

MARTIM PORTUGAL V. FERREIRA
Coordenação

A Geologia de Engenharia e os Recursos Geológicos

VOL. 2 • RECURSOS GEOLÓGICOS E FORMAÇÃO



Coimbra • Imprensa da Universidade

LITOGEOQUÍMICA NA ÁREA DE SARZEDAS (CASTELO BRANCO). CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO DE OCORRÊNCIAS DE OURO

J. M. SANTOS OLIVEIRA¹

PALAVRAS-CHAVE: litogeoquímica, ouro, metassedimentos, prospecção mineira, Portugal.

KEY WORDS: litho geochemistry, gold, metasediments, mineral exploration, Portugal.

RESUMO

Neste estudo, investigou-se a dispersão do ouro e de outros elementos químicos em rochas metassedimentares (maioritariamente metapelitos) da área de Sarzedas (Castelo Branco) tendo em vista identificar unidades geológicas e estruturas portadoras desse metal, bem como a existência de possíveis relações entre a litogeoquímica e cisalhamentos que aí são observados.

Os resultados obtidos mostram que o ouro existe, na generalidade das litologias amostradas, com teores anómalos relativamente a valores de referência consagrados, oscilando entre 12 e 17 ppb Au. Delinearam-se controlos de natureza litológica e estrutural na dispersão primária do metal. Por um lado, verificou-se que litotipos particulares, como filões quartzosos (frequentemente brechificados) e felsitos, são portadores de teores relevantes de Au (alguns com significado económico potencial). A grande variabilidade determinada nas concentrações de Au nas rochas e uma clara evolução, em termos de teores, no sentido metapelitos (9 ppb) → metapelitos proximais de estruturas mineralizadas (30 ppb) → felsitos (2194 ppb) → filões quartzosos (17286 ppb) sugerem uma origem epigenética para a mineralização. Por outro lado, afigura-se que rochas associadas mais estreitamente com zonas de "shear" ocorrem quimicamente enriquecidas em relação a rochas fora dessa influência.

¹ Instituto Geológico e Mineiro, 4465 S. Mamede de Infesta, Portugal. e-mail: santos.oliveira@igm.pt

A aplicação de análise estatística e matemática aos dados apontou para a existência de um antagonismo geoquímico dos índices de ouro com as mineralizações de W-Sb e Sn que ocorrem na área e com índices de metais básicos (Zn-Pb-Sb) detectados.

Os resultados obtidos apontam para a conveniência em se aprofundar a investigação (e a prospecção) na área de Sarzedas, devendo ser pesquisados, com maior grau de favorabilidade, os dois tipos de estruturas onde se detectaram os teores mais interessantes (filões quartzosos e felsitos). A confirmar-se a existência de resultados positivos consistentes, poderia equacionar-se um modelo geológico sustentado em jazidas com tonelagem considerável e baixos teores de ouro associáveis, simultaneamente, a ambas unidades litológicas.

ABSTRACT: Lithochemochemistry in the Sarzedas (Castelo Branco) region: Contribution to the study of the gold occurrences

The dispersion of gold and other affiliated chemical elements in metasedimentary rocks (mainly metapelites) of the Sarzedas area was investigated in this study. Particular attention was focused on the identification of Au-bearing lithologies and of possible relationships between lithochemochemical patterns and shearing observed in the area.

The results obtained during the present study show that anomalous contents of gold exist in most of the sampled metasedimentary rocks, with values ranging between 12 and 17 ppb Au. Lithological and structural controls were delineated which seem to affect the primary chemical dispersion of the metal. On one hand, the geochemical results show that particular lithologic units, i.e., quartz veins (frequently brecciated) and felsites, contain significant Au contents (some exhibiting potential economic importance). High variability of values found in the sampled rocks and an explicit evolution in terms of metal contents following the way: metapelites (9 ppb Au) → proximal metapelites of mineralized structures (30 ppb Au) → felsites (2194 ppb Au) → quartz veins (17286 ppb Au) suggest an epigenetic origin for the mineralization. On the other hand, it appears that rocks closed associated spatially to shear zones occur chemically enriched in relation to rocks lying outside of that influence.

136

Statistical-mathematical analysis carried out on the chemical data points to the existence of a geochemical antagonism between Au mineralization and W-Sb and Sn ores occurring in the area, and also with a strong Zn-Pb-Sb geochemical association that emerged from data interpretation.

The results obtained suggest that research (and ore exploration) in the Sarzedas area should be increased, with basis on a careful survey of the outcropping quartz veins and felsites. In case of consistent positive results be achieved, a geological model based on a high tonnage-low ore grade deposit could therefore be built.

1. INTRODUÇÃO

Sendo conhecida a importância económica do ouro, interessará aprofundar o conhecimento sobre as potencialidades do país neste tipo de minério. Muitos índices estão hoje identificados, os quais encontram maior expressão em Jales, onde a exploração económica atingiu plano de certa notoriedade no passado (NEIVA, 1986; NEIVA e NEIVA, 1990). Tornar-se-á, portanto, importante investigar e desenvolver técnicas e métodos, directos e indirectos, aplicáveis a várias escalas de trabalho, que possam contribuir para a revelação de jazidas primárias de ouro. Nestas tarefas, deve ter-se em conta o princípio de que um depósito mineral do tipo metálico é, geralmente, produto da interacção complexa de processos magmáticos, tectónicos e hidrotermais que reflectem um enquadramento geodinâmico de maior amplitude (KERRICH e WYMAN, 1997) e que, em geral, as características de um depósito não se esgotam num único modelo (MUIR, 2001).

Os métodos de natureza litogeoquímica inscrevem-se nesse grupo, existindo na bibliografia numerosas citações de exemplos da sua aplicação, com maior ou menor sucesso, ao conhecimento dos processos genéticos das metalizações de ouro na Natureza, bem como ao seu modo de ocorrência na crosta. Também no nosso país têm sido produzidos e divulgados estudos geoquímicos vários onde sobressai a utilização destas metodologias (SANTOS OLIVEIRA e FARINHA, 1986; SANTOS OLIVEIRA, 1991, 1991a, 1993, 1993a; SIMÕES *et al.*, 1993; CATHELINÉAU *et al.*, 1993; COUTO, 1993; BOIRON *et al.*, 1996; CASTRO REIS *et al.*, 1997; SANTOS OLIVEIRA e ÁVILA, 1997; REIS, 1997; REIS *et al.*, 1998; RIBEIRO, 1998). Na prospecção de ouro, a utilização cumulativa da geoquímica com técnicas mineralométricas pode fornecer, acrescidamente, resultados positivos (SANTOS OLIVEIRA e FARINHA, 1986; FARINHA *et al.*, 1998; SANTOS OLIVEIRA *et al.*, 2001).

