	80,19
As	<b>0,36</b>	<b>-0,40</b>	<b>-0,46</b>	0,19	53,63	-0,07	<b>-0,33</b>	<b>0,50</b>	<b>-0,28</b>	97,90
Ba	<b>0,65</b>	0,03	<b>0,36</b>	0,08	55,35	<b>-0,27</b>	<b>0,42</b>	<b>0,29</b>	0,12	89,58
Ca	<b>0,28</b>	0,25	<b>0,72</b>	<b>0,40</b>	81,87	-0,10	-0,22	-0,12	-0,16	91,82
Co	<b>0,80</b>	<b>0,42</b>	-0,17	-0,22	89,11	-0,16	-0,03	0,03	0,03	91,80
Cr	<b>0,85</b>	0,20	0,07	-0,24	82,74	<b>0,26</b>	-0,02	-0,05	-0,04	90,01
Cu	<b>0,77</b>	0,09	-0,21	<b>0,28</b>	73,12	0,16	0,09	-0,14	0,00	78,15
Fe	<b>0,86</b>	0,16	<b>-0,28</b>	-0,21	89,17	-0,06	-0,08	-0,02	0,02	90,20
K	<b>0,37</b>	<b>-0,70</b>	<b>0,40</b>	0,07	78,93	0,14	0,04	0,15	-0,04	83,37
La	0,17	<b>-0,73</b>	-0,16	<b>-0,27</b>	66,26	<b>-0,42</b>	0,00	<b>-0,26</b>	-0,03	90,54
Mg	<b>0,82</b>	-0,03	0,08	<b>-0,29</b>	76,03	0,21	-0,14	-0,11	-0,05	84,00
Mn	<b>0,67</b>	<b>0,29</b>	0,09	-0,13	56,37	<b>-0,48</b>	-0,04	0,17	0,15	84,55
Ni	<b>0,82</b>	<b>0,36</b>	<b>-0,27</b>	-0,14	89,95	0,03	-0,08	-0,10	-0,07	92,07
P	<b>0,38</b>	<b>-0,49</b>	0,03	<b>0,54</b>	67,56	-0,06	<b>-0,31</b>	-0,06	<b>0,39</b>	93,76
Pb	<b>0,51</b>	-0,22	<b>-0,33</b>	<b>0,52</b>	69,38	0,02	<b>0,40</b>	-0,06	-0,17	88,65
Sr	<b>0,55</b>	0,23	<b>0,52</b>	<b>0,38</b>	76,67	-0,19	-0,07	-0,16	-0,21	87,91
Th	-0,05	<b>-0,77</b>	0,06	<b>-0,38</b>	74,10	<b>-0,26</b>	0,02	-0,18	-0,21	88,75
Ti	0,19	<b>-0,68</b>	<b>0,48</b>	-0,20	76,39	<b>0,25</b>	0,03	0,13	0,01	84,67
V	<b>0,82</b>	0,08	<b>0,32</b>	<b>-0,29</b>	85,27	0,16	0,06	0,09	-0,01	89,09
Zn	<b>0,65</b>	<b>-0,33</b>	<b>-0,39</b>	<b>0,40</b>	83,97	0,08	0,07	-0,11	0,00	86,11

Nos gráficos da figura 34 são apresentadas duas versões dos 3 primeiros planos factoriais, nos quais se incluiu os “factor scores” e os “factor loadings”. A primeira versão apresenta as amostras classificadas segundo a litologia e a segunda versão apresenta as amostras classificadas segundo a unidade geoestrutural.

A cartografia dos “factor scores” de cada uma destas oito Componentes é apresentado em anexo (Anexo III).

Pela observação dos valores dos “factor loadings” dos elementos (tabela XV), dos gráficos dos três primeiros planos factoriais (Fig. 34) e da cartografia dos “factor scores” de cada uma das 8 primeiras CPs (Anexo III), pode tentar-se uma interpretação preliminar, tentando associar os Factores a fenómenos naturais:

- F1** – Explica 38,05% da variância total e apresenta “loadings” acima de 0,5 em Cr, Ni, V, Co, Cu, Zn, Ba, Sr, Pb como elementos em traço e Fe, Mg, Al, Mn como elementos maiores, representando aparentemente o efeito dos minerais ferromagnesianos nas rochas de procedência, e o peso da fracção fina (óxidos de Fe-Mn e minerais de argila) nas amostras. Pela observação do 1º plano factorial e do mapa F1 pode verificar-se que estas “loadings” elevadas surgem predominantemente nas amostras colhidas sobre rochas metassedimentares.
- F2** – Explica 17,24% da variância total e apresenta “loadings” negativas elevadas para Th, La, K, Ti (P, Al, As) com fraca oposição do Co; pela observação do 1º plano factorial e do mapa F2, podemos verificar uma grande afinidade daquele grupo de elementos aos sectores da Zona Centro Ibérica que se encontram mais a norte, isto é, ao sector 1 (Trás-os-Montes, mas com excepção dos maciços de Morais e Bragança) e ao sector 2 (Douro-Beiras), ambos dominados por formações graníticas, sendo de destacar um alinhamento que se verifica desde Valença até ao granito de Castelo Branco. No resto do país, também se verifica uma coincidência entre “loadings” negativas elevadas e o afloramento de granitóides, como são os casos dos granitos de Castelo Branco e Nisa, os granitóides da ZOM e o Sienito Nefelínico de Monchique. As “loadings” positivas e relativamente altas do Co (e também do Ni) estão espacialmente associadas às amostras colhidas sobre os maciços de Morais e Bragança e a Zona Sul Portuguesa.
- F3** – Explica 10,79% da variância total e apresenta “loadings” elevadas para Ca, Sr (Ti, K, Ba, V) com fraca oposição de As (Zn, Pb, Fe, Ni); o primeiro grupo de elementos relaciona-se espacialmente com a Zona de Ossa Morena e com as rochas carbonatadas das Orlas, enquanto que o segundo grupo de elementos se relaciona essencialmente com as formações metassedimentares das Zonas Centro Ibérica e da Sul Portuguesa, traduzindo provavelmente um excesso de óxidos de Fe das amostras aqui colhidas relativamente ao que ficou “explicado” no 1º Factor.
- F4** – Explica 8,92% da variância total e apresenta “loadings” altos em P, Pb (Ca, Zn, Sr, Cu) com ligeira oposição de Th, Mg, V, La (com “loadings” entre -0,40 e -0,25). Este é um Factor de difícil explicação, mas que poderá ser justificado com dois aspectos distintos: 1) as “loadings” elevadas que se verificam nas Orlas poderão ser justificadas pela existência de barreiras de precipitação (ROSE *et al.*, 1979; HEM,

1992) do tipo alcalino e/ou redutor directa ou indirectamente ligadas ao pH e matéria orgânica (MO); de facto a interacção de águas ácidas (p. ex.: água das chuvas) com rochas carbonatadas ou a mistura com águas alcalinas (p. ex.: nascente em calcários) origina um aumento do pH provocando a precipitação de elementos como o Ca, Sr, Cu, Zn e Pb entre outros e de compostos como o fosfato de cálcio; a MO (da qual o P poderá em certos casos ser indicativo...) ao provocar a redução de água oxidante origina a precipitação de elementos como o Cu; 2) já as “loadings” elevadas que se verificam no Maciço Hespérico, em especial na Zona Centro Ibérica, poderão reflectir a existência de apatite nalgumas rochas ígneas alcalinas; é ainda de referir que se observa alguma coincidência espacial entre estes “loadings” elevados e teores de U acima do limite de detecção bem como ocorrências minerais de U e fosforites (ROSE *et al.*, 1979); curioso é também o padrão deste factor na ZSP.

Os factores F5, F6, F7, F8 apresentam valores do “eigenvalue” inferior a 1 tendo, por isso, um significado muito limitado em termos de Análise de Componentes Principais. De qualquer forma refira-se que o F5 mostra uma associação de Mn, La (Ba, Th) com fraca oposição dos elementos Cr, Ti, Mg, reflectindo talvez um excesso de óxidos de Mn relativamente ao explicado no primeiro factor; o F6 explica Ba e Pb com ligeira oposição de As, P; o F7 explica o As (Ba) com fraca oposição de La; o F8 contrapõe o P ao As.

Para verificar a consistência dos resultados obtidos na ACP acima descrita foram realizadas mais duas ACP com os mesmos elementos, mas agora juntando a classificação das amostras quanto ao Tipo Litológico num caso e quanto à Zona Geoestrutural no outro. Os Tipos Litológicos considerados foram quatro: as Rochas Graníticas (RG), as Rochas Metassedimentares (RM), as Formações Sedimentares Detríticas (RD) e as Rochas Carbonatadas (RC); as Zonas Geoestruturais foram também quatro: a Zona Centro Ibérica (ZCI), a Zona de Ossa Morena (ZOM), a Zona Sul Portuguesa (ZSP) e as Orlas Sedimentares (Orlas). Assim, o número de variáveis iniciais são, em cada um dos casos, 24.

Os resultados obtidos são apresentados nas tabelas XVI e XVII para o caso dos 20 elementos + 4 litologias (2º ACP) e nas tabelas XVIII e XIX para o caso dos 20 elementos + 4 zonas geoestruturais (3º ACP).

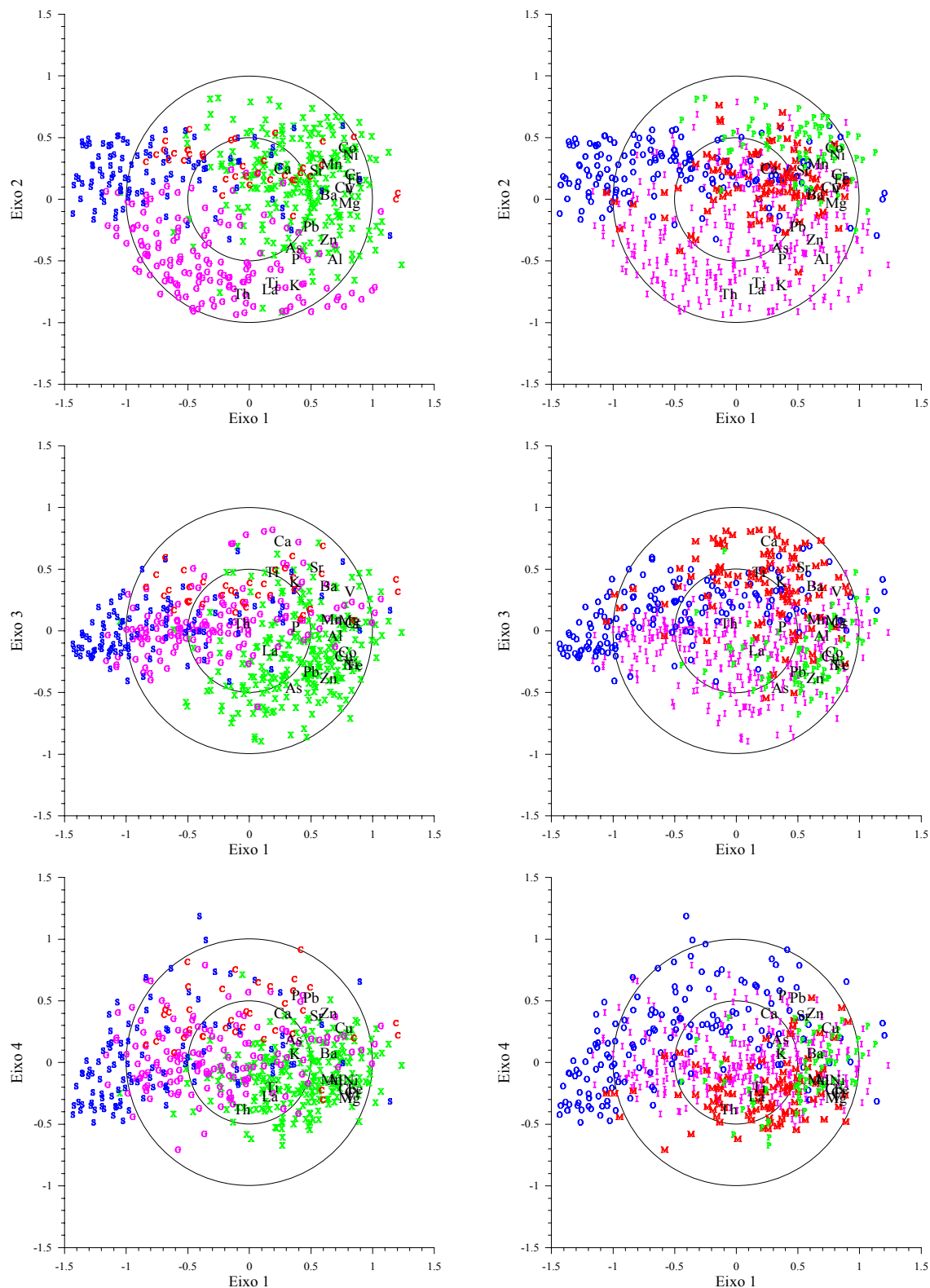


Fig. 34- Projecção das variáveis e das amostras nos 1º (Eixo1/Eixo2), 2º (Eixo1/Eixo3) e 3º (Eixo1/Eixo4) planos factoriais. As amostras estão classificadas segundo o grupo litológico (gráficos da esquerda) e segundo a Zona Geoestrutural (gráficos da direita). **o**-Rochas graníticas; **x**-Rochas Metassedimentares; **c**-Rochas Carbonatadas; **s**-Formações Sedimentares Detriticas; **o**-Orlas; **I**-Zona Centro Ibérica; **M**-Zona de Ossa Morena; **P**-Zona Sul Portuguesa

Tabela XVI

“Eigenvalues” (valores próprios) e variância explicada de cada uma das 24 componentes, obtidas sobre o “rank” de 20 elementos analisados em 653 amostras de sedimentos de corrente classificadas segundo a litologia (4 litologias consideradas)

Componente	"Eigenvalue"	"Eigenvalue" cumulado	% de Variância total	% de Variância total cumulada
1	8,30	34,57	8,30	34,57
2	4,26	17,75	12,56	52,33
3	2,71	11,28	15,27	63,61
4	1,92	8,00	17,18	71,60
5	1,11	4,62	18,29	76,22
6	0,86	3,57	19,15	79,79
7	0,82	3,40	19,96	83,19
8	0,59	2,46	20,55	85,64
9	0,54	2,27	21,10	87,91
10	0,40	1,66	21,50	89,57
11	0,36	1,52	21,86	91,09
12	0,32	1,34	22,18	92,43
13	0,27	1,11	22,45	93,54
14	0,26	1,10	22,71	94,64
15	0,23	0,98	22,95	95,61
16	0,20	0,84	23,15	96,46
17	0,19	0,78	23,34	97,23
18	0,15	0,61	23,48	97,84
19	0,13	0,55	23,61	98,39
20	0,13	0,53	23,74	98,92
21	0,11	0,46	23,85	99,38
22	0,08	0,34	23,93	99,72
23	0,05	0,20	23,98	99,92
24	0,02	0,08	24,00	100,00

Tabela XVII

Contribuição de cada elemento e litologia (“loadings”) para os oito primeiros factores (F<sub>L1</sub>, F<sub>L2</sub>, F<sub>L3</sub>, F<sub>L4</sub>, F<sub>L5</sub>, F<sub>L6</sub>, F<sub>L7</sub>, F<sub>L8</sub>). Entre parêntesis é apresentada a percentagem de variância explicada de cada factor. É também apresentada a variância explicada pelos oito primeiros factores para cada elemento.