Em geral, os depósitos primários de ouro evidenciam acentuado controlo estrutural e litoestratigráfico (STONE *et al.*, 1995). A distribuição dos depósitos auríferos em veios associados a zonas de cisalhamento dúctil, constituindo um caso de estudo particular, tem merecido particular atenção já que elas podem constituir locais favoráveis (sistemas químicos “abertos”) para a circulação de fluidos mineralizadores até níveis superiores da crosta, com arrastamento, lixiviação e deposição de ouro e outros metais, muito por acção de fluidos oxidantes compostos por CO₂-H₂O. Muitos autores aceitam e defendem este princípio, tais como, CAMERON (1989); BONNEMAISON *et al.* (1989); BONNEMAISON e MARCOUX (1989); EISENLOH *et al.* (1989); KERRICH (1989); PEREIRA *et al.* (1993); GONZALEZ-CLAVIJO *et al.* (1994); FERKOUS e LEBLANC (1995). Haverá que ter, porém, em conta a tendência para certa esterilidade metalogenética das grandes fracturas transcrustais de 1ª ordem, em contraste com a fertilidade das zonas de “shear” de 2ª e 3ª ordens, como acontece nos campos auríferos Arcaicos do Canadá (NEUMAYR e HAGEMANN, 2002). De uma maneira geral, os sistemas filoneanos de Au-Ag,

quando instalados em rochas metamórficas, são, na sua maioria, definidos como depósitos mesotermiais formados em ambientes reológicos dúctil-frágil, ocorrendo frequentemente acompanhados por elementos químicos diversos, tais como, W, B, As, Sb, Se, Te, Bi, Rb, Pb, Mo, Na₂O e K₂O (KERRICH, 1989; ZEGERS *et al.*, 2002).

Tendo em conta os pressupostos mencionados, constituía objectivo principal do presente estudo investigar a dispersão do ouro em rochas de uma área aurífera, com identificação das estruturas portadoras de metal e associações possíveis com cisalhamentos maiores e a tectónica, em geral. Ao mesmo tempo, pretendeu-se detectar eventuais relações do Au, enquanto elemento químico, com outros elementos metalíferos e litogénicos nessas mesmas rochas numa perspectiva de definição de “pathfinders” com utilidade na pesquisa mineira. Para o efeito, foi seleccionada uma pequena área situada entre as povoações de Pomar e Gatas, a norte de Sarzedas, no concelho de Castelo Branco. Esta área tem sido alvo de poucos estudos apesar das suas potencialidades em mineralizações, constituindo certa excepção o trabalho de SIMÕES *et al.* (1993) que permitiu delinear alguns padrões geoquímicos associados a zonas de cisalhamento. Anotem-se ainda os estudos de SMITH (1987; 1988), de carácter geológico e económico à escala local e de PRATAS (1998), versando a aplicação de técnicas biogeoquímicas à poluição ambiental na área.

A presente investigação resultou, em parte, de recomendações formuladas em SHEPHERD e SANTOS OLIVEIRA (1994) que, no contexto de um projecto multidisciplinar executado na Zona Centro Ibérica, referiram que *a prospecção de ouro deveria incidir prioritariamente em zonas de “shear” e transpressão Hercínica*. Uma vasta região a oeste de Castelo Branco, com extensão para Maria Rosa, em Espanha, emergiu como promissora.

2. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E MINEIRA DA ÁREA DE ESTUDO

A área de Sarzedas situa-se a cerca de 18 km para NW da cidade de Castelo Branco. Segundo ROMÃO (1991) e TOMÁS OLIVEIRA *et al.* (1994) a área investigada (fig. 1) é dominada por unidades metassedimentares que englobam a denominada Formação Flyschoide do Rosmaninhal do Grupo das Beiras, pertencente ao Complexo Xisto-Grauváquico, de idade provável Proterozóica inferior. Predominam nela metapelitos e siltitos, constituindo unidades alternantes, mas ocorrem também grauvaques, microconglomerados e quartzitos. A esta formação sobrepõem-se quartzitos Armoricanos, particularmente expressivos na extremidade noroeste da área e retalhos de depósitos de cobertura sedimentar, de idades Terciária e Quaternária. Diversas rochas filoneanas ocorrem também na área: pórfiros felsíticos, diabases, filões ácidos e filões quartzosos. Por outro lado, não afloram rochas graníticas, embora se admita, com certa possibilidade, a existência de apófises em profundidade relacionadas com o granito de Castelo Branco que ocorre a Sul, face

á natureza e tipo das metalizações na região (volfrâmio, estanho, ouro, metais básicos).

Os *filões felsíticos*, de idade provavelmente Varisca, têm orientações N20°-30°W e são subverticais; adquirem uma textura porfírica de grão médio a fino e são constituídos por quartzo, feldspato, biotite e anfíbolas. Junto à povoação de Gatas estendem-se por 3 km, com espessura média de 5-10 metros e a NE e a E de Pomar por 150-200 metros, com possanças médias de 2-3 metros. Estas rochas porfíricas apresentam-se, em geral, muito alteradas dando lugar a uma rocha rica em sericite e quartzo, com envolvimento de processos hidrotermais que impediram a preservação da sua textura original. Os *filões ácidos deformados* (pré-Variscos) têm orientações N45-70°W, são deformados por S1 e apresentam textura porfírica. São formados maioritariamente por quartzo e algum feldspato, biotite, moscovite, piroxenas e anfíbolas. As *diabases* (eventualmente de idade Varisca) ocorrem em diques com orientação N10°W, têm textura subofítica a diabásica e são constituídas por clinopiroxenas, plagioclase, anfíbolas e alguma biotite. Afloram, com maior significado, junto do lugar de Pé da Serra e na Serra do Moradal. Os *filões de quartzo* são numerosos e agrupam-se em várias famílias, embora com predomínio dos sistemas N25-50°E. Apresentam-se, com frequência, brechificados e são portadores de óxidos secundários de ferro e alguma mineralização.

Do ponto de vista tectónico, a região foi afectada pela Fase Sarda e, seguidamente, pelas Orogenias Varisca e Alpina. TOMÁS OLIVEIRA *et al.* (1994) identificaram uma importante zona de cisalhamento na área de estudo (fig. 1), com orientação N25-30°W, subvertical e movimentação direita (nos locais de Pé da Serra e Azenhas de Cima, por exemplo, foram assinalados cisalhamentos de ordens inferiores). Aquela zona tectónica e estrutural, que afecta a Formação do Rosmaninhal, os quartzitos e os diques felsíticos, é visível numa extensão de vários quilómetros, admitindo-se que possam estar associadas a outras que ocorrem mais a Sul, identificadas por ROMÃO (2000). Evidencia-se ainda fracturação tardi-Varisca que se enquadra num sistema NNE-SSW associado, por sua vez, a outro NE-SW, ambos com movimentação esquerda. Mais tarde, desenvolveu-se a orogenia Alpina que gerou reactivação daquelas fracturas.