Variável	F <sub>L1</sub> (34,57%)	F <sub>L2</sub> (17,75%)	F <sub>L3</sub> (11,28%)	F <sub>L4</sub> (8,00%)	F <sub>L5</sub> (4,62%)	F <sub>L6</sub> (3,57%)	F <sub>L7</sub> (3,40%)	F <sub>L8</sub> (2,46%)	VE (%)
RG	-0,25	<b>-0,81</b>	0,09	-0,01	-0,13	-0,16	<b>-0,34</b>	0,12	89,47
RM	<b>0,65</b>	<b>0,27</b>	<b>-0,55</b>	-0,10	-0,16	0,00	0,04	-0,05	83,42
RD	<b>-0,54</b>	<b>0,38</b>	0,07	0,02	<b>0,63</b>	0,22	0,11	-0,02	89,21
RC	0,00	<b>0,25</b>	<b>0,65</b>	0,23	<b>-0,43</b>	-0,07	<b>0,43</b>	-0,09	91,09
Al	<b>0,68</b>	<b>-0,53</b>	-0,08	-0,09	0,00	0,10	-0,09	0,16	79,74
As	<b>0,36</b>	<b>-0,38</b>	<b>-0,31</b>	<b>0,40</b>	0,01	-0,11	-0,07	<b>-0,63</b>	94,87
Ba	<b>0,60</b>	0,01	<b>0,35</b>	-0,13	<b>0,55</b>	0,03	-0,05	-0,11	82,65
Ca	0,23	0,19	<b>0,85</b>	-0,01	-0,04	-0,17	-0,04	-0,01	83,83
Co	<b>0,83</b>	<b>0,39</b>	-0,17	-0,10	0,08	-0,16	-0,01	-0,01	90,53
Cr	<b>0,86</b>	0,17	0,02	-0,23	-0,13	0,21	0,00	0,02	88,83
Cu	<b>0,77</b>	0,09	0,01	<b>0,35</b>	0,07	0,21	0,02	0,13	79,12
Fe	<b>0,89</b>	0,13	<b>-0,27</b>	-0,04	-0,02	-0,11	0,00	0,02	89,33
K	<b>0,32</b>	<b>-0,72</b>	<b>0,39</b>	-0,10	-0,04	0,16	0,05	-0,16	84,20
La	0,16	<b>-0,70</b>	<b>-0,27</b>	-0,13	0,19	<b>-0,31</b>	<b>0,37</b>	0,15	89,57
Mg	<b>0,82</b>	-0,07	0,00	<b>-0,28</b>	-0,16	0,12	0,02	0,05	80,38
Mn	<b>0,67</b>	0,22	0,07	-0,17	0,19	<b>-0,49</b>	-0,14	-0,05	83,24
Ni	<b>0,86</b>	<b>0,34</b>	-0,21	0,02	-0,08	-0,03	0,06	0,04	90,32
P	<b>0,34</b>	<b>-0,53</b>	<b>0,25</b>	<b>0,45</b>	0,05	-0,14	<b>-0,29</b>	0,14	78,00
Pb	<b>0,49</b>	-0,20	0,01	<b>0,64</b>	0,17	0,18	0,20	0,07	79,15
Sr	<b>0,51</b>	0,19	<b>0,68</b>	0,08	0,07	-0,18	0,08	0,03	80,94
Th	-0,07	<b>-0,73</b>	-0,14	<b>-0,32</b>	0,11	-0,16	<b>0,44</b>	0,00	88,19
Ti	0,15	<b>-0,70</b>	<b>0,27</b>	<b>-0,40</b>	-0,01	<b>0,29</b>	-0,04	-0,12	84,33
V	<b>0,81</b>	0,04	0,20	<b>-0,40</b>	0,02	0,18	-0,05	-0,06	88,81
Zn	<b>0,64</b>	<b>-0,33</b>	-0,10	<b>0,55</b>	0,00	0,09	0,07	0,10	86,23

Tabela XVIII

“Eigenvalues” (valores próprios) e variância explicada de cada uma das 24 componentes, obtidas sobre o “rank” de 20 elementos analisados em 653 amostras de sedimentos de corrente classificadas segundo a zona geoestrutural (4 zonas geoestruturais consideradas)

Componente	"Eigenvalue"	"Eigenvalue" cumulado	% de Variância total	% de Variância total cumulada
1	7,96	33,17	7,96	33,17
2	4,36	18,17	12,32	51,35
3	2,69	11,22	15,02	62,57
4	2,09	8,69	17,10	71,26
5	1,11	4,63	18,21	75,89
6	0,87	3,65	19,09	79,53
7	0,75	3,13	19,84	82,67
8	0,66	2,76	20,50	85,43
9	0,57	2,36	21,07	87,78
10	0,43	1,78	21,50	89,56
11	0,38	1,58	21,87	91,14
12	0,34	1,44	22,22	92,58
13	0,29	1,21	22,51	93,79
14	0,26	1,10	22,77	94,89
15	0,24	1,00	23,01	95,89
16	0,19	0,77	23,20	96,67
17	0,17	0,69	23,37	97,36
18	0,15	0,61	23,51	97,97
19	0,14	0,56	23,65	98,54
20	0,12	0,51	23,77	99,05
21	0,10	0,43	23,87	99,48
22	0,08	0,32	23,95	99,80
23	0,05	0,20	24,00	100,00
24	0,00	0,00	24,00	100,00

Tabela XIX

Contribuição de cada elemento (“loadings”) para os oito primeiros factores ( $F_{z1}$ ,  $F_{z2}$ ,  $F_{z3}$ ,  $F_{z4}$ ,  $F_{z5}$ ,  $F_{z6}$ ,  $F_{z7}$ ,  $F_{z8}$ ). Entre parêntesis é apresentada a percentagem de variância explicada de cada factor. É também apresentada a variância explicada pelos oito primeiros factores para cada elemento.

Variável	$F_{z1}$ (34,57%)	$F_{z2}$ (17,75%)	$F_{z3}$ (11,28%)	$F_{z4}$ (8,00%)	$F_{z5}$ (4,62%)	$F_{z6}$ (3,57%)	$F_{z7}$ (3,40%)	$F_{z8}$ (2,46%)	VE (%)
ZCI	0,09	<b>-0,83</b>	<b>-0,30</b>	-0,04	<b>0,29</b>	-0,09	-0,18	0,11	91,42
ZOM	0,16	0,26	<b>0,62</b>	<b>-0,39</b>	0,18	-0,31	<b>0,32</b>	-0,18	89,48
ZSP	0,35	<b>0,43</b>	<b>-0,38</b>	-0,15	<b>-0,52</b>	-0,03	<b>-0,32</b>	<b>-0,30</b>	93,31
Orlas	<b>-0,50</b>	<b>0,43</b>	0,11	<b>0,49</b>	-0,11	<b>0,38</b>	0,17	<b>0,25</b>	93,28
Al	<b>0,71</b>	<b>-0,47</b>	0,06	-0,08	-0,07	0,14	-0,20	-0,13	81,92
As	<b>0,37</b>	<b>-0,51</b>	<b>-0,33</b>	0,11	0,19	<b>-0,34</b>	<b>0,27</b>	0,12	74,89
Ba	<b>0,63</b>	0,17	<b>0,35</b>	0,17	<b>-0,26</b>	-0,02	<b>0,30</b>	-0,15	75,41
Ca	0,24	<b>0,39</b>	<b>0,57</b>	<b>0,48</b>	0,03	-0,20	-0,22	0,18	88,78
Co	<b>0,80</b>	<b>0,38</b>	-0,21	-0,20	-0,01	-0,03	0,08	0,16	90,61
Cr	<b>0,85</b>	0,21	0,08	-0,18	0,20	0,22	-0,04	0,00	89,52
Cu	<b>0,76</b>	0,07	-0,21	<b>0,29</b>	0,14	0,12	0,15	-0,03	76,74
Fe	<b>0,88</b>	0,12	<b>-0,25</b>	-0,22	-0,02	-0,01	0,02	0,07	89,93
K	<b>0,37</b>	<b>-0,57</b>	<b>0,50</b>	0,20	-0,08	0,14	-0,10	-0,14	81,07
La	0,20	<b>-0,69</b>	0,06	-0,23	<b>-0,44</b>	-0,05	0,13	<b>0,26</b>	86,01
Mg	<b>0,82</b>	-0,04	0,12	-0,20	0,18	0,19	-0,19	0,14	85,62
Mn	<b>0,68</b>	<b>0,33</b>	0,04	-0,14	<b>-0,29</b>	<b>-0,33</b>	0,01	0,06	79,60
Ni	<b>0,82</b>	<b>0,29</b>	<b>-0,31</b>	-0,13	0,10	0,09	-0,01	0,18	92,78
P	<b>0,37</b>	<b>-0,48</b>	0,05	<b>0,51</b>	0,00	<b>-0,34</b>	-0,18	-0,06	78,13
Pb	<b>0,49</b>	-0,23	<b>-0,32</b>	<b>0,52</b>	-0,14	0,16	<b>0,27</b>	-0,21	82,87
Sr	<b>0,52</b>	<b>0,34</b>	<b>0,37</b>	<b>0,47</b>	-0,08	-0,12	-0,15	0,23	83,96
Th	-0,03	<b>-0,68</b>	<b>0,27</b>	<b>-0,28</b>	<b>-0,41</b>	0,13	0,08	<b>0,26</b>	87,73
Ti	0,19	<b>-0,57</b>	<b>0,64</b>	-0,09	0,11	0,14	-0,02	-0,14	84,31
V	<b>0,81</b>	0,16	<b>0,36</b>	-0,19	0,13	0,15	0,05	-0,05	89,46
Zn	<b>0,65</b>	<b>-0,38</b>	<b>-0,33</b>	0,37	0,01	0,03	0,09	-0,09	83,37

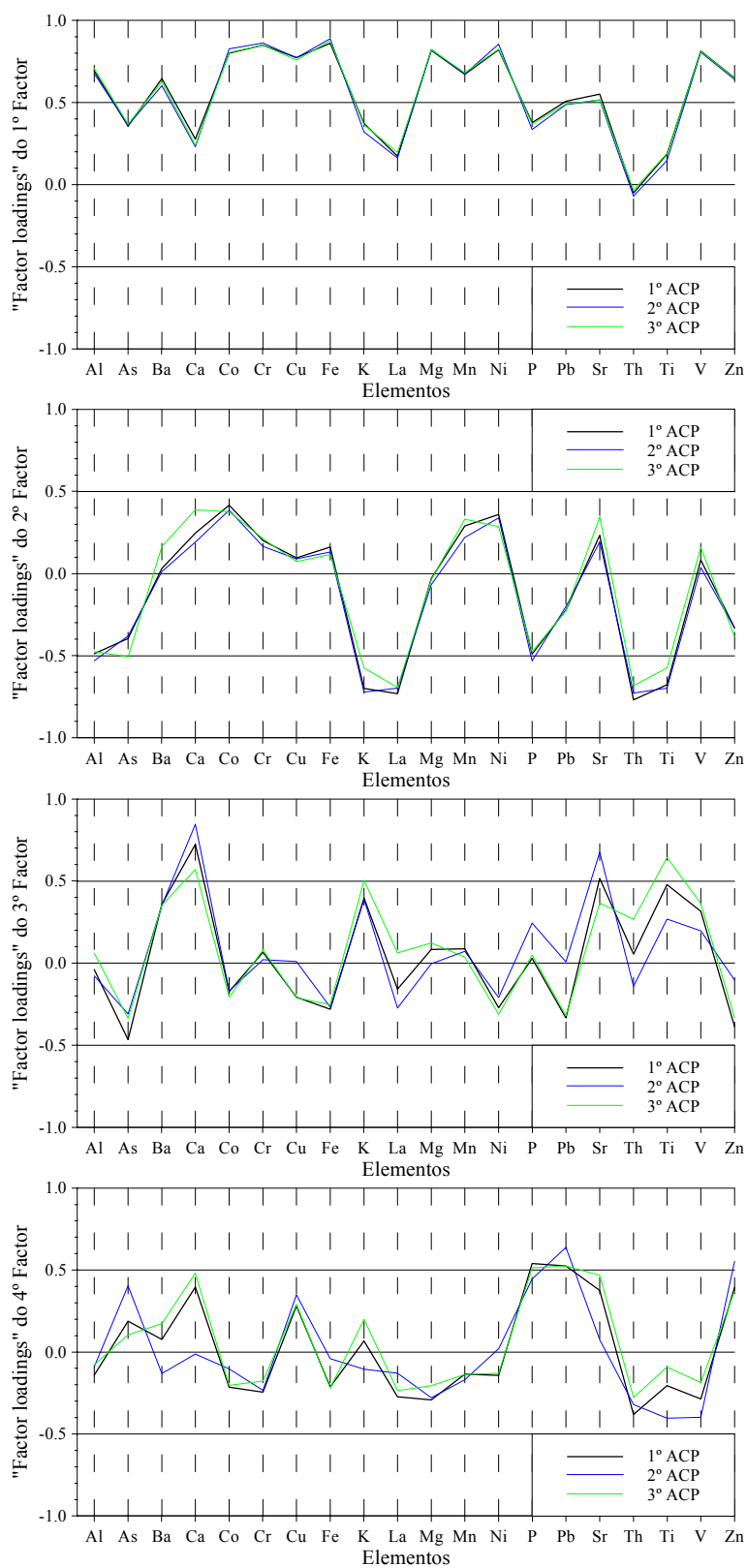


Fig. 35 – Comparação dos “factor loadings” de 20 elementos, obtidos em três diferentes ACPs. 1ºACP foi realizado com 20 elementos; 2ºACP foi realizado com 20 elementos + 4 litologias; 3ºACP foi realizado com 20 elementos + 4 zonas geoestruturais.