Na área, ocorrem diversos índices mineiros com alguma expressão que deram lugar, no passado, a trabalhos mineiros dirigidos para a exploração de antimónio e volfrâmio. Representam testemunhos dessa actividade a mina de Gatas (a que ganhou maior preponderância) e ainda as minas de Barroca da Santa, Casalinho, Goula, Ficalho e Galdins-Pomar (ver fig. 1). De acordo com SMITH (1987; 1988), a mineralização localiza-se principalmente nos filões quartzosos, os quais estão frequentemente tectonizados e brechificados, mas também nos felsitos. Nos filões, assinala-se a existência de antimonite, volframite, pirite e arsenopirite, para além de alguns sulfuretos de metais básicos (blenda, galena, calcopirite), dispersos numa ganga formada por quartzo, micas brancas, carbonatos, argilas e óxidos de ferro.

O ouro foi assinalado com alguma persistência, quer no estado livre, quer como inclusões submicroscópicas na pirite e na arsenopirite (SHEPHERD *et al.*, 1993). Diversos carbonatos, particularmente nas formas de ankerite e siderite, são frequentes, constituindo uma fase mineral tardia associada às estruturas mineralizadas. Expressões de mineralização são também visíveis nos pórfiros felsíticos, com destaque para a antimonite, arsenopirite e pirite; admite-se que estes dois últimos minerais sejam precoces relativamente a fases tardias de silicificação, enquanto a antimonite se afigura posterior (SHEPHERD *et al.*, 1993).

O controlo estrutural da mineralização é evidente, encontrando-se esta associada a estruturas cavalgantes com mergulhos de 30-40° NE que constituirão, assim, zonas de fraqueza estrutural que permitiram a ascensão de fluidos mineralizadores. A mineralização de Gatas e Barroca da Santa acomoda-se em veios mineralizados que cruzam a xistosidade dos metassedimentos encaixantes enquanto, em Pomar, os veios se dispõem quase paralelamente à arquitectura regional (SMITH, 1987). Da observação da figura 1 transparece claro um enquadramento espacial dos principais locais com mineralização com a zona de cisalhamento mencionada acima, considerando TOMÁS OLIVEIRA *et al.* (1994) que as mineralizações parecem estar controladas com a intersecção dessa zona com fracturas tardi-Variscas de direcção NE-SW.

3. MÉTODOS E TÉCNICAS

No decorrer do presente estudo colheram-se 71 amostras distribuídas da seguinte forma: essencialmente vários tipos de rochas metassedimentares e afins, para além alguns materiais geológicos de recobrimento secundário (sedimentos de linhas de água e solos). Na figura 1 dá-se conta do plano de amostragem adoptado.

Cada amostra foi obtida com base na recolha de vários fragmentos de rocha, com aspecto o mais fresco possível, tomados em vários pontos num raio de cerca de 5 metros tendo em vista dispôr-se de amostras suficientemente representativas. Em média, o peso de cada uma oscilou entre 8-10 Kg. Depois de fragmentadas e moídas até uma granulometria <200 mesh, de acordo com procedimentos correntes, foram analisadas quimicamente. Os elementos químicos maiores (constituintes dos minerais principais das rochas) foram determinados por Fluorescência de Raios-X (FRX). No que diz respeito aos elementos menores e traço, o As, Cu, Pb, Zn, Ag, Sb, Mo, Cr, Ni, Co, V, Be, B, P e Mn foram doseados por Espectrometria de Emissão por Plasma Condutivo (DCP), enquanto o Ba, Sr, Rb, Zr, W e Sn foram analisados por FRX; o Au foi doseado por Potenciometria de Redissolução Anódica. Os erros determinados na aplicação da FRX oscilaram entre 2-10% para os elementos traço e 0.01-0.6% para os maiores; a precisão calculada na utilização dos métodos por DCP e por potenciometria de redissolução anódica situou-se entre 3-8%.

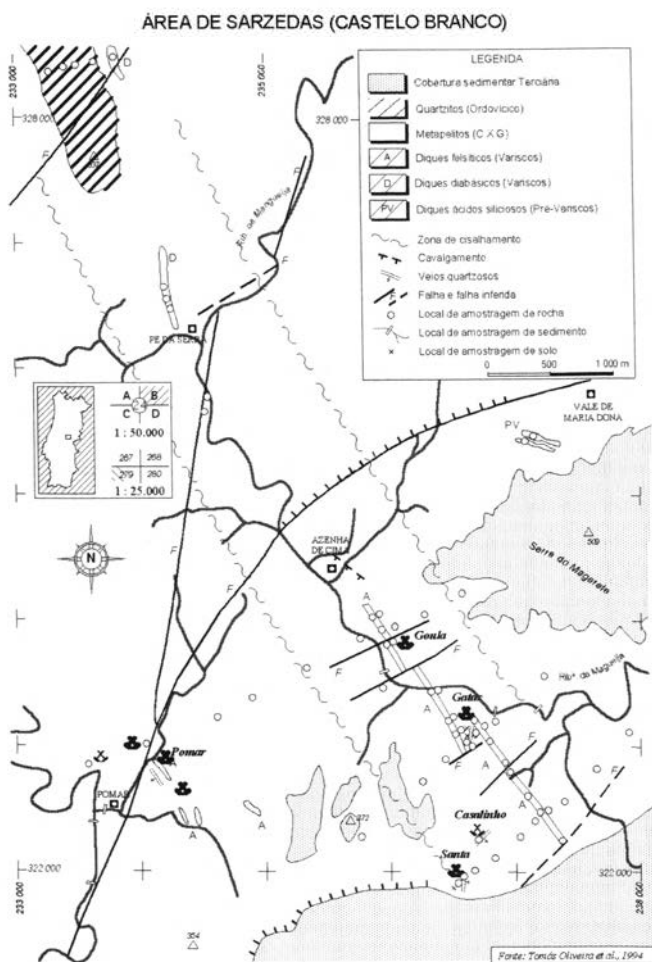


Fig. 1 – Geologia da área de Sarzedas e plano de amostragem.

No que concerne especificamente ao ouro, foram tomadas em conta algumas reservas inerentes à sua distribuição nas rochas e aos métodos de doseamento, factores que podem condicionar uma correcta interpretação dos dados analíticos. A existência de concentrações de metal usualmente discretas e baixas em metassedimentos, em conjunto com uma distribuição frequentemente errática e/ou localizada; limitações (e possíveis imprecisões) quanto à boa aplicabilidade dos métodos analíticos em gamas de teores muito baixos de Au e próximos do limite de detecção; e dificuldades na moagem e homogeneização das amostras em termos de obtenção de um peso representativo para análise e de garantias da presença de quantidades de metal equivalentes à da amostra total, constituem factores que podem colocar algumas limitações quanto a uma interpretação cabal dos dados analíticos

(SALMINEN e TARVAINEN, 1997; DOMINY *et al.*, 2000). A fiabilidade dos resultados analíticos foi garantida até ao limite inferior de 8 ppb de Au, pelo que a interpretação de valores abaixo deste patamar merece alguma reserva.

Os dados analíticos foram submetidos a tratamento estatístico e matemático por processos correntes de estatística descritiva e com recurso a análise multivariada (Análise em Componentes Principais).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados litogeoquímicos resultaram de análises efectuadas nos diversos tipos de rochas aflorantes na área de Sarzedas. A análise dos elementos maiores nalguns dos grupos litológicos teve em vista permitir aferir a sua composição química maioritária (Quadro I). As rochas metapelíticas enquadram-se no quimismo dos metassedimentos (CONDIE, 1993; MENHERT, 1969) e são idênticas a metapelitos da vizinha região de Pedrógão (SANTOS OLIVEIRA *et al.*, 2001). Os diques felsíticos são rochas siliciosas e de tendência calco-fosfatada, deficitárias em ferro e que apresentam uma relação específica ($\text{NaO}_2/\text{KO}_2 > 1$). Os diques ácidos pré-Variscos distinguem-se dos anteriores por serem dominados pela sílica e pobres na maior parte dos restantes elementos.

Quadro I – Elementos maiores em rochas da área de Sarzedas (teores em %)

Tipo de amostras	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe(t)	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅
R. metapel. (n=11)	64.68	18.13	5.62	0.02	<0.4	1.07	0.52	3.79	0.83	0.08
Diques ácidos (n=2)	95.54	1.75	1.05	0.07	<0.4	0.08	<0.20	0.29	0.38	0.04
Felsitos (n=2)	76.88	13.68	1.02	0.05	0.38	0.12	3.81	2.38	<0.04	0.79

Mas também os elementos menores e traço litogénicos contribuem para a caracterização das litologias presentes, conforme transparece da análise dos resultados do Quadro II. Em particular, os vários tipos de rochas filoneanas cartografadas podem ser identificadas pelas seguintes assinaturas químicas: os diques ácidos (mais antigos) pela associação Cr-Zr; as diabases pelo grupo Ni-Co-V-Mn; os felsitos mais recentes (Variscos) pela associação Rb-Sr-B-P. O espectro dos veios quartzosos tende a aproximar-se destes últimos.

Quadro II – Elementos litogénicos menores e traço em rochas da área de Sarzedas

Tipo de amostras	ppm Cr	ppm Ni	ppm Co	ppm V	ppm Ba	ppm Rb	ppm Sr	ppm B	ppm Zr	ppm P	ppm Mn
R. metapel. (n=36)	129	33	7	113	551	141	59	83	186	349	97
Quartzitos (n=4)	335	41	11	14	52	6	30	12	588	256	1092
Diques ácidos (n=2)	389	87	<5	8	58	9	66	11	770	123	623
D. diabásicos (n=4)	308	335	60	173	186	11	113	<10	143	866	1458
Felsitos (n=13)	82	16	<5	<5	86	215	206	241	19	2288	172
Veios qz. brech (n=3)	307	51	<5	24	35	43	383	57	48	870	315

O OURO VERSUS OUTROS ELEMENTOS METALÍFEROS

Os teores médios de ouro e outros elementos metalíferos afiliados determinados nas rochas estão expressos no Quadro III. Os felsitos e os filões quartzosos brechificados sobressaem claramente como rochas portadoras de mineralização, contendo concentrações médias relevantes de Au e Sb. Os teores de As e Zn são moderados e a Ag não ocorre com significado, enquanto o W, Sn e Be são outros vestigiários característicos nos felsitos.

Quadro III – Elementos metalíferos menores e traço em rochas da área de Sarzedas

Tipo de amostras	ppb Au	ppm As	ppm Sb	ppm Cu	ppm Pb	ppm Zn	ppm Ag	ppm Mo	ppm Sn	ppm W	ppm Be
R. metapel. (n=36)	17	35	25	35	17	176	<0.2	2.5	5.4	5.4	2.2
Quartzitos (n=4)	12	<20	<20	16	<10	39	<0.2	3.0	<5.0	<5.0	<1.0
Diques ácidos (n=2)	35	<20	<20	14	<10	<10	<0.2	3.0	<5.0	<5.0	<1.0
D. diabásicos (n=4)	4	<20	<20	74	<10	202	<0.2	2.3	<5.0	<5.0	<1.0
Felsitos (n=13)	2194	127	255	6	30	279	<0.2	1.8	40	62	27
Veios qz. brech (n=3)	17286	557	9337	16	72	332	0.23	4.3	<5.0	33	1.3

Comparando os teores de Au nos metassedimentos, cujos valores oscilam entre os 12 e 17 ppb, com concentrações de referência e “baselines” extraídos da bibliografia (Quadro IV), conclui-se que aqueles são tendencialmente anómalos, aproximando-se de teores característicos de unidades litológicas associadas a metalizações auríferas. A distribuição espacial do Au nas rochas da área de Sarzedas (fig. 2) confirma essa tendência de enriquecimento geoquímico local, com destaque para as fortes anomalias litogeoquímicas em unidades mineralizadas que ocorrem na zona das minas.

Algum enriquecimento nos teores de ouro nos diques ácidos pré-Variscos (média de 35 ppb), quando comparados com valores encontrados nos metassedimentos, contribui para sustentar hipóteses formuladas por diversos autores sobre uma origem poligénica e polifásica das metalizações auríferas na Península Ibérica (SHEPHERD *et al.*, 1995; PEREIRA e MEIRELES, 1998; NORONHA *et al.*, 2000). As estruturas portadoras de mineralização epigenética podem ter sofrido diversos e sucessivos processos concentradores durante períodos longos de tempo (RAMSAY *et al.*, 1998).

Parece inquestionável que grande parte do ouro depositado nos filões e felsitos tem origem epigenética a avaliar pelo desvio estatístico determinado nas concentrações. A este comportamento “errático” não será, por certo, estranha a actuação de fenómenos hidrotermais que aparecem fortemente “impressos” nas rochas mineralizadas (SHEPHERD *et al.*, 1993). Tais processos terão também contribuído para a variação composicional verificada nos metassedimentos situados

junto do contacto com essas estruturas, tendência que tem sido igualmente assinalada por diversos autores (por exemplo, BIERLEIN *et al.*, 2000). Embora GAO e KWAK (1997) refiram que as variações na composição químico-mineralógica das litologias instaladas junto de mineralizações de ouro são espacialmente limitadas, foi possível determinar que os metapelitos amostrados até cerca de 5 metros do contacto com as estruturas mineralizadas foram afectados por silicificação acompanhada da introdução de Au e outros elementos, conforme se mostra no Quadro V. Este comportamento concorda com GOVETT (1983) no sentido de que a resposta geoquímica obtida a partir de veios mineralizados - pequenos e estreitos alvos de prospecção- são de curta extensão.