A observação dos resultados apresentados nas tabelas XVI a XIX e figura 35 permite fazer os seguintes comentários:

- 1) As “loadings” dos 20 elementos obtidos no 2º e 3º ACPs matêm-se bastante semelhantes aos verificados no 1º ACP, embora essa semelhança diminua à medida que o número do factor aumenta;
- 2) os “loadings” elevados que se observam no 1º Factor do 2º ACP para as rochas RM, com as formações RD em oposição, reforçam a ideia de este ser um factor eminentemente litológico;
- 3) as “loadings” elevadas que se observam para RG (2º ACP) e para ZCI (3º ACP) no 2º Factor indicam claramente que a associação de elementos observada neste Factor será explicada pelas Rochas Graníticas, em especial pelas da ZCI;
- 4) no 3º Factor as “loadings” do Ca, Sr (P) surgem valorizadas no 2º ACP e ligeiramente desvalorizadas no 3º ACP, ao contrário do que acontece com as “loadings” do Ti, K (Th, V); por outro lado neste factor observam-se “loadings” elevadas para RC (2º ACP) e para ZOM (3º ACP), em oposição às RM (2º ACP), indicando que este factor é explicado quer pelas formações carbonatadas observadas nas Orlas e na ZOM quer pelos granitóides de carácter básico observados na ZOM, o que justificaria as “loadings” relativamente elevadas de Ti, V, K;
- 5) no 4º Factor as “loadings” do Pb, Zn (As, Cu) são valorizadas no 2º ACP e as do Ca e Sr no 3º ACP; neste factor a Litologia (2º ACP) com “loading” mais elevada é RC (com 0,23) e a Zona Geoestrutural (3º ACP) é Orlas (com 0,49) com ligeira oposição da ZOM (-0,39), revelando uma fraca ligação deste factor a aspectos litológicos ou geoestruturais; aliás, a própria oscilação dos “loadings” dos elementos que se verifica do 1º ACP para os 2º e 3º ACPs deverá também ser indicador da indefinição deste factor quanto a litologias ou zonas geoestruturais.

Do ponto de vista geoquímico, as quatro primeiras Componentes Principais (CPs) deverão traduzir aspectos regionais. As restantes componentes poderão traduzir fenómenos mais pontuais, independentemente de indicarem aspectos ligados a afloramentos litológicos particulares ou fenómenos supergénicos (de origem antropogénica ou outros).

JOLLIFFE (1986) ensaiou algumas aplicações da ACP usando a soma dos quadrados dos “factor scores” das componentes resultantes da ACP.

No caso deste trabalho, a soma dos quadrados dos “factor loadings” referentes às componentes principais (F1, F2, F3, F4) indicaria os elementos mais bem explicados por estes factores e as áreas mais bem explicadas seriam identificadas pela observação da cartografia da soma dos quadrados dos “factor scores” dessas mesmas componentes; por outro lado, fazendo o mesmo procedimento com os factores menos importantes em termos de variância explicada (F5 a F20), seria possível verificar os elementos e as áreas menos bem explicadas nas componentes principais e cuja explicação estaria por isso relacionada a fenómenos mais localizados (Anexo III).

### **ANÁLISE por REGRESSÃO (“stepwise regression”)**

Nas secções anteriores ficou claro que, neste trabalho, muitos elementos apresentam fortes correlações com o Fe e /ou Mn e/ou Al, como aliás seria de esperar em sedimentos de corrente, traduzindo, pelo menos em certa medida, uma provável ligação desses elementos a óxidos/hidróxidos de Ferro e/ou Manganês e à fracção mais fina dos sedimentos. Por outro lado não é difícil de admitir que os teores em alguns elementos que as amostras apresentam dependam, em maior ou menor grau, das características litológicas e/ou unidade geoestrutural onde foram colhidas. Por isso foram ensaiados modelos de regressão de diversos elementos em função do Al, Fe, Mn, quatro Grupos Litológicos (RG, RM, RC, RD) e quatro Unidades Geoestruturais (ZCI, ZOM, ZSP, Orlas).

Num primeiro passo foi testada a significância estatística de cada um dos coeficientes, por forma a que fizessem parte da equação final apenas as variáveis independentes que introduzissem quantidades significativas de variabilidade no modelo do elemento estudado. Um valor de 0,05 para a “tolerance” em conjugação com valores de 0,0001 para o “F to enter” e 0,0000 para o “F to remove” e um valor de “Alpha” de 0,05 serviram para decidir quais as variáveis independentes que entram em cada um dos modelos.

### Dados Obtidos por Água Régia + ICP-AES

Os elementos estudados foram As, Ba, Co, Cr, Cu, La, Ni, Pb, Sr, Th, V e Zn; de referir ainda que para o modelo do Sr foi incluído o Ca, uma vez que este elemento é o que exerce maior controlo sobre a distribuição daquele elemento. Para efeitos de cálculo foram usados os logaritmos dos teores, excepto para Al e Fe; os grupos litológicos e unidades geoestruturais entraram no cálculo através da percentagem de área (entre 0 e 1) que ocupam na bacia a montante de cada amostra.

Os parâmetros dos modelos obtidos são apresentados na tabela XX. Os resultados são apresentados sob a forma de mapas (Anexo IVb). Para cada elemento foi construído um mapa composto: a) os teores esperados ( $Me^*$ ) são apresentados a cores com a mesma escala que foi utilizada para os teores observados e b) os teores residuais ( $Me-Me^*$ ) são apresentados sob a forma de símbolos (os símbolos maiores correspondem a teores mais elevados). Adjacente a este mapa composto são apresentadas a curva de frequências cumuladas dos  $Me^*$  ( ) e a curva de frequências cumuladas dos  $Me-Me^*$  (+) superiores a um determinado teor (em geral 1 ppm).

O Co, Ni, Sr e V são os elementos mais bem explicados pelos respectivos modelos, ao contrário do que acontece com Pb, Th, La e As.

Os teores esperados intermédios (entre os percentis 25 e 75) apresentados pelos diferentes elementos são semelhantes aos dos dados originais (comparar tabela VII com tabela XXI), sendo pois, estes os valores mais bem explicados. Já quanto aos valores nos extremos das populações, as diferenças tornam-se visíveis, em especial para os teores elevados. De facto verifica-se que elementos como o As, Pb, Cu, Th e Zn apresentam diferenças entre os percentis 95, que se tornam ainda mais claras para o percentil 98; ao contrário, os elementos Co, Ni, Sr e V mantêm uma razoável semelhança, mesmo para os teores no percentil 98.

Assim e de uma forma geral pode dizer-se que os elementos Co, Ni e V são controlados essencialmente por factores que têm directamente a ver com as litologias, zonas geoestruturais, fracção argilosa e óxidos de Fe e Mn, enquanto que os restantes, mas especialmente As, Pb, Cu, Zn e Th apresentam alguns teores elevados que terão outra explicação que não aquela.

**Tabela XX**

Parâmetros dos modelos de regressão (“stepwise regression”) em função das variáveis independentes Al, Fe, Mn, RG, RM, RC, RD, ZCI, ZOM, ZSP (e Ca para o Sr)

	VE (%)	C <sub>0</sub>	C <sub>RG</sub>	C <sub>RM</sub>	C <sub>RD</sub>	C <sub>RC</sub>	C <sub>ZCI</sub>	C <sub>ZOM</sub>	C <sub>ZSP</sub>	C <sub>Orias</sub>	C <sub>Al</sub>	C <sub>Fe</sub>	C <sub>Mn</sub>	C <sub>Ca</sub>
<b>Al</b>	48,80	0,413	0,583	-	-	-	0,400	0,148	-	-	-	0,313	-	-
<b>Ca</b>	67,88	-1,799	0,097	-	0,322	1,893	-	0,380	-	-	0,087	-	0,309	-
<b>Fe</b>	<b>71,79</b>	-1,813	-	1,398	0,550	0,271	-	-	0,690	-	0,565	-	1,008	-
<b>K</b>	61,59	-1,668	0,335	0,115	-	0,272	0,130	0,228	-	0,327	0,310	-	-	-
<b>Mg</b>	48,42	0,233	-	0,213	0,168	0,322	0,087	0,163	-	-	0,199	0,048	-	-
<b>Mn</b>	50,75	1,949	0,095	-	0,213	0,354	0,188	0,392	0,538	-	-	0,152	-	-
<b>P</b>	36,52	-2,134	0,246	-	-	0,199	0,173	-	-	0,128	0,082	0,050	0,133	-
<b>Ti</b>	52,58	-2,608	0,339	-	-	-	0,483	0,807	-	0,531	0,292	-	-	-
<b>As</b>	39,01	-0,373	-	-	0,298	0,302	0,718	0,126	-	-	-	0,135	0,180	-
<b>Ba</b>	49,37	0,622	-	-	0,170	-	-	0,185	-	0,141	0,167	0,016	0,305	-
<b>Co</b>	<b>76,21</b>	-0,696	-	0,295	0,230	0,260	-	0,068	-	-	0,071	0,095	0,384	-
<b>Cr</b>	66,31	0,606	-	0,223	0,136	0,376	-	0,202	-	-	0,184	0,091	-	-
<b>Cu</b>	43,39	0,639	-	0,160	0,128	0,371	-	-	-	-	0,182	0,100	-	-
<b>La</b>	36,55	0,813	0,361	0,269	0,343	0,224	0,102	0,095	-	-	0,118	-	-	-
<b>Ni</b>	<b>72,92</b>	-0,288	-	0,446	0,296	0,567	0,098	0,070	-	-	0,086	0,158	0,207	-
<b>Pb</b>	26,29	0,792	-	-	-	0,130	0,220	-	0,157	0,257	0,088	0,070	-	-
<b>Sr</b>	<b>72,33</b>	0,963	-	0,044	-	-	-	-	-	0,080	0,085	0,029	0,079	0,391
<b>Th</b>	31,34	-0,024	0,595	0,310	0,207	-	0,155	0,183	-	0,302	0,123	-	-	-
<b>V</b>	<b>70,34</b>	0,489	-	0,067	-	0,117	0,057	0,395	-	0,213	0,180	0,101	0,072	-
<b>Zn</b>	52,70	0,741	0,147	0,111	-	0,322	0,274	-	-	0,133	0,100	0,098	0,149	-

VE = Variância explicada pelo modelo; C<sub>0</sub> = coeficiente independente; C<sub>X</sub> = coeficiente da variável independente X; RG = Rochas Graníticas; RM = Rochas Metassedimentares; RC = Rochas Carbonatadas; RD = Formações Sedimentares Detríticas; ZCI = Zona Centro Ibérica; ZOM = Zona de Ossa Morena; ZSP = Zona Sul Portuguesa.

**Tabela XXI**

Alguns estatísticos referentes aos teores esperados (*Me*\*) obtidos para alguns elementos após regressão em função das variáveis independentes Al, Fe, Mn, RG, RM, RC, RD, ZCI, ZOM, ZSP (e Ca para o Sr).

Elemento	Amplitude teórica	M	Mdn	GM	s	C%	p25	p75	P95	P98
<b>As ppm</b>	2,0 – 60,8	10,1	8,5	7,9	7,3	72,4	4,2	14,1	22,9	28,5
<b>Ba ppm</b>	24,3 – 309,7	73,8	65,2	67,8	33,7	45,7	50,3	87,3	137,2	159,8
<b>Co ppm</b>	1,6 – 76,1	9,9	7,8	7,5	8,0	81,1	4,1	12,8	25,5	30,8
<b>Cr ppm</b>	6,7 – 91,1	24,1	22,1	20,5	13,6	56,4	12,4	32,5	49,1	55,6
<b>Cu ppm</b>	7,1 – 95,6	23,3	21,3	20,2	12,8	54,9	13,2	29,7	46,4	55,7
<b>La ppm</b>	11,9 – 59,6	24,1	23,2	23,0	7,5	31,2	18,6	28,2	36,5	45,9
<b>Ni ppm</b>	2,7 – 134,9	20,7	15,4	14,2	18,6	90,0	6,2	29,1	56,9	69,0
<b>Pb ppm</b>	8,2 – 51,2	21,3	20,6	20,3	6,9	32,3	15,8	25,4	33,4	39,8
<b>Sr ppm</b>	3,6 – 86,7	19,6	14,9	16,2	14,6	74,2	10,9	22,2	51,7	71,3
<b>Th ppm</b>	2,1 – 17,5	5,3	4,3	4,8	2,7	51,1	3,4	7,0	10,3	13,3
<b>V ppm</b>	8,4 – 104,3	29,1	25,1	24,9	17,1	58,6	16,0	38,0	63,0	77,8
<b>Zn ppm</b>	16,5 – 230,1	76,4	73,8	66,3	38,7	50,7	48,8	98,2	146,9	174,0

Amplitude teórica = mínimo-máximo; M = média aritmética; Mdn = mediana; GM = média geométrica; s = desvio padrão; C% = coeficiente de variação; p25 = percentil 25; p75 = percentil 75; p95 = percentil 95; p98 = percentil 98

### Dados Obtidos por AcNH<sub>4</sub> + AAS

Para os dados obtidos após digestão com acetato de amónio ensaiou-se também um modelo de regressão para cada elemento. Desta feita porém, para além das variáveis independentes consideradas anteriormente, foi incluído o Ca em todos os modelos, para tentar “retirar” o efeito dos carbonatos da forma mais precisa possível, uma vez que é notório, pela observação dos mapas de dados originais (Anexo I), que as amostras colhidas sobre formações carbonatadas apresentam teores claramente mais elevados que as restantes.

Os parâmetros dos modelos de regressão são apresentados na tabela XXII e na tabela XXIII são apresentados alguns estatísticos referentes aos valores esperados. A cartografia destes modelos é apresentada no Anexo IVc.

O Cr e o Ni são os elementos mais bem explicados pelos respectivos modelos, ao contrário do que acontece com Zn, Pb e Cu.

Como era de esperar, o efeito dos carbonatos é determinante para explicar os teores extraídos após ataque com acetato de amónio (tabela XXII). De facto, a influência dos restantes factores, segundo o modelo obtido, é praticamente nula.

Os resultados dos teores residuais deverão permitir observar quais os teores realmente mais elevados, depois de “corrigidas” as diferenças litológicas, sendo provável que esses elevados teores residuais traduzam essencialmente factores antropogénicos, como por exemplo densidade populacional, agricultura, indústria e explorações mineiras.

**Tabela XXII**

Parâmetros dos modelos de regressão em função das variáveis independentes Al, Ca, Fe, Mn, RG, RM, RC, RD, ZCI, ZOM, ZSP (extração com acetato de amónio)

	VE (%)	C <sub>0</sub>	C <sub>Al</sub>	C <sub>Ca</sub>	C <sub>Fe</sub>	C <sub>Mn</sub>	C <sub>RG</sub>	C <sub>RM</sub>	C <sub>RC</sub>	C <sub>RD</sub>	C <sub>ZCI</sub>	C <sub>ZOM</sub>	C <sub>ZSP</sub>	C <sub>Orlas</sub>
<b>Co</b>	35,95	-0,681	-	0,306	0,047	-	-	0,409	0,402	-	0,427	0,309	-	0,661
<b>Cr</b>	55,94	-0,702	0,060	0,370	-	-	-	-	0,823	-	-	0,176	-	-
<b>Cu</b>	29,81	-0,669	0,156	0,431	0,104	-	-	0,207	-	-	0,351	0,319	-	0,605
<b>Ni</b>	46,44	-1,084	-	0,416	0,099	0,143	-	0,506	0,847	0,416	0,287	0,179	-	-
<b>Pb</b>	25,31	-0,215	0,245	0,600	-	-	-	-	-	-	0,402	-	-	0,512
<b>Zn</b>	19,28	0,298	-	0,281	0,091	-	-	-	-	-	0,399	-	-	0,533

VE=Variância explicada pelo modelo; C<sub>0</sub>=coeficiente independente; C<sub>x</sub>=coeficiente da variável independente X; RG=Rochas Graníticas; RM=Rochas Metassedimentares; RC=Rochas Carbonatadas; RD=Formações Sedimentares Detriticas; ZCI=Zona Centro Ibérica; ZOM=Zona de Ossa Morena; ZSP=Zona Sul Portuguesa.

Tabela XXIII

Alguns estatísticos referentes aos teores esperados ( $Me^*$ ) obtidos após regressão em função das variáveis independentes Al, Ca, Fe, Mn, RG, RM, RC, RD, ZCI, ZOM, ZSP (extração com acetato de amónio)

Elemento	Amplitude teórica	M	Mdn	GM	s	C%	p25	p75	P95	P98
Co ppm	0,20 – 7,67	1,13	0,69	0,80	1,34	118,9	0,46	1,14	4,83	6,52
Cr ppm	0,04 – 5,06	0,41	0,15	0,20	0,85	206,3	0,12	0,23	2,88	4,03
Cu ppm	0,22 – 12,57	1,59	1,08	1,17	1,55	97,5	0,67	1,87	4,55	6,76
Ni ppm	0,11 – 12,11	1,20	0,76	0,73	1,47	122,8	0,32	1,35	4,95	5,93
Pb ppm	0,09 – 29,40	2,57	1,30	1,48	3,98	155,1	0,81	2,29	10,78	19,88
Zn ppm	1,28 – 31,67	5,97	4,70	5,04	4,32	72,4	3,65	6,31	16,01	20,54

Amplitude teórica = mínimo-máximo; M = média aritmética; Mdn = mediana;

GM = média geométrica; s = desvio padrão; C% = coeficiente de variação;

p25 = percentil 25; p75 = percentil 75; p95 = percentil 95; p98 = percentil 98

## ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS MINERALÓGICOS

Os dados mineralógicos são encarados neste trabalho apenas como um complemento da caracterização das amostras por dois motivos. Por um lado, este é um trabalho de caracterização geoquímica; por outro, a caracterização mineralógica apenas foi levada a efeito em 140 amostras (cerca de 20 %), o que limita um pouco a sua integração com os dados geoquímicos, ainda que essas 140 amostras tenham sido escolhidas de forma a representarem tão fielmente quanto possível o conjunto total das 653 amostras.

Considerámos conveniente fazer uma breve caracterização estatística dos dados resultantes da análise por difracção de raios X da fracção < 80 mesh de 140 amostras de sedimentos de corrente. Este estudo permitirá que a integração posterior destes dados com os dados geoquímicos se faça com o prévio conhecimento geral dos dados em jogo.

### Estatística Simples

Nas tabelas XXIV e XXV são apresentados os valores da média aritmética (M) e do desvio padrão (s) dos dados mineralógicos. Para além dos dados estatísticos do conjunto de todas as amostras foram ainda consideradas, tal como já aconteceu anteriormente com os dados geoquímicos, duas grandes unidades geoestruturais, o Maciço Hespérico (MH) e as Orlas Sedimentares (Orlas); a primeira foi ainda subdividida em três zonas: as Zonas Centro Ibérica (ZCI), Ossa Morena (ZOM) e Sul Portuguesa (ZSP), enquanto que na

segunda foram incluídas as amostras colhidas quer na Orla Ocidental quer na Algarvia. Quanto aos tipos de rocha, as diferentes litologias foram incluídas em quatro grandes grupos: formações sedimentares detríticas (RD), rochas carbonatadas (RC), rochas graníticas (RG) e rochas metassedimentares (RM).

Compararam-se as médias que se obtiveram, depois de classificadas as amostras conforme o descrito anteriormente, utilizando o teste do *t de student*, que permite verificar se a média de uma população de onde foi retirado um conjunto de amostras é a mesma da população de onde foi retirado um segundo conjunto de amostras. O nível de significância utilizado foi de 10%.

Tabela XXIV

Média aritmética (M) e desvio padrão (s) dos teores dos minerais identificados na fracção <80 # de amostras de sedimentos de corrente representando as principais litologias de Portugal

Minerais	Total (140 amostras)		Litologias							
	M	s	RC (12)		RD (23)		RG (40)		RM (62)	
			M	s	M	s	M	s	M	s
Micas	10,4	8,4	2,4	1,1	3,2	1,8	<u>12,5</u>	7,8	<u>13,2</u>	8,5
Caulinite	3,5	2,9	1,8	1,4	0,9	1,5	2,7	1,4	<b>5,5</b>	3,0
Clorite	1,3	1,5	0,0	0,1	0,0	0,1	1,2	1,0	<b>2,2</b>	1,6
Quartzo	47,5	17,1	42,6	10,0	<b>65,8</b>	11,7	<u>30,4</u>	6,6	52,7	14,8
Feldspatos-K	10,3	8,7	9,0	5,1	<u>16,1</u>	8,7	<u>16,6</u>	7,7	<u>4,6</u>	5,4
Plagioclasas	16,0	10,5	<u>2,4</u>	1,9	9,7	7,9	<b>25,9</b>	8,1	14,5	8,1
Opala C/CT	2,6	2,5	1,0	1,6	0,9	1,0	<b>4,2</b>	2,2	2,5	2,5
Zeólitos	0,4	0,6	0,3	0,3	0,4	0,5	<b>0,8</b>	0,5	0,3	0,6
Calcite	4,1	10,6	<b>35,7</b>	13,9	0,8	0,9	1,5	1,6	0,7	1,5
Dolomite	1,7	2,6	<b>3,9</b>	4,2	1,7	1,3	1,9	1,9	1,3	2,8
Siderite	0,7	0,8	0,2	0,3	0,4	0,3	0,8	0,9	1,0	0,9
Magnesite	0,3	0,5	0,3	0,6	0,4	0,6	0,5	0,5	0,2	0,5
Pirite	0,1	0,4	0,3	0,9	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3
Hematite	0,1	0,4	0,2	0,4	0,0	0,2	0,1	0,2	0,2	0,6
Anfibolas	0,6	2,2	0,0	-	0,1	0,4	0,8	2,3	0,8	2,5
Talco	0,0	0,2	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,1	0,3
Vermiculite	0,0	0,3	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	0,4
Esmectite	0,1	0,6	0,1	0,3	0,0	-	0,0	-	0,0	-

RC=Rochas Carbonatadas; RD=Formações Sedimentares Detríticas; RG=Rochas Graníticas; RM=Rochas Metassedimentares. A sublinhado estão os valores médios significativamente superiores (negrito) ou inferiores (itálico) em relação aos restantes litótipos considerados.

Tabela XXV

Média aritmética (M) e desvio padrão (s) dos teores dos minerais identificados na fracção <80 # de amostras de sedimentos de corrente representando as principais unidades geoestruturais de Portugal

Minerais	MH (107 amostras)		Principais unidades geoestruturais							
			ZCI (66)		ZOM (23)		ZSP (18)		Orlas (33)	
	M	S	M	s	M	s	M	s	M	s
Micas	<u>12,7</u>	8,3	<u>15,1</u>	8,3	7,4	6,1	10,8	6,9	<u>2,9</u>	1,6
Caulinite	<u>4,3</u>	2,9	4,5	2,6	2,1	2,4	<u>6,1</u>	2,7	1,3	1,5
Clorite	<u>1,7</u>	1,5	2,0	1,5	0,9	1,2	2,0	1,0	<u>0,0</u>	0,1
Quartzo	<u>44,7</u>	16,9	41,2	17,7	44,0	12,5	58,3	12,0	56,8	14,7
Feldspatos-K	<u>9,1</u>	8,6	11,1	9,1	9,1	7,7	<u>2,2</u>	2,0	14,0	8,3
Plagioclases	<u>18,7</u>	10,0	17,4	9,1	<u>24,5</u>	10,6	16,1	9,8	<u>7,5</u>	7,5
Opala C/CT	<u>3,1</u>	2,5	2,9	2,4	<u>4,5</u>	2,9	2,1	1,5	<u>0,9</u>	1,2
Zeólitos	0,5	0,6	<u>0,7</u>	0,7	0,2	0,3	<u>0,0</u>	0,1	0,4	0,4
Calcite	<u>1,2</u>	2,0	1,2	1,6	1,8	3,1	<u>0,4</u>	1,1	<u>13,5</u>	18,9
Dolomite	<u>1,5</u>	2,5	1,8	2,6	1,6	2,7	<u>0,1</u>	0,4	2,5	2,9
Siderite	<u>0,9</u>	0,9	1,0	0,9	0,4	0,5	1,2	0,8	0,3	0,3
Magnesite	0,3	0,5	0,4	0,6	0,2	0,2	0,1	0,3	0,4	0,6
Pirite	0,1	0,3	0,1	0,3	0,2	0,3	0,1	0,3	0,2	0,6
Hematite	0,1	0,5	0,1	0,4	0,0	-	0,3	0,7	0,1	0,3
Anfíbolos	0,8	2,4	0,4	1,8	<u>2,4</u>	3,8	0,3	1,2	0,1	0,3
Talco	0,0	0,2	0,0	0,3	0,0	0,2	0,0	-	0,0	-
Vermiculite	0,0	0,3	0,0	-	0,1	0,6	0,0	-	0,0	-
Esmectite	0,1	0,7	0,0	-	0,3	1,5	0,0	-	0,0	0,2

MH=Maiço Hespérico; ZCI=Zona Centro Ibérica; ZOM=Zona de Ossa Morena; ZSP=Zona Sul Portuguesa; a sublinhado estão os valores médios significativamente superiores (negrito) ou inferiores (itálico) em relação às restantes unidades consideradas.

Em termos gerais pode dizer-se que os resultados mostram relações com as unidades geoestruturais e também com as principais litologias.

Como se pode observar pela tabela XXV, verifica-se que os sedimentos de corrente colhidos no MH apresentam teores médios significativamente superiores em Micas, Clorite, Plagioclases, Caulinite, Opala e Siderite e significativamente inferiores em Calcite, Feldspatos-K, Quartzo e Dolomite, quando comparados com os das Orlas sedimentares.