Quadro IV – Teores de Au em materiais geológicos diversos, com resultados extraídos da bibliografia

Tipos de amostras	Fonte bibliográfica	ppb Au
Média em xistos	WEDEPHOL, 1969	2.5
Média para metassedimentos/ Abundância crustal	VINOGRADOV, 1962	0.1-0.43
Xistos verdes potencial/ auríferos da África do Sul	SAAGER <i>et al.</i> , 1982	2.4-10.8
Patamar para rochas metassedim. de áreas auríferas	XUEGING e XUEQUIN, 1991	4-8
Rochas caledónicas de áreas mineralizadas da Irlanda	O'CONNOR e GALLAGHER, 1994	<2
Xistos potencialmente auríferos da Rússia	GADIYATOV e BIRYNL'KIN, 1992	12
Rochas encaixantes de mineralização aurífera do Quebeque	BEAUDOIN <i>et al.</i> , 1987	4
Xistos de campo aurífero da Rússia	KOROBENNIKOV, 1995	3-10
Rochas metassedimentares associadas a ouro da Finlândia	RASILAINEN, 1993	19
Xistos e silts de área aurífera	ROMBERGER, 1988	1-3
Patamar para rochas anómalas em ouro	CLARKE e GOVETT, 1990	50
Média em xistos	GOVETT, 1983	1
Rochas cisalhadas e metassom. de área com ouro da Argélia	FERKOUS e LEBLANC, 1995	>10
Rochas pelíticas evoluídas de área aurífera da Rússia	GRAVILENKO, 1994	4
Rochas de contacto campo aurífero de Ballarat (Austrália)	BIERLEIN <i>et al.</i> , 1998	28
Médias em domínios metamórficos com Au de V.P. Aguiar	RIBEIRO, 1998	9.9; 12
Brechas sedimentares do Douro em zona de cisalhamento	CASTRO REIS <i>et al.</i> , 1997	40
Xisto grafitosos do Douro em zona de cisalhamento	CASTRO REIS <i>et al.</i> , 1997	12
Xisto e grauvaques do Douro em zona de cisalhamento	CASTRO REIS <i>et al.</i> , 1997	13
Metapelitos de Pedrógão em área aurífera anómala	SANTOS OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2001	8
Quartzos em filões da área aurífera anómala de Pedrógão	SANTOS OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2001	40

Quadro V – Teores de elementos seleccionados em metapelitos colhidos a diferentes distâncias de estruturas mineralizadas

Tipo de amostras	ppb Au	ppm As	ppm Sb	ppm Pb	ppm Zn	ppm Be	ppm Rb	ppm Sr	ppm B	ppm P	ppm Mn	% SiO ₂
Metapelitos mais longe do contacto(*)	9	12	13	13	107	1.5	125	43	68	383	126	63.3
Metapelitos mais perto do contacto(**)	30	76	45	23	298	3.5	170	88	110	288	46	67.2

(*) Colheita a mais de 5 m do contacto c/estruturas mineralizadas; n=23 excepto para SiO₂ (n=4).

(**) Colheita até cerca de 5 m do contacto c/estruturas mineralizadas; n=13 excepto para SiO₂ (n=4).

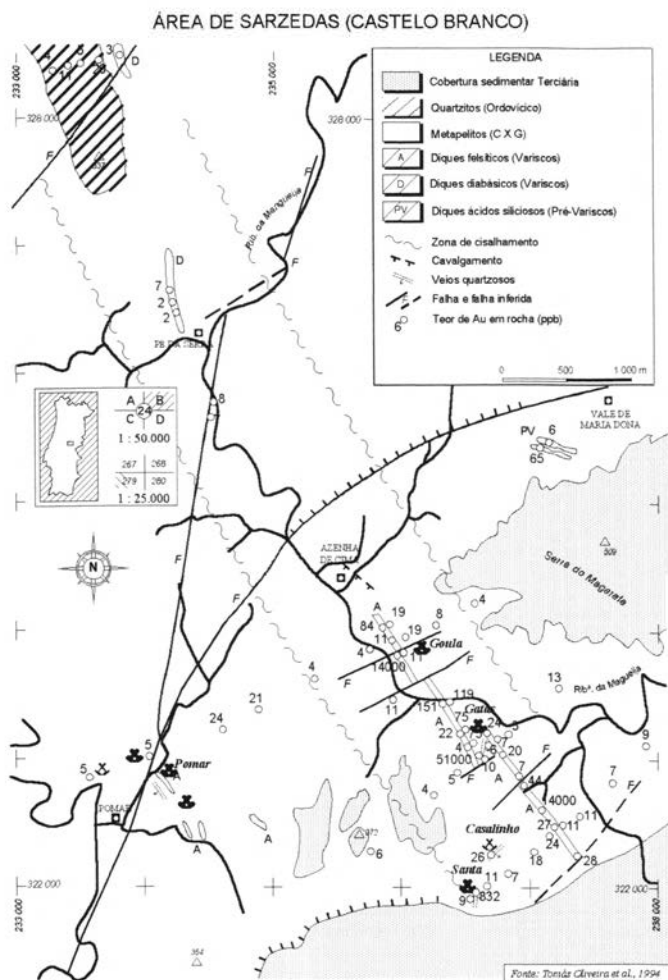


Fig. 2 – Distribuição do ouro em rochas da área de Sarzedas.

Da análise dos resultados transparece, assim, que o ouro ocorre, localmente, em quantidades anómalas nas rochas da área de Sarzedas, de acordo com a seguinte tendência geoquímica: médias de 9 ppb Au nos metapelitos → 30 ppb nos metapelitos proximais das estruturas mineralizadas → 2194 ppb (2.2 g/ton) nos felsitos → 17286 ppb (17.3 g/ton) nos filões de quartzo. Esta evolução nos teores pode observar-se nas figuras 3-a), b) e c) que apresentam perfis dos teores de Au nas rochas atravessando respectivamente as zonas das minas da Barroca da Santa, Gatas e Goula. Estes perfis permitem também avaliar o contraste químico manifestado pelos filões e felsitos e caracterizar estas unidades como rochas mineralizadas.

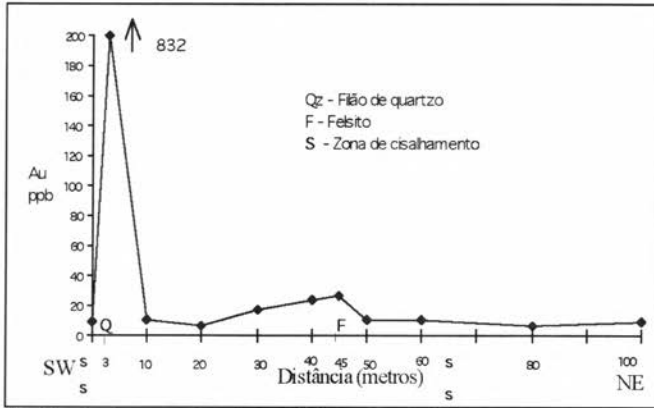


Fig. 3-a – Distribuição do Au em rochas do perfil da Barroca da Santa.