Se considerarmos as três Zonas que compõem o MH, verificamos que os sedimentos da ZCI têm Micas e Zeólitos em quantidades significativamente superiores aos das

restantes; os sedimentos da ZOM apresentam valores acima da média no que se refere a Plagioclases, Opala e Anfíbulas; os sedimentos da ZSP apresentam valores médios significativamente superiores em Caulinite e significativamente inferiores em Feldspatos-K, Zeólitos, Calcite e Dolomite. Os sedimentos de corrente das Orlas apresentam quantidades significativamente superiores de Calcite e inferiores de Micas, Clorite, Plagioclases e Opala relativamente aos sedimentos das restantes unidades geoestruturais.

Já quando se comparam as litologias consideradas (Tabela XXIV), verifica-se que as amostras de sedimentos colhidas sobre Calcários apresentam enriquecimento de Calcite e Dolomite e empobrecimento de Micas e Plagioclases; os sedimentos das formações sedimentares detríticas estão enriquecidos em Quartzo e empobrecidos em Caulinite; os sedimentos das formações metassedimentares estão enriquecidos em Caulinite e Clorite e empobrecidos em Feldspatos-K e os sedimentos de corrente colhidos sobre Granitóides estão enriquecidos em Plagioclases, Opala e Zeólitos e empobrecidos em Quartzo.

### **Relações entre Minerais**

Na tabela XXVI são apresentadas as melhores correlações de Spearman entre os diferentes minerais identificados nas amostras estudadas.

Tal como aconteceu para os dados geoquímicos, também aqui considerámos conveniente “transformar” os coeficientes de correlação em função dos grupos litológicos utilizados ao longo do trabalho. Os valores “transformados” dos valores de  $r$  de Spearman são apresentados na tabela XXVII.

Observando a tabela XXVII verificar-se a existência de minerais que se correlacionam bem entre si. Com base nas correlações entre os minerais e recorrendo à “cluster analysis” (Fig. 36) é possível identificar algumas associações de minerais, das quais se pode destacar:

- 1) Caulinite – Clorite - Micas – (Siderite);
- 2) Plagioclases – Opala – (Anfíbulas - Talco);
- 3) Calcite – Dolomite;
- 4) Feldspatos-K – Zeólitos – (Magnesite - Dolomite – Calcite)
- 5) Hematite - Pirite;

**Tabela XXVI**

Melhores correlações de Spearman “rank order” (> 0,40 ou <-0,40) entre os minerais presentes em 140 amostras de sedimentos de corrente de Portugal Continental

Melhores correlações	R	Nível de Significância (p)
Caulinite / Clorite	0,75	0,000000
Micas / Caulinite	0,67	0,000000
Micas / Clorite	0,67	0,000000
Plagioclases / Opala	0,65	0,000000
Calcite / Dolomite	0,55	0,000000
Feldspatos-K / Zeólitos	0,49	0,000000
Clorite / Siderite	0,48	0,000000
Zeólitos / Magnesite	0,46	0,000000
Micas / Siderite	0,42	0,000002
Caulinite / Siderite	0,42	0,000002
Anfibolas / Talco	0,41	0,000004
Quartzo / Opala	-0,49	0,000000
Quartzo / Zeólitos	-0,50	0,000000
Quartzo / Plagioclases	-0,51	0,000000

**Tabela XXVII**

Coefficientes de correlação de Spearman “transformados” em função dos tipos litológicos, entre os minerais observados por raio X em 140 amostras de sedimentos de corrente de Portugal Continental. (os valores de  $r < 0,10$  não estão representados)

	Micas	Caulinite	Clorite	Quartzo	Feldspatos-K	Plagioclases	Opala	Zeólitos	Calcite	Dolomite	Siderite	Magnesite	Pirite	Hematite	Anfibolas	Talco	Vermiculite	Esmectite
<b>Micas</b>	1																	
<b>Caulinite</b>	0,54	1																
<b>Clorite</b>	0,42	0,42	1															
<b>Quartzo</b>	-0,42	-0,22	-0,35	1														
<b>Feldspatos-K</b>				-0,32	1													
<b>Plagioclases</b>	-0,27	-0,30		-0,20	-0,28	1												
<b>Opala</b>	-0,14	-0,15		-0,18	-0,14	0,43	1											
<b>Zeolitos</b>	0,34	0,25	0,23	-0,37	0,27		0,11	1										
<b>Calcite</b>				-0,33				0,18	1									
<b>Dolomite</b>				-0,34	0,17		0,13	0,31	0,43	1								
<b>Siderite</b>	0,29	0,29	0,32	-0,39			0,18	0,28	0,18	0,11	1							
<b>Magnesite</b>	0,23			-0,31	0,10			0,36	0,16	0,20	0,38	1						
<b>Pirite</b>									0,10				1					
<b>Hematite</b>				-0,13									0,22	1				
<b>Anfibolas</b>	-0,18	-0,14	0,18	-0,15		0,35	0,16		0,16		-0,13				1			
<b>Talco</b>				-0,12						0,15					0,28	1		
<b>Vermiculite</b>											0,10	0,10					1	
<b>Esmectite</b>																		1

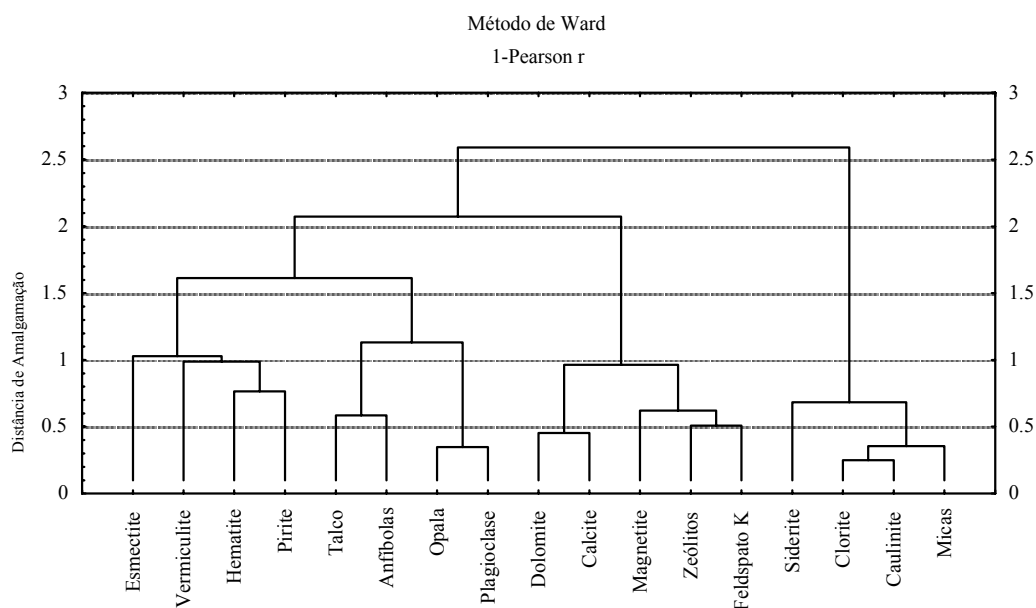


Fig. 36 – “Cluster analysis” (usando o Método de Ward como regra de agrupamento e 1-pearson r como medida da distância) calculada sobre o “rank” dos resultados de difracção de raios-X de 140 amostras de sedimentos de corrente de Portugal.

A semelhança entre os resultados da “cluster analysis” (Fig. 36) com a tabela XXVII (correlações “transformadas”) reflecte um certo grau de universalidade das principais correlações observadas.

Como ensaio de interpretação dos agrupamentos de minerais observados, temos o agrupamento 1) que representa uma associação genérica de minerais detríticos finos; o grupo 2) que poderá representar os granitóides de afinidades básicas ou mesmo ultra-básicas; o grupo 3) uma associação genérica de carbonatos; o agrupamento 4) poderá indicar a proveniência granítica dos sedimentos ou, no caso de amostras colhidas sobre formações sedimentares detríticas, poderá indicar um grau de imaturidade sedimentar dessas formações; o grupo 5) representa os precipitados de Fe quer em condições de oxidação (hematite) quer em condições redutoras (pirite).

### ACP (dados Mineralógicos)

Com os conteúdos em Micas, Caulinite, Clorite, Quartzo, Feldspatos-K, Plagioclases, Opala, Calcite, Dolomite e Anfibolas, nas 140 amostras, efectuou-se uma Análise de

Componentes Principais (ACP). A exclusão dos restantes minerais deveu-se ao facto de se terem encontrado nas amostras quantidades “residuais” que raramente ultrapassam 2 %.

Extraíram-se os quatro primeiros factores (factores com valor próprio superior a 1), cujos “factor loadings” são apresentados na tabela XXVIII e cartografados na figura 37. As figuras 38 e 39 mostram as projecções dos 3 primeiros planos factoriais.

Pelas referidas figuras e tabela pode observar-se que:

- F1-** O factor 1 “separa” as amostras das Orlas sedimentares das do Maciço Hespérico (Fig. 37 e 39);
- F2-** o factor 2 explica, grosso modo, as amostras colhidas sobre granitóides – que se demarcam das amostras provenientes das rochas metassedimentares (Fig. 37 e 38);
- F3-** explica as amostras colhidas sobre as rochas carbonatadas – que se separam das amostras provenientes de formações sedimentares detríticas (Fig. 37 e 38);
- F4-** explica as amostras com anfíbulas (que se observam junto dos Maciços de Morais e Bragança e na Zona de Ossa Morena) (Fig.37 e 39).

**Tabela XXVIII**

“Factor loadings” dos 4 primeiros factores obtidos após análise de componentes principais (ACP) com os 10 mais representativos minerais identificados por difracção de raios-X em amostras de sedimentos de corrente de Portugal

	<b>Factor1</b>	<b>Factor2</b>	<b>Factor3</b>	<b>Factor4</b>
Micas	<b>-0,788</b>	-0,105	0,198	0,391
Caulinite	<b>-0,790</b>	<b>-0,433</b>	0,155	0,021
Clorite	<b>-0,842</b>	-0,156	0,134	-0,161
Quartzo	0,382	<b>-0,702</b>	<b>-0,506</b>	-0,216
Feldspatos-K	0,340	<b>0,421</b>	0,155	<b>0,631</b>
Plagioclases	-0,288	<b>0,782</b>	-0,344	-0,101
Opala C/CT	-0,207	<b>0,687</b>	-0,217	-0,057
Calcite	<b>0,446</b>	-0,098	<b>0,649</b>	-0,148
Dolomite	0,163	0,238	<b>0,655</b>	-0,285
Anfíbulas	-0,185	0,315	0,043	<b>-0,702</b>
<b>Variância Explicada</b>	<u>2,601</u>	<u>2,140</u>	<u>1,378</u>	<u>1,233</u>
<b>Variância Explicada %</b>	<u>26,0</u>	<u>21,4</u>	<u>13,8</u>	<u>12,3</u>

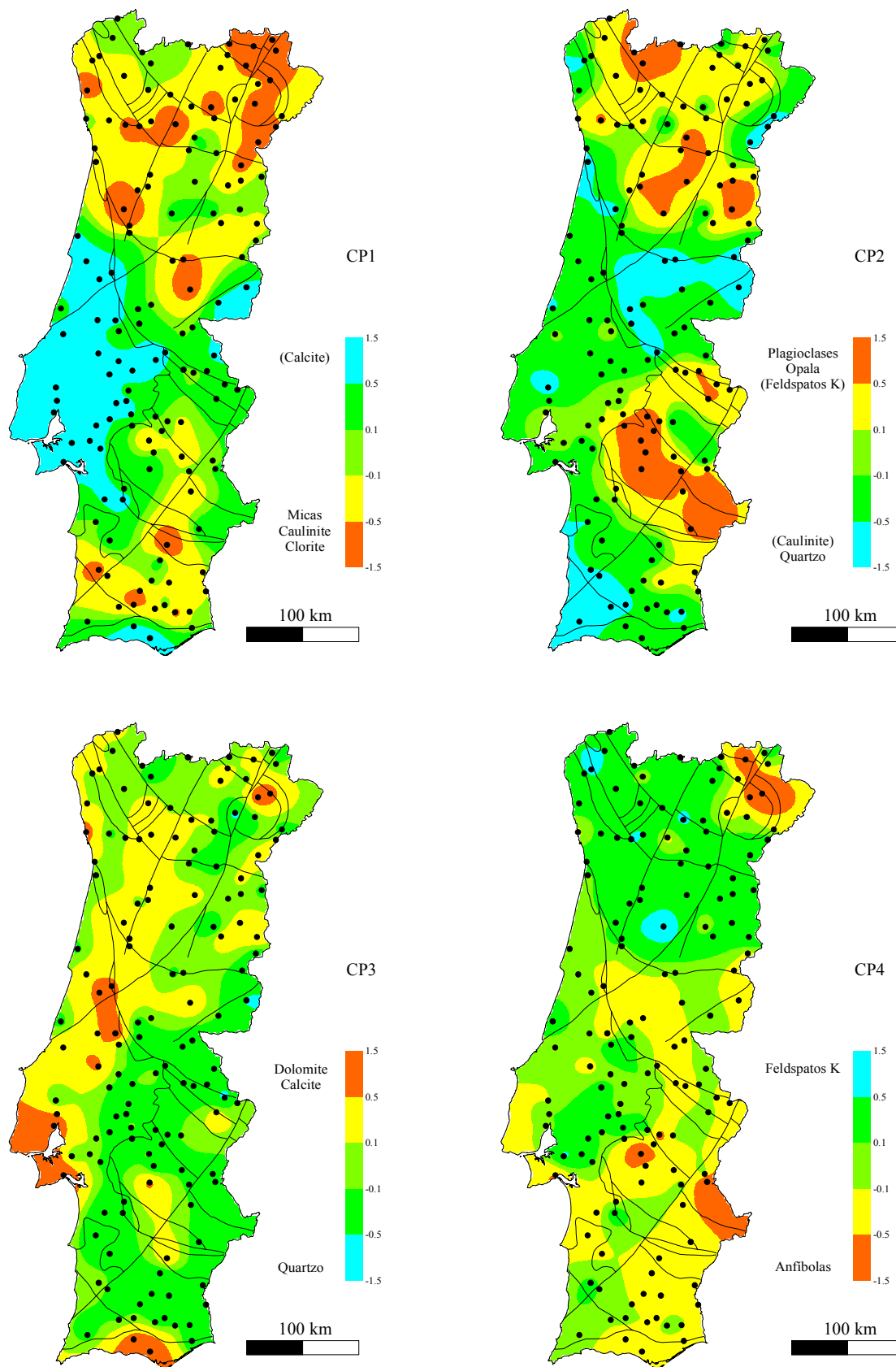


Fig. 37 – Distribuição espacial dos “factor scores” da ACP, calculado sobre os resultados mineralógicos de 140 amostras de sedimentos de corrente de Portugal.

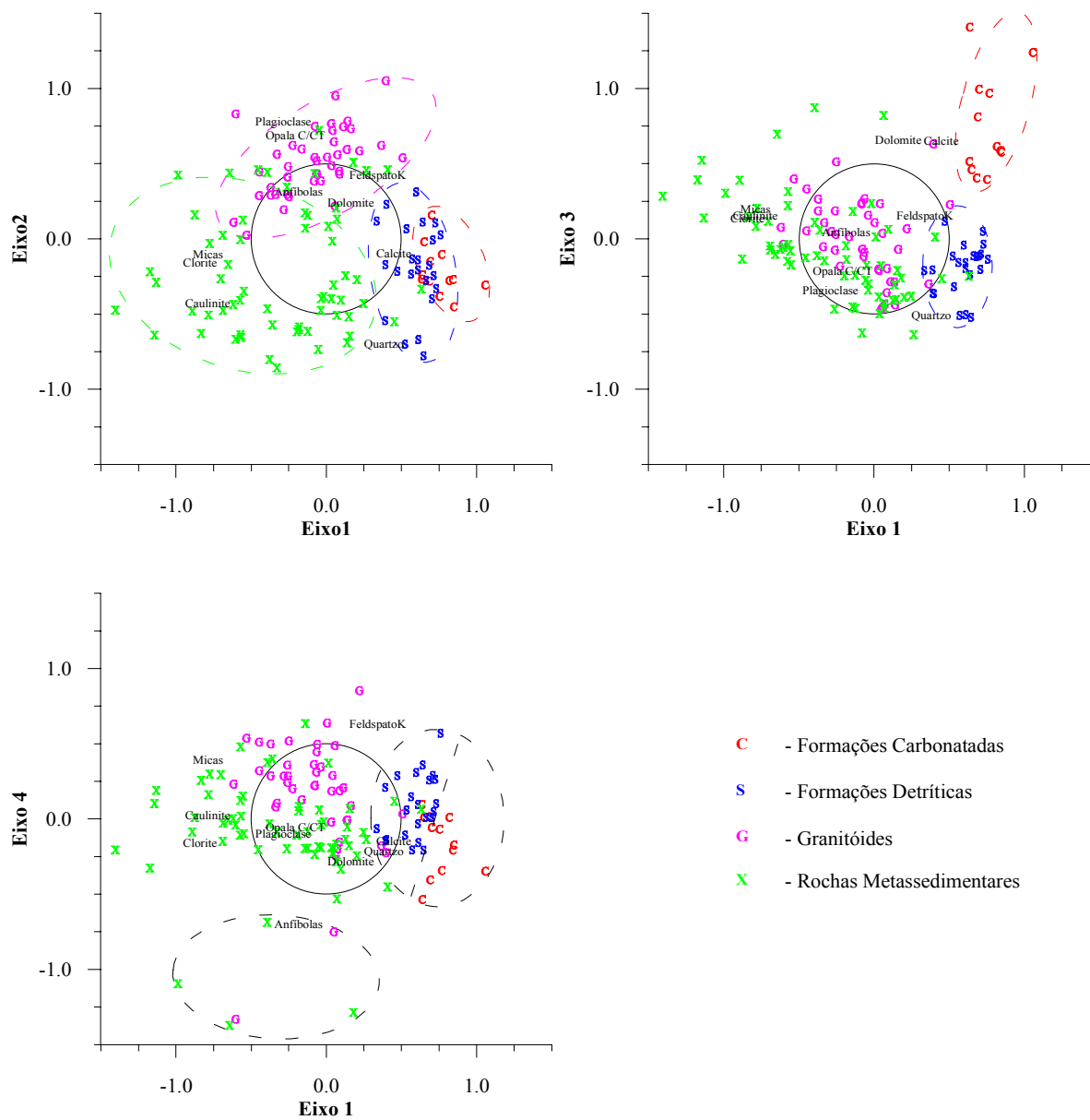


Fig. 38 – Visualização dos “factor loadings” e “factor scores” dos três primeiros planos factoriais da ACP, calculada sobre os resultados mineralógicos de 140 amostras de sedimentos de corrente de Portugal, com as amostras classificadas segundo a classe litológica a que pertencem.

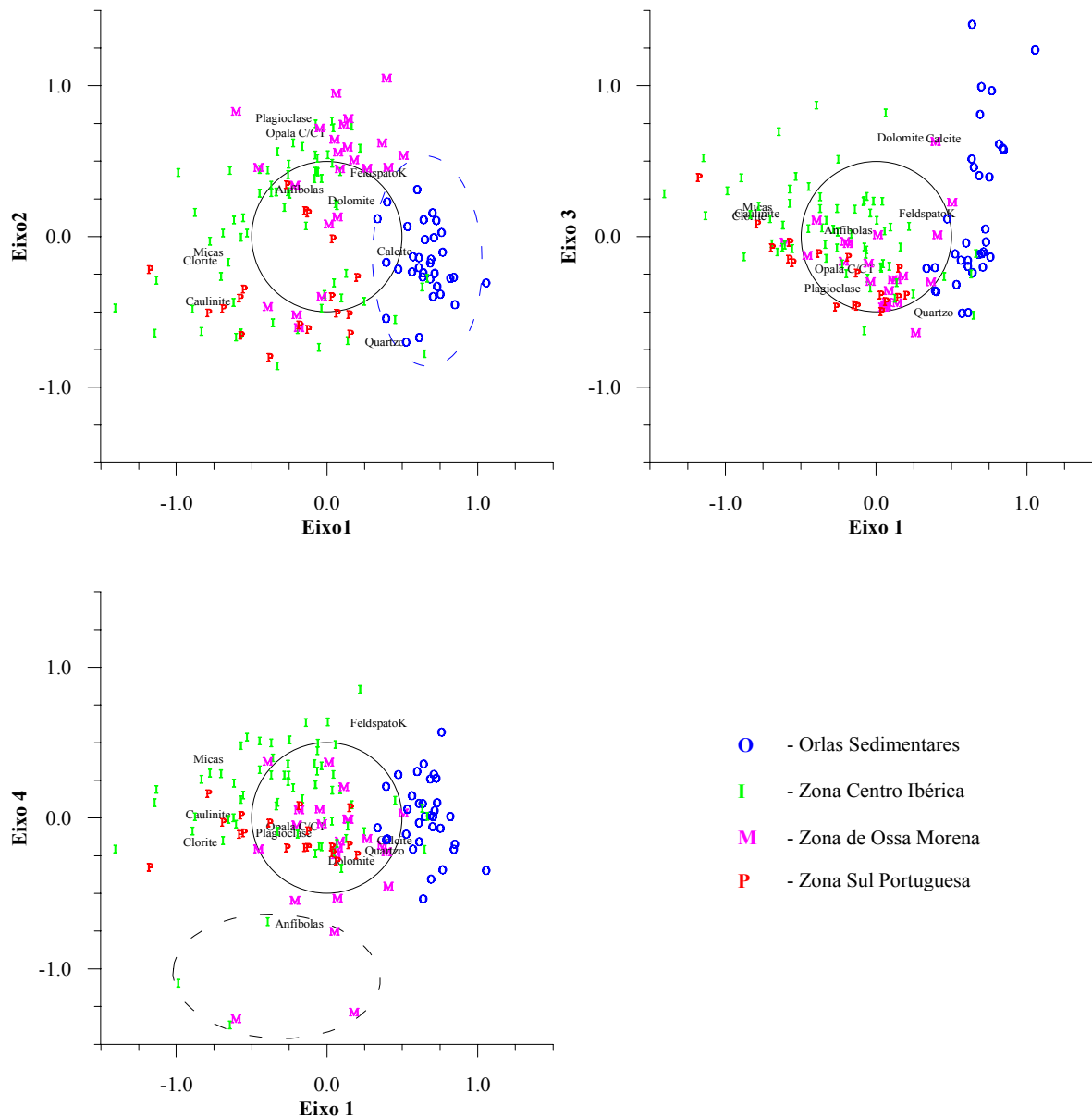


Fig. 39 – Visualização dos “factor loadings” e “factor scores” dos três primeiros planos factoriais da ACP, calculado sobre os resultados mineralógicos de 140 amostras de sedimentos de corrente de Portugal, com as amostras classificadas segundo a Zona Geoestrutural em que se encontram

No 1º plano factorial pode ainda observar-se (Fig. 38 e 39) uma boa separação de três grupos de amostras: as das Orlas (S e C), as das rochas metassedimentares e as graníticas. Por outro lado, Plagioclases e Opala surgem junto das amostras classificadas como graníticas; Micas, Clorite e Caulinite aparecem junto das amostras classificadas como pertencentes ao grupo das rochas metassedimentares; e a Calcite encontra-se associada às formações sedimentares. Verifica-se ainda que os Feldspatos-K surgem numa posição intermédia entre os granitóides e as formações sedimentares, podendo ser consequência da pouca maturidade de algumas destas últimas formações; o Quartzo surge também com uma posição intermédia entre amostras classificadas no grupo das formações sedimentares (indicando talvez um grau de maturidade elevado) e amostras classificadas como metassedimentos (indicando talvez uma tipologia menos pelítica e mais quartzosa do que outras formações existentes).

No 2º plano factorial (Fig. 38 e 39) é visível a associação entre Calcite e Dolomite com as formações carbonatadas.

No 3º plano factorial apenas se distingue um grupo de umas 7 amostras associadas às Anfíbulas.

### **Regressão em função das Litologias e das Zonas Geoestruturais**

Foi realizado um exercício de regressão em função das litologias e das zonas geoestruturais, com o intuito de confirmar as afinidades já observadas entre certos minerais e as litologias e/ou zonas geoestruturais sobre as quais as amostras foram colhidas.

Na tabela XXIX são apresentados, de forma resumida, os resultados obtidos, os quais permitem postular algumas considerações:

- 1) a Calcite, os minerais detríticos grosseiros (Quartzo, Feldspatos-K e Plagioclases) e aparentemente Pirite, Caulinite e Clorite, reflectem preferencialmente as litologias, em especial os 4 primeiros minerais;
- 2) a ligação do Quartzo às RD, das Plagioclases às RG e dos Feldspatos-K a ambas as litologias poderá ser o reflexo das diferentes capacidades de resistência à meteorização que estes minerais apresentam, capacidade de resistência essa que aumenta no sentido Plagioclases – Feldspatos-K – Quartzo;

- 3) a Calcite reflecte naturalmente a existência de rochas carbonatadas; o mesmo acontece com a Dolomite, que no entanto, também é característica da ZCI e ZOM;
- 4) as Micas dominam na ZCI mas não se diferenciam muito em termos litológicos (RG e RM); os Zeólitos (alguns dos quais resultantes da alteração dos Feldspatos) estão predominantemente ligados às áreas graníticas da ZCI ricas em Feldspatos, mas também se observam nas Orlas, nomeadamente na bacia do Baixo-Tejo e Sado, junto à ZOM;
- 5) as Anfíbulas, preferencialmente ligadas à ZOM, reflectem o carácter básico (e ultra-básico) das formações aqui existentes;
- 6) a Hematite, Siderite e Pirite são provavelmente o resultado de precipitações supergênicas que ocorrem em linhas de água que drenam terrenos naturalmente enriquecidos em Fe ou favoráveis à acumulação de Fe.

**Tabela XXIX**

Variância explicada dos modelos de regressão para cada mineral em função das litologias (Rochas Graníticas (RG), Rochas Metassedimentares (RM), Rochas Carbonatadas (RC) e Formações Sedimentares Detriticas (RD)) e das Zonas Geoestruturais (Zonas Centro Ibérica (ZCI), Ossa Morena (ZOM), Sul Portuguesa (ZSP) e Orlas Sedimentares)

Mineral	VE <sub>L</sub> (%)	VE <sub>Z</sub> (%)	VE <sub>L+Z</sub> (%)	Variáveis independentes que introduzem variância significativa no modelo (Alpha=0.1)
<b>Micas</b>	27,33	<b>36,55</b>	38,27	ZCI, RM, RG
<b>Caulinite</b>	<b>40,68</b>	33,71	47,76	RM, ZCI, ZSP
<b>Clorite</b>	<b>36,56</b>	31,90	41,35	RM, ZCI, RG
<b>Quartzo</b>	<b>52,21</b>	17,88	54,12	RD, RM, RC, ZSP
<b>Feldspatos-K</b>	<b>42,11</b>	16,09	44,63	RG, RD, Orlas, ZCI
<b>Plagioclases</b>	<b>43,28</b>	27,40	51,23	RG, ZOM, RM, RD, ZSP
<b>Opala</b>	21,79	22,05	28,28	RG, ZOM, RM
<b>Zeólitos</b>	12,51	<b>16,82</b>	24,04	ZCI, RG, Orlas
<b>Calcite</b>	<b>80,75</b>	24,50	80,75	RC
<b>Dolomite</b>	5,71	7,38	10,55	RC, ZCI, Orlas, ZOM
<b>Siderite</b>	11,70	<b>17,77</b>	17,77	ZCI, ZSP
<b>Magnesite</b>	5,81	5,28	8,89	RG, Orlas, ZCI
<b>Pirite</b>	<b>3,50</b>	-	3,50	RC
<b>Hematite</b>	2,06	<b>2,50</b>	2,50	ZSP
<b>Anfíbulas</b>	-	<b>13,31</b>	13,31	ZOM

VE<sub>L</sub>=Variância explicada pelas litologias;

VE<sub>Z</sub>=Variância explicada pelas zonas geoestruturais;

VE<sub>L+Z</sub>=Variância explicada pelas litologias e zonas geoestruturais.