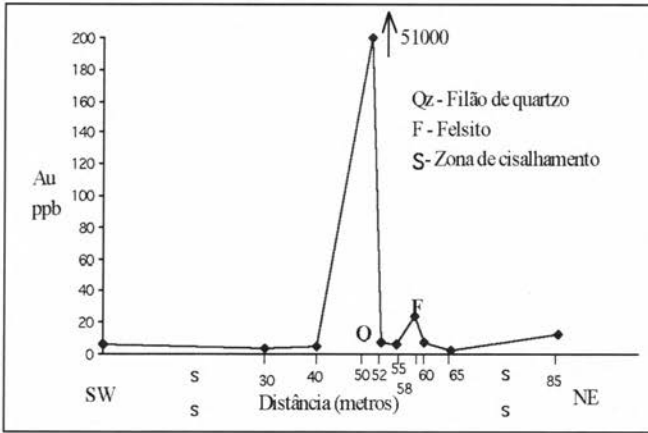


Fig. 3-b – Distribuição do Au em rochas do perfil das Gatas.

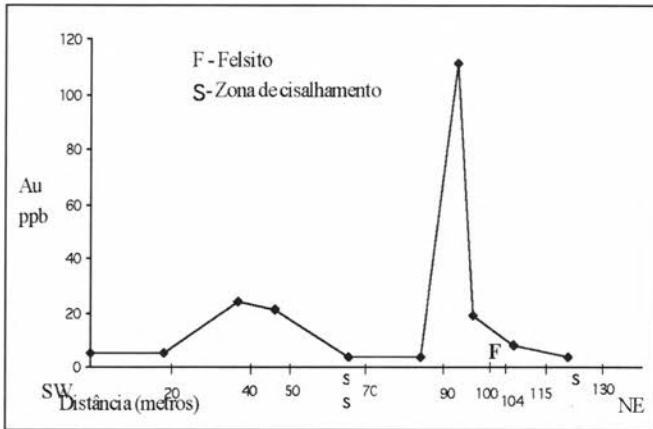


Fig. 3-c – Distribuição do Au em rochas do perfil da Goula.

A tectónica parece influenciar, em certa medida, a distribuição litogeoquímica do ouro já que as rochas na zona de cisalhamento contêm, em média, concentrações de 20 ppb quando comparadas com a generalidade dos metassedimentos (10 ppb Au), de acordo com os resultados indicados no Quadro VI. Todavia, é de reter que zonas junto de falhas maiores não parecem estar afectadas por enriquecimentos sensíveis de ouro (ver fig. 2). Esta tendência concorda com conclusões obtidas por PIRAJNO e BAGAS (2002), que atribuem um controlo estrutural por zonas de “shear” a mineralizações múltiplas que ocorrem na China e por outros autores (BONNEMAISON e MARCOUX, 1989; BONNEMAISON *et al.*, 1989; CAMERON, 1989; FERCOUS e LEBLANC, 1989).

Quadro VI – Teores de Au, As e Sb em metapelitos em zona de cisalhamento e fora dela

Tipos de amostras	ppb Au	ppm As	ppm Sb
Metapelitos em zona de “shear” (n=26)	20	43	29
Metapelitos fora da influência de zona de “shear” (n=10)	10	<20	<20

Devido a alguma dificuldade na detecção de teores baixos de Au, dado que a fiabilidade analítica se situou em cerca de 8 ppb, recorreu-se a uma metodologia de análise multielementar por forma a permitir a interpretação conjunta dos dados do ouro com outros elementos traço susceptíveis de constituir “pathfinders” relativamente a mineralizações auríferas. Este tipo de metodologia litogeoquímica multielementar tem sido perfilhada, com certo sucesso, por vários autores (XUEGING e XUEQUIN, 1991; NURMI e LESTINEN, 1991; RASILAINEN, 1993; BORNHOST *et al.*, 1993; KOMOV, 1994; CASTRO REIS *et al.*, 1997; SANTOS OLIVEIRA *et al.*, 2001). As associações geoquímicas encontradas para o ouro tendem a mostrar certa especificidade, afigurando-se diferentes das definidas para outros estilos de mineralização hipogénica (SANTOS OLIVEIRA, 1991; 1991a). A aplicação de técnicas estatístico-matemáticas aos dados multielementares pode contribuir para sustentar a interpretação (SANTOS OLIVEIRA e ÁVILA, 1997; REIS *et al.*, 1998; RIBEIRO, 1998; SANTOS OLIVEIRA *et al.*, 2001).

Do cálculo dos coeficientes de correlação resultou que a associação do ouro com os outros elementos metalíferos não é a mesma, quer se trate dos metassedimentos, em geral, ou das rochas mineralizadas (filões e felsitos). No primeiro caso, o Au associa-se preferencialmente ao As, Mo, B e Be (coeficientes de 0.86, 0.57, 0.73, 0.84, respectivamente) enquanto, no segundo, se liga fortemente ao As, Mo, Cu e Sr (coeficientes de 0.99, 0.51, 0.70 e 0.85) e mantém correlações negativas com o B, Be e Sn. Em ambos não existe simpatia estatística evidente do Au com o Sb, ou com o W. Estes resultados sugerem que os fenómenos hidrotermais tardios podem ter interferido na redistribuição geoquímica dos elementos e que a mineralização aurífera não se afigura estar relacionada com a de antimónio, nem

com as de volfrâmio e estanho. Alguma indiferença litogeoquímica entre mineralizações de Au e de Sn-W tem sido demonstrada noutras áreas mineiras do país, como as de Góis e Jales (SANTOS OLIVEIRA, 1991; 1991a; 1993).

Quadro VII – Resultados da Análise em Componentes Principais (ACP) sobre os dados de 21 variáveis químicas (elementos traço) nas rochas da área de Gatas-Pomar (n=59). Dados normalizados com rotação Varimax dos eixos

Componentes	Valores Próprios	% Variância	% Variância Cumulada			
1	7.24	34.5	34.5			
2	3.23	15.4	49.9			
3	2.52	12.0	61.9			
4	2.03	9.7	71.6			
5	1.29	6.1	77.7			
6	1.03	4.9	82.6			

Variável	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	Comp. 4	Comp. 5	Comp. 6
Au	-0.05	0.10	0.39	0.70	0.10	0.22
As	-0.02	0.08	0.07	0.89	0.09	0.30
Cu	-0.20	-0.50	-0.75	-0.22	0.02	0.03
Pb	0.05	0.28	-0.01	0.16	0.20	0.62
Zn	0.07	-0.09	0.10	0.08	0.19	0.78
Sb	0.62	0.15	0.08	-0.03	-0.02	0.64
Mo	0.02	-0.01	-0.05	0.84	-0.08	-0.15
Cr	-0.09	-0.52	0.07	-0.01	-0.70	-0.17
Ni	-0.05	-0.93	-0.18	-0.07	-0.04	-0.02
Co	0.00	-0.96	-0.14	-0.02	0.04	-0.01
V	-0.14	-0.21	-0.86	-0.22	0.16	-0.15
Ba	-0.09	0.36	-0.87	0.07	0.13	0.10
Rb	0.41	0.45	0.01	0.32	0.56	0.39
Sr	0.79	-0.02	0.24	0.02	0.20	0.03
B	0.67	0.25	0.31	0.13	0.41	0.35
Zr	-0.10	0.07	0.06	0.01	-0.84	-0.17
W	0.87	0.01	0.02	-0.08	-0.05	0.08
Sn	0.35	0.12	0.71	-0.01	0.53	0.14
Be	0.33	0.09	0.69	0.08	0.50	0.24
P	0.71	-0.10	0.44	0.06	0.45	-0.06
Mn	0.02	-0.78	0.13	-0.01	-0.17	-0.15

Os valores dos pesos factoriais dentro do domínio ± 0.50 não foram considerados significativos.

O tratamento matemático multivariado de 21 atributos químicos, a partir da Análise em Componentes Principais (ACP), segundo DAVIS (1973), permitiu a extração de 6 componentes significativos com valores próprios maiores do que a unidade, responsáveis por 82.6 % da variância total dos dados (Quadro VII). A matriz dos pesos factoriais obtida é de interpretação complexa devido ao número elevado de componentes portadores de significado estatístico, sendo função da diversidade litológica amostrada e das diversas expressões de mineralização que

ocorrem na região. Da análise dos resultados, em conjunto com a representação gráfica exibida na figura 4, foi possível identificar várias tendências geoquímicas, tais como:

- Ligação consistente entre as mineralizações volfrâmica e antimonífera existentes nos filões e felsitos, com possível interferência de minerais da ganga, como apatite e turmalina; componente 1 definido pela associação W-Sb-P-B-Sr.
- Presença de uma assinatura litológica caracterizada pela presença de diabases; componente 2 formado pela associação Ni-Co-Cr-Mn.
- Indícios da existência de mineralização estanífera; componente 3 caracterizado pela associação Sn-Be com prováveis fosfatos (P) em oposição a alguns elementos litogénicos (predominância do Ba e V).
- Influência moderada da mineralização aurífera (explicada apenas por cerca de 10% da variância total dos dados), salientando-se que o ouro se correlaciona intimamente com o As e Mo no componente 4.
- Existência de um factor litológico correlacionável com os diques pré-Variscos; componente 5 dominado pelo par Zr-Cr em oposição ao Rb e Be.
- Persistência de uma assinatura litogeoquímica, ainda que débil, indiciadora de mineralização de metais básicos; componente 6 caracterizado pela associação Zn-Pb-Sb.

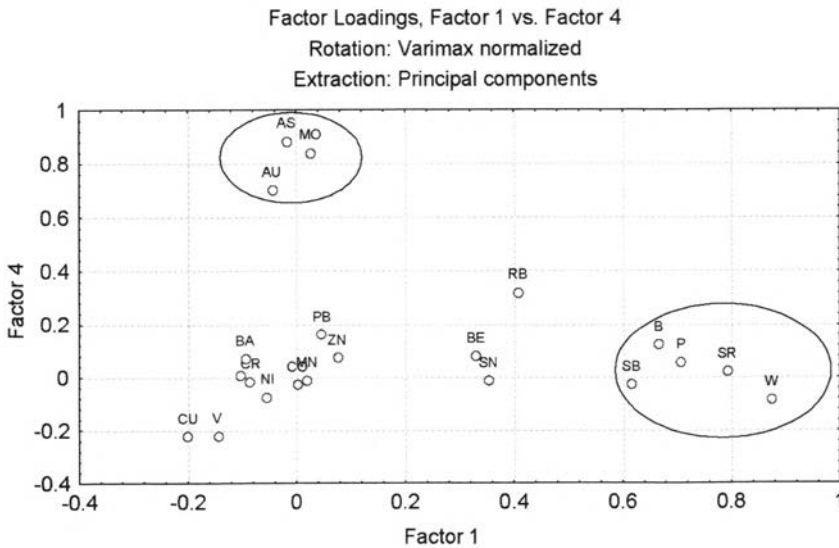


Fig. 4 – Resultados da ACP. Componente 4 versus componente 1 mostrando as associações do ouro e o antagonismo com a mineralização de tungstênio-antimônio.

Os resultados obtidos mostram evidências de alguma mineralização de ouro na área de Sarzedas, se atentarmos na magnitude de alguns dos teores encontrados nos filões quartzosos e nos felsitos e na extensão dos afloramentos, não obstante a variabilidade espacial e o carácter algo aleatório desses mesmos teores. A associação do Au, enquanto elemento com características siderófilas, com o As, Mo e (Cu) deve ser acatada, já que as respectivas relações geoquímicas são algo consistentes. Por outro lado, a estatística sugere certa independência (se não antagonismo) entre os índices de ouro e outros estilos de mineralização na área, o que poderá estar relacionado com a existência plural de eventos metalogenéticos separados no tempo (HUSTON *et al.*, 2002). Tendências idênticas são relativamente frequentes em diversos tipos de depósitos auríferos dispersos pelo mundo (BACHE, 1987). Autores vários têm referido tais aspectos, como por exemplo: BONNEMAISON *et al.* (1989), que enfatizam que a existência de correlações Au-As em zonas de cisalhamento constitui uma assinatura geoquímica característica de regiões auríferas de França; CLARKE e GOVETT (1990) e KERRICH (1989), que admitem o Mo como “pathfinder” de mineralizações auríferas; RASILAIEN (1993), que cita enriquecimentos de 2 vezes em Mo relativamente a valores de fundo em rochas sedimentares associadas a mineralizações de ouro; e o próprio BACHE (1987), que sublinha a existência de associações frequentes de Au com Cu em vários tipos de depósitos, na medida em que são elementos do mesmo grupo (Ib) do Quadro Periódico.