## RELAÇÃO entre DADOS GEOQUÍMICOS e MINERALÓGICOS

Apresentam-se as correlações entre os dados mineralógicos e geoquímicos referentes às 140 amostras seleccionadas para estudo por DRX (tabela XXX).

É provável que muitas das correlações obtidas sejam fictícias, reflectindo muito mais as diferenças, de resto já assinaladas, entre os tipos litológicos considerados, e não tanto eventuais afinidades entre os minerais e os elementos analisados.

De facto, apesar dos resultados mostrarem alguns aspectos que poderão traduzir correlações “verdadeiras”, como por exemplo as boas correlações que em geral se observam entre uma boa parte dos elementos e os minerais característicos da fracção fina de sedimentos de corrente (Caulinite, Clorite e Micas), a verdade é que também se observam outras “boas correlações” que poderão induzir em erro. Por isso, tal como já foi feito anteriormente para o caso dos dados geoquímicos, decidimos “transformar” os valores das correlações em relação aos grupos litológicos. Na tabela XXXI são apresentados os resultados relativos a essa transformação.

**Tabela XXX**

Coefficientes de correlação de Spearman entre minerais e teores de 20 elementos analisados em 140 amostras de sedimentos de corrente de Portugal Continental.  
(estão assinalados a **negrito** os valores com nível de significância  $p < 0.001$ )

	Al	As	Ba	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	K	La	Mg	Mn	Ni	P	Pb	Sr	Th	Ti	V	Zn
<b>Micas</b>	<b>0,55</b>	<b>0,46</b>	0,00	-0,14	0,20	0,25	<b>0,35</b>	<b>0,42</b>	<b>0,30</b>	<b>0,48</b>	<b>0,29</b>	0,19	0,22	<b>0,51</b>	<b>0,39</b>	0,04	<b>0,36</b>	<b>0,34</b>	0,20	<b>0,53</b>
<b>Caulinite</b>	<b>0,59</b>	<b>0,37</b>	0,01	-0,08	<b>0,53</b>	<b>0,50</b>	<b>0,60</b>	<b>0,65</b>	0,08	0,27	<b>0,56</b>	<b>0,41</b>	<b>0,57</b>	<b>0,37</b>	<b>0,48</b>	0,15	0,07	0,00	<b>0,34</b>	<b>0,66</b>
<b>Clorite</b>	<b>0,59</b>	<b>0,29</b>	-0,03	-0,11	<b>0,40</b>	<b>0,40</b>	<b>0,41</b>	<b>0,58</b>	0,07	<b>0,40</b>	<b>0,54</b>	<b>0,31</b>	<b>0,43</b>	<b>0,31</b>	<b>0,32</b>	0,05	0,24	0,20	<b>0,32</b>	<b>0,51</b>
<b>Quartzo</b>	-0,19	-0,12	0,16	-0,23	<b>0,35</b>	0,19	0,12	0,21	<b>-0,49</b>	<b>-0,33</b>	0,02	0,08	<b>0,30</b>	<b>-0,41</b>	-0,01	-0,11	<b>-0,43</b>	<b>-0,58</b>	0,05	-0,08
<b>Feldspatos-K</b>	<b>-0,30</b>	-0,08	-0,25	-0,06	<b>-0,64</b>	<b>-0,65</b>	<b>-0,48</b>	<b>-0,69</b>	0,10	0,13	<b>-0,67</b>	<b>-0,46</b>	<b>-0,66</b>	0,09	-0,20	<b>-0,30</b>	<b>0,29</b>	0,20	<b>-0,51</b>	<b>-0,32</b>
<b>Plagioclases</b>	0,13	-0,06	-0,03	-0,01	-0,20	-0,11	-0,27	-0,12	0,17	0,24	0,04	0,09	-0,26	0,04	-0,26	-0,10	<b>0,28</b>	<b>0,42</b>	0,03	-0,17
<b>Opala</b>	0,15	0,04	0,06	0,13	-0,16	-0,04	-0,07	-0,06	<b>0,28</b>	0,20	0,10	0,08	-0,15	0,15	-0,07	0,04	0,17	<b>0,43</b>	0,07	-0,02
<b>Zeólitos</b>	0,06	0,22	-0,11	-0,01	<b>-0,44</b>	<b>-0,34</b>	-0,18	<b>-0,33</b>	<b>0,28</b>	0,25	-0,22	<b>-0,31</b>	<b>-0,42</b>	0,24	-0,02	-0,20	<b>0,36</b>	<b>0,41</b>	-0,24	0,01
<b>Calcite</b>	-0,20	-0,21	-0,16	<b>0,33</b>	<b>-0,33</b>	-0,23	-0,26	<b>-0,36</b>	0,15	-0,03	-0,14	-0,20	<b>-0,28</b>	-0,03	-0,11	0,11	0,07	0,07	-0,17	-0,20
<b>Dolomite</b>	<b>-0,28</b>	-0,10	-0,17	0,18	<b>-0,37</b>	-0,26	-0,24	<b>-0,32</b>	0,03	-0,08	-0,24	<b>-0,31</b>	<b>-0,32</b>	0,01	-0,12	-0,03	0,08	0,13	-0,19	-0,18
<b>Siderite</b>	0,27	0,13	-0,06	-0,04	0,11	0,16	0,25	0,22	0,00	<b>0,28</b>	0,24	0,11	0,17	0,21	0,15	-0,03	0,20	0,07	0,04	0,24
<b>Magnesite</b>	-0,12	-0,09	-0,07	0,01	<b>-0,39</b>	<b>-0,34</b>	<b>-0,29</b>	<b>-0,41</b>	0,16	0,10	-0,25	-0,24	<b>-0,41</b>	0,16	-0,05	-0,17	0,18	0,18	<b>-0,28</b>	-0,13
<b>Pirite</b>	0,01	0,01	0,06	0,14	0,05	0,16	0,09	0,08	0,02	0,01	0,08	0,03	0,10	0,06	0,01	0,10	-0,02	0,06	0,14	0,09
<b>Hematite</b>	0,08	0,10	0,03	0,09	0,15	0,18	0,24	0,27	-0,07	-0,10	0,05	0,18	0,25	0,11	0,23	0,17	0,00	-0,08	0,17	0,23
<b>Anfibolas</b>	-0,05	-0,22	0,19	0,27	0,10	0,22	-0,10	0,00	0,03	-0,08	0,21	0,11	0,05	-0,24	<b>-0,37</b>	0,11	0,09	<b>0,37</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,29</b>
<b>Talco</b>	-0,03	-0,04	-0,05	0,18	0,12	0,23	0,09	0,09	-0,04	-0,06	0,16	0,07	0,15	-0,03	-0,11	0,04	0,06	0,17	0,20	-0,08

**Tabela XXXI**

Coefficientes de correlação de Spearman “transformados” em função dos tipos litológicos.  
(os valores de  $r < 0.10$  não estão representados)

	Al	As	Ba	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	K	La	Mg	Mn	Ni	P	Pb	Sr	Th	Ti	V	Zn
<b>Micas</b>	0,34	0,35					0,26	0,25	0,30	0,29			0,12	0,40	0,31	0,17	0,31	0,22		0,40
<b>Caulinite</b>	0,25	0,22	-0,13		0,16		0,31	0,23		0,14			0,23	0,25	0,22					0,37
<b>Clorite</b>	0,20		-0,17					0,16		0,28	0,22		0,12				0,30	0,20		0,12
<b>Quartzo</b>		-0,10	0,11	-0,14	0,18					-0,19			0,14	-0,17			-0,35	-0,32		
<b>Feldspatos-K</b>	-0,16		-0,17		-0,27	-0,25		-0,31		0,15	-0,41	-0,23	-0,23	0,20	0,10	-0,18	0,21			-0,15
<b>Plagioclases</b>	-0,21	-0,23		0,17			-0,18	-0,14		-0,13	0,19	0,20	-0,12	-0,34	-0,35			0,19	0,13	-0,41
<b>Opala</b>	-0,13			0,21	-0,13			-0,16		0,13			-0,15	-0,13	-0,17	0,11		0,16		-0,19
<b>Zeólitos</b>	0,20	0,28			-0,20				0,26	0,15		-0,21	-0,16	0,22	0,12		0,29	0,33		0,22
<b>Calcite</b>		-0,10		0,13	-0,13					0,12							0,14	0,13		
<b>Dolomite</b>	-0,14			0,10	-0,13								-0,11					0,14		
<b>Siderite</b>							0,15			0,18	0,15						0,17			
<b>Magnesite</b>					-0,12			-0,22	0,16				-0,21	0,13			0,15	0,14		0,10
<b>Pirite</b>	-0,13																			
<b>Hematite</b>							0,15	0,22	-0,11	-0,11	-0,21	0,15		0,17	0,11					0,17
<b>Anfibolas</b>	-0,15	-0,23	0,12	0,28	0,13	0,36				-0,10	0,26		0,10	-0,30	-0,35			0,31	0,39	-0,38
<b>Talco</b>	-0,10			0,16		0,14									-0,13			0,10	0,11	-0,14
<b>Vermiculite</b>									0,10									0,10		
<b>Esmectite</b>																				

Após a “transformação” verifica-se que uma boa parte dos elementos (Zn, P, As, Al, Pb, Th, K, La, Cu, Fe, Ti) revela agora ou continua a revelar alguma afinidade com os filossilicatos (Micas, Caulinite, Clorite), outros com a Opala (Ca, Mg, Ti, Sr), os Zeólitos (Ti, Th, As, K, P, Zn, Al, La, Pb), a Hematite (Fe, Pb, Zn, Cu, Mn) ou as Anfibolas (V, Cr, Ti, Ca, Mg, Co, Ba, Ni).

Algumas destas correlações poderão ainda ser o reflexo da boa correlação existentes entre certos minerais (p. ex.: Micas – Caulinite – Clorite ou Plagioclases – Opala). Assim decidiu-se fazer uma regressão (“stepwise regression”) para cada um dos elementos com os minerais observados nas amostras, excepto o Quartzo (considerado inerte), Talco, Vermiculite e Esmectite (excluídos devido a se terem observado em menos de 10% das amostras). Foram também incluídos nesta função de regressão as litologias e as zonas geoestruturais, que temos vindo a usar ao longo do trabalho. A inclusão destes factores extra tem como objectivo “retirar o efeito” das litologias e/ou das zonas geoestruturais,

permitindo assim avaliar quais são os minerais que “controlam” os diferentes elementos para além do que é predeterminado pelos factores litológicos e/ou geoestruturais.

Para se poder aquilatar quais os minerais que “controlam” os elementos, é necessário conhecer previamente qual a influência que os factores litológicos e/ou geoestruturais bem como Al, Fe, Mn (e Ca, para o caso do Sr) exercem na distribuição dos próprios elementos. Por esse motivo, na tabela XXXII são apresentadas as variâncias explicadas pelas litologias ( $VE_L$ ), pelas zonas geoestruturais ( $VE_Z$ ), por ambas ( $VE_{L+Z}$ ); por estas em conjunto com Al, Fe e Mn (e Ca, para o caso do Sr) ( $VE_{L+Z+Al+Fe+Mn}$ ) e ainda esta última conjuntamente com os minerais que entraram no modelo ( $VE_{L+Z+Al+Fe+Mn+M}$ ), isto para cada um dos elementos. Na última coluna é também apresentado, para cada elemento, o conjunto das variáveis independentes com coeficiente positivo que introduzem variância significativa no modelo (para um valor de  $\alpha = 0,100$ ).

É interessante verificar que os elementos mais bem explicados pelos factores litológicos e geoestruturais em conjunto são o Ca, Fe, Ti, Al (elementos maiores) e Ni, Cr, Co, Zn, V, Sr e Cu, com variâncias explicadas ( $VE_{L+Z}$ ) superiores a 40%, sendo o Ba, Th, Pb, La, As os elementos que entre todos apresentam menor explicação. Por outro lado os resultados das variâncias  $VE_L$  e  $VE_Z$  apontam para uma certa predominância dos factores litológicos sobre os geoestruturais para Ca, Mg, K (elementos maiores) e Sr, Ni, Co, Cu, Cr, Th e V e o oposto para Ti, As e Ba.

A introdução de Al, Fe e Mn (e Ca, no caso do Sr) no modelo provoca um aumento em mais de 10 % de variância explicada ( $VE_{L+Z+Al+Fe+Mn}$ ) para K (devido ao Al), Ba (Mn, Al), Co (Mn, Fe, Al), V (Fe, Al), Sr (Ca, Fe, Al), Ti (Al), Cu (Fe, Al), Cr (Fe, Al), Pb (Fe, Al), Ni (Fe, Mn), Zn (Al, Fe, Mn), As (Fe).

Os elementos para os quais aumenta mais a variância explicada após introdução dos minerais no modelo, como se pode observar na tabela XXXII, são Mg, Ti (> 15 %), Th, Pb, V, Fe, Ca, La, Zn (> 5 %), enquanto que para Mn, As, Co, Ba, Sr se verifica que nenhum dos minerais introduz variância no modelo. Estes resultados indicam que, regra geral, a influência dos minerais na distribuição dos elementos químicos, para além da explicação obtida pelas litologias, unidades geoestruturais e Al, Fe, Mn (e Ca, no caso do Sr), é baixo, isto com particular realce para os elementos citados na segunda lista.