Anote-se, entretanto, que alguns solos amostrados junto dos locais das minas de Gatas e da Barroca da Santa apresentam concentrações muito elevadas de Au (médias na ordem dos 81 g/ton e 83 g/t, respectivamente). Também os teores em sedimentos colhidos na vizinhança das minas de Pomar e Gatas confirmam uma dispersão de ouro em quantidades moderadamente anómalas na área de estudo (média de 30 ppb Au). Verificou-se que outros elementos com teores anómalos acompanham o Au, de acordo com processos dispersivos habitualmente sobreponíveis no ambiente secundário (GRIMES *et al.*, 1995), tendo-se determinado médias de 1770 ppm As, 8220 ppm Pb, 540 ppm Zn, 48670 ppm Sb, 1340 ppm W nos solos e de 340 ppm Zn e 60 ppm Sb nos sedimentos.

5. RESUMO DE CONCLUSÕES

O presente estudo litogeoquímico mostrou que a área de Sarzedas contém anomalias de ouro em certos locais e litologias. Delinearam-se controlos de natureza litológica e estrutural na distribuição primária do metal, na medida em que litotipos particulares, como filões quartzosos (frequentemente brechificados) e felsitos, são portadores de teores de Au com algum significado, enquanto rochas associadas

mais estreitamente a zonas de “shear” se afiguram ocorrer quimicamente enriquecidas em relação à generalidade dos metassedimentos da área. A grande variabilidade das concentrações de Au nessas rochas e uma clara evolução, em termos de teores, no sentido metapelitos → metapelitos proximais de estruturas mineralizadas → felsitos → filões quartzosos sugerem uma origem epigenética para a mineralização.

A análise estatística e matemática dos dados litogeoquímicos aponta para um antagonismo dos índices de ouro com as mineralizações de W-Sb e Sn e até com possíveis índices de metais básicos (Zn-Pb-Sb) detectados na área.

A metodologia de análise e de interpretação de dados utilizada, com recurso à análise química conjunta do Au e de outros elementos “pathfinder” nos metassedimentos, revelou-se útil com vista à delineação dos estilos de mineralização existentes e de locais anómalos em ouro.

Os resultados obtidos apontam para a conveniência em se aprofundar a investigação (e a prospecção) na área de Sarzedas se se pretender proceder a uma avaliação, de forma mais definitiva, da extensão e quantidade da mineralização de ouro. Neste contexto, devem ser pesquisados, com maior grau de favorabilidade, os dois tipos de estruturas onde se detectaram os teores mais interessantes (filões quartzosos e felsitos), concedendo-se particular atenção às zonas brechificadas e de intersecção de fracturas. A confirmar-se a existência de resultados positivos consistentes, poderia equacionar-se um modelo geológico, com possível interesse económico, sustentado em jazidas com grande tonelagem e baixos teores de ouro associáveis, simultaneamente, a ambas unidades litológicas.

AGRADECIMENTOS

O estudo em apreço foi realizado no âmbito do contrato de investigação Praxis nº 2/2.1/CTA/81/94, pelo que se agradece à Fundação da Ciência e Tecnologia (FCT) o apoio financeiro recebido para esse efeito.

A preparação das amostras necessárias aos estudos laboratoriais e a realização das análises tiveram lugar nos sectores adequados do Laboratório do IGM, sob a orientação da Eng.^a Manuela Amarante (tratamento das amostras), Eng.^a Maria Eugénia Moreira (análises por FRX), Dr.^a Maria José do Canto (análises por Espectrometria de Plasma) e Dr.^a Maria Adelaide Ferreira (Potenciometria, no doseamento do ouro). A Eng.^a Paula Ávila manipulou os dados, com utilização de diversas técnicas estatísticas e matemáticas à disposição. O sr. Carlos Alberto Fernandes elaborou as peças desenhadas. Nas tarefas de amostragem, no terreno, participou activamente o sr. Adriano Rodrigues.

BIBLIOGRAFIA

- BACHE, J.J. (1987) – World Gold Deposits. A Geological Classification. North Oxford Academic, 179 pp.
- BEAUDOIN, A., PERRAULT, G. e BOUCHARD, M. (1987) – Distribution of gold, arsenic, antimony and tungsten around the Dest-Or orebody, Noranda district, Abitibi, Quebec. *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 28, pp. 41-70.
- BIERLEIN, F.P., FULLER, T., STUWE, K., ARNE, D.C. e KEAYS, R.R. (1998) – Wall-rock alteration associated with turbidite-hosted gold deposits. Examples from the Palaeozoic Lachlan fold belt in central Victoria, Australia. *Ore Geology Reviews*, vol. 13, pp. 345-380.
- BIERLEIN, F.P., ARNE, D.C., MCKNIGHT, J. Lu, REEVES, S., BESANKO, J., MAREK, J. e COOKE, D. (2000) – Wall-rock petrology and geochemistry in alteration halos associated with mesothermal gold mineralization, Central Victoria, Australia. *Economic Geology*, vol. 95, pp. 283-312.
- BOIRON, M.C., CATHELINÉAU, M., BANKS, D., YARDLEY, B.W., NORONHA, F. e MILLER, M.F. (1996) – P-T-X conditions of late Hercynian fluid penetration of granite-hosted Au-quartz veins in NW Iberia: a multidisciplinary study of fluid inclusions and their chemistry. *Geochimica and Cosmochimica Acta*, vol. 60, pp. 43-57.
- BONNEMAISON, M., BONNEFOY, D. e BRAUX, C. (1989) – Geochemical signatures of gold-bearing shear zones in the Variscan basement, France. *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 32, pp. 51-52.
- BONNEMAISON, M. e MARCOUX, E. (1989) – Auriferous mineralisation in some shear zones: a three stage model of metallogenesis. *Mineralium Deposita*, vol. 26, pp. 96-104.
- BORNHORST, T.J., RASILAINEN, K. e NURMI, P.A. (1993) – Chemical character of lithologic units in the late Archean Hattu Schist Belt, Ilomantsi, Eastern Finland. *Geological Survey of Finland, Special Paper*, vol. 17, pp.133-145.
- CAMERON, E. (1989) – Derivation of gold by oxidative metamorphism of a deep ductile shear zone; Part I -Conceptual model. *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 31, pp. 135-147.
- CASTRO REIS, M.L., MOREIRA, M.E., BRAVO SILVA, P., ÁVILA, P.H., ALVES FERREIRA, M.A., SIMÕES, M. e SANTOS OLIVEIRA, J.M. (1997) – Mineralogical and geochemical features of metasedimentary rocks associated to one case of Au-Sb hydrothermal mineralization in Portugal. *Comunicações do IGM*, tomo 83, pp. 29-42.
- CATHELINÉAU, M., BOIRON, M.C., ESSERAJ, S., BARAKAT, A., GARCIA PALOMERO, F., URBANO, R., TOYOS, J.M., FLORIDO, P., PEREIRA, E.S., MEIRELES, C., FERREIRA, N., CASTRO, P., NORONHA, F., DÓRIA, A., RIBEIRO, M.A., BARRIGA, F., MATEUS, A., YARDLEY, B. e