**Tabela XXXII**

Variância explicada pelos modelos de regressão para cada elemento em função das litologias (Rochas Graníticas (RG), Rochas Metassedimentares (RM), Rochas Carbonatadas (RC) e Formações Sedimentares Detríticas (RD)), das Zonas Geoestruturais (Zonas Centro Ibérica (ZCI), Ossa Morena (ZOM), Sul Portuguesa (ZSP) e Orlas Sedimentares), Al, Fe, Mn (e Ca para o Sr), e Minerais identificados em mais de 10% das 140 amostras seleccionadas para análise por DRX

Elementos	VE <sub>L</sub> (%)	VE <sub>Z</sub> (%)	VE <sub>L+Z</sub> (%)	VE <sub>L+Z+Al+</sub> Fe+Mn (%)	VE <sub>L+Z+Al+</sub> Fe+Mn+M (%)	Variáveis independentes que introduzem variância em cada modelo de regressão (Beta significativo para Alpha=0.1)
<b>Al</b>	34.43	36.54	40.28	43.43	48.35	Micas, Fe, RG, ZCI, Mn, RM, Calcite
<b>Ca</b>	<b>68.39</b>	16.45	70.54	73.58	79.69	RC, Anfíbulas, Mn, Calcite, Opala, Magnesite, Al, RD, ZOM
<b>Fe</b>	56.92	44.75	67.83	71.43	77.93	RM, ZSP, Hematite, Al, Mn, Caulinite, RC
<b>K</b>	<b>28.48</b>	13.08	32.28	66.75	71.01	Al, RC, RG, ZOM, Magnesite, Opala, Orlas, ZCI, Micas
<b>Mg</b>	<b>36.17</b>	12.35	37.37	47.22	65.64	RM, Dolomite, Al, RC, Mn, Pirite, Plagioclase, RD, Clorite
<b>Mn</b>	23.73	<b>30.43</b>	37.74	41.77	41.77	Fe, ZSP, ZOM, ZCI, RC
<b>P</b>	21.65	<b>26.11</b>	33.32	42.81	46.31	Al, ZCI, Calcite, Mn, RG, Magnesite
<b>Ti</b>	20.95	<b>39.50</b>	41.97	58.89	75.91	Al, ZOM, Zeólitos, ZCI, Orlas, Opala, Anfíbulas, Micas, Plagioclases, Hematite, Feldspatos K
<b>As</b>	9.66	<b>27.20</b>	29.00	39.05	39.05	ZCI, Fe, Orlas
<b>Ba</b>	3.65	<b>11.45</b>	16.89	49.83	49.83	Mn, ZOM, Al, Orlas, RD, RM
<b>Co</b>	<b>48.65</b>	19.88	50.77	77.13	77.13	Mn, RM, Orlas, Fe, Al, ZOM, ZCI
<b>Cr</b>	<b>54.20</b>	23.04	59.05	72.63	75.64	Fe, ZOM, RM, RC, Al, Anfíbulas, RD, Dolomite
<b>Cu</b>	<b>41.93</b>	15.90	43.75	57.70	59.82	Fe, Al, RC, RM, Opala, RD
<b>La</b>	20.71	23.40	25.11	34.44	40.12	Micas, Al, Feldspatos K, ZOM, ZCI, Siderite
<b>Ni</b>	<b>62.20</b>	18.72	64.24	75.14	75.46	Fe, RM, Calcite, Mn, RD
<b>Pb</b>	14.29	11.14	21.68	34.63	41.83	Fe, Al, Calcite, Feldspatos K, ZCI, Magnesite, RD, Opala
<b>Sr</b>	<b>46.72</b>	3.61	49.35	72.22	72.22	Ca, Fe, Al
<b>Th</b>	<b>16.65</b>	11.12	16.99	25.01	32.92	Zeólitos, Micas, Plagioclases, Feldspatos K, Al
<b>V</b>	<b>35.34</b>	24.88	49.58	74.99	81.86	Fe, ZOM, Al, RC, Anfíbulas, RD, RM, Dolomite, Opala
<b>Zn</b>	39.88	31.25	49.68	60.15	65.23	Al, Caulinite, Calcite, ZCI, Mn, Fe, Opala

VE<sub>L</sub> = Variância explicada pelas litologias; VE<sub>Z</sub> = Variância explicada pelas zonas geoestruturais;

VE<sub>L+Z</sub> = Variância explicada pelas litologias e zonas geoestruturais;

VE<sub>L+Z+Al+Fe+Mn</sub> = Variância explicada pelas litologias, zonas geoestruturais e Al, Fe, Mn (e Ca para o Sr);

VE<sub>L+Z+Al+Fe+Mn+M</sub> = Variância explicada pelas litologias, zonas geoestruturais, Al, Fe, Mn (e Ca para o Sr) e minerais considerados no modelo.

Ainda assim, é interessante verificar quais são os minerais que ao serem introduzidos no modelo introduzem variância significativa (para alpha=0.100) no modelo para cada um dos elementos. Esses minerais e os respectivos elementos “controlados” são os seguintes (entre parêntesis estão os elementos, por ordem de importância, para os quais o referido mineral não é o 1º a entrar no modelo):

- 1) Micas: Al, La (Th, K, Ti); Zeólitos: Ti, Th; Feldspatos-K (La, Pb, Th, Ti); Plagioclases: (Mg, Th, Ti); Opala: Cu (K, Ti, Ca, V, Zn, Pb);
- 2) Anfíbolos: Ca, Cr, V (Ti);
- 3) Calcite: P, Ni, Pb (Ca, Al, Zn); Dolomite: Mg (P, Cr, V); Magnesite: K (P, Pb, Ca);
- 4) Hematite: Fe (Ti).

O facto de a tabela XXXII indicar que as Micas exercem algum controlo na distribuição do Al e a Hematite e Caulinite na distribuição do Fe, deverá sugerir que estes três minerais também controlam outros elementos pela acção do Al e Fe, nomeadamente o K, P, Ti, Zn, Cu, La, Pb, Mg, Ba, Sr por parte das Micas e Mn, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Al, As, Sr, Co, Zn por parte da Caulinite e Hematite.

#### **ACP (Dados Geoquímicos + Dados Mineralógicos)**

Este é o último passo da “Análise Estatística” deste trabalho, com o qual se pretende confirmar ou não as ligações observadas entre elementos químicos e minerais. Este ACP foi realizado com os “ranks” dos resultados analíticos de 20 elementos (Al, As, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Mg, Mn, Ni, P, Pb, Sr, Th, Ti, V, Zn) + 11 minerais (Calcite, Caulinite, Clorite, Dolomite, Feldspatos K, Micas, Opala, Plagioclases, Quartzo, Siderite, Zeólitos) obtidos nas 140 amostras de sedimentos de corrente que foram objecto de análise por DRX. Os minerais incluídos foram detectados por DRX em mais de 50% das amostras analisadas.

Nas tabelas XXXIII e XXXIV são apresentados os resultados. Nesta última tabela são apresentados os “Factor loadings” referentes apenas aos 6 primeiros factores, uma vez que apenas estes apresentam um valor próprio superior a 1. Efectuou-se também a cartografia dos “factor scores” referentes aos 5 primeiros factores (Anexo V).

Um primeiro dado a reter, após observação dos resultados (tabela XXXIV), é que o conjunto dos elementos com “loadings” elevadas em cada um dos 4 primeiros factores são sensivelmente os mesmos que se observam na tabela XV (ACP com 20 elementos). As

maiores diferenças observam-se para o Ba e Sr, que agora apresentam um “peso” menor no 1º factor, ganhando-o no 3º.

**Tabela XXXIII**

“Eigenvalues” (valores próprios) e variância explicada de cada uma das 31 componentes, obtidas após ACP sobre o “rank” de 20 elementos e 11 minerais analisados em 140 amostras de sedimentos de corrente

Componente	"Eigenvalue"	"Eigenvalue" cumulado	% de Variância total	% de Variância total cumulada
1	9,67	31,19	9,67	31,19
2	5,21	16,80	14,88	48,00
3	3,06	9,86	17,94	57,86
4	2,30	7,43	20,24	65,29
5	1,63	5,25	21,87	70,55
6	1,33	4,29	23,20	74,84
7	1,00	3,21	24,19	78,05
8	0,77	2,48	24,96	80,53
9	0,70	2,25	25,66	82,78
10	0,63	2,05	26,30	84,83
11	0,54	1,74	26,83	86,56
12	0,50	1,63	27,34	88,19
13	0,46	1,47	27,79	89,66
14	0,39	1,24	28,18	90,90
15	0,36	1,17	28,54	92,07
16	0,31	1,00	28,85	93,07
17	0,28	0,89	29,13	93,96
18	0,25	0,81	29,38	94,77
19	0,24	0,78	29,62	95,55
20	0,23	0,74	29,85	96,29
21	0,19	0,62	30,04	96,91
22	0,18	0,58	30,22	97,49
23	0,15	0,49	30,37	97,97
24	0,12	0,37	30,49	98,34
25	0,11	0,34	30,59	98,69
26	0,09	0,30	30,69	98,99
27	0,09	0,29	30,78	99,28
28	0,08	0,25	30,85	99,53
29	0,07	0,24	30,93	99,77
30	0,05	0,15	30,97	99,92
31	0,03	0,08	31,00	100,00

No restante, verifica-se que esta ACP formou as seguintes associações:

- 1) no 1º factor os elementos Fe, Mg, Cr, Ni, Cu, Co, Zn, Al, V, Pb (Sr, Ba, P, As) com os minerais Caulinite, Clorite, Micas (Siderite) em oposição a Feldspatos K (Dolomite, Calcite);
- 2) no 2º factor Ti, Th, La, K, P (Al, As) com Zeólitos, Micas (Opala, Plagioclases, Feldspatos K, Clorite, Siderite), com o Quartzo (Co, Ni) em oposição;

- 3) no 3º factor Ca, Sr, Ba (K, V, Ti) com Calcite em fraca oposição a Caulinite, Clorite, Micas, As;
- 4) no 4º factor Plagioclases (Opala, Th, Ti) em oposição a P, Pb, Zn (As, Dolomite, Calcite, Sr, Cu).

**Tabela XXXIV**

“Factor loadings” dos 6 primeiros factores obtidos após análise de componentes principais (ACP) com os “ranks” de 20 elementos químicos e 11 minerais observados em 140 amostras de sedimentos de corrente de Portugal.

Variáveis	F1 (31,19%)	F2 (16,80)	F3 (9,86)	F4 (7,43)	F5 (5,25)	F6 (4,29)
Micas	<b>0,52</b>	<b>-0,57</b>	<b>-0,37</b>	0,02	0,03	0,00
Caulinite	<b>0,74</b>	-0,19	<b>-0,40</b>	0,07	0,22	-0,06
Clorite	<b>0,63</b>	<b>-0,36</b>	<b>-0,37</b>	-0,20	<b>0,28</b>	-0,07
Quartzo	0,06	<b>0,82</b>	-0,22	0,01	<b>-0,31</b>	-0,07
Feldspatos K	<b>-0,65</b>	<b>-0,41</b>	0,02	0,24	-0,16	-0,05
Plagioclases	-0,08	<b>-0,46</b>	0,13	<b>-0,65</b>	0,15	<b>0,40</b>
Opala	0,02	<b>-0,49</b>	0,23	<b>-0,42</b>	0,23	<b>0,42</b>
Zeólitos	<b>-0,25</b>	<b>-0,68</b>	-0,02	0,19	0,08	-0,12
Calcite	<b>-0,33</b>	-0,17	<b>0,41</b>	<b>0,31</b>	<b>0,38</b>	<b>-0,42</b>
Dolomite	<b>-0,37</b>	-0,24	<b>0,26</b>	<b>0,31</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,37</b>
Siderite	<b>0,29</b>	<b>-0,35</b>	<b>-0,28</b>	-0,11	<b>0,46</b>	-0,10
Al	<b>0,75</b>	<b>-0,37</b>	-0,03	0,00	-0,12	0,04
As	<b>0,35</b>	<b>-0,32</b>	<b>-0,32</b>	<b>0,36</b>	-0,15	<b>0,28</b>
Ba	<b>0,45</b>	0,08	<b>0,54</b>	-0,09	<b>-0,41</b>	0,00
Ca	0,18	-0,01	<b>0,78</b>	0,22	<b>0,28</b>	0,09
Co	<b>0,82</b>	<b>0,39</b>	-0,01	-0,12	0,04	-0,10
Cr	<b>0,85</b>	0,22	0,19	-0,13	0,01	-0,17
Cu	<b>0,84</b>	0,08	0,00	<b>0,25</b>	-0,01	-0,01
Fe	<b>0,91</b>	0,17	-0,11	-0,07	0,03	-0,09
K	<b>0,29</b>	<b>-0,60</b>	<b>0,49</b>	0,14	<b>-0,33</b>	0,02
La	0,14	<b>-0,64</b>	<b>-0,27</b>	-0,22	-0,23	<b>-0,28</b>
Mg	<b>0,85</b>	0,03	0,19	-0,17	0,14	-0,10
Mn	<b>0,65</b>	0,19	0,14	-0,24	0,16	0,10
Ni	<b>0,84</b>	<b>0,37</b>	-0,04	-0,01	0,13	-0,12
P	<b>0,38</b>	<b>-0,52</b>	0,02	<b>0,49</b>	0,03	<b>0,37</b>
Pb	<b>0,57</b>	-0,16	-0,17	<b>0,49</b>	-0,19	0,03
Sr	<b>0,48</b>	0,05	<b>0,62</b>	<b>0,26</b>	0,09	0,14
Th	-0,02	<b>-0,66</b>	-0,08	<b>-0,29</b>	<b>-0,25</b>	<b>-0,44</b>
Ti	0,10	<b>-0,71</b>	<b>0,36</b>	<b>-0,26</b>	<b>-0,29</b>	-0,12
V	<b>0,75</b>	0,07	<b>0,42</b>	-0,23	-0,16	-0,20
Zn	<b>0,77</b>	-0,23	-0,17	<b>0,40</b>	-0,08	0,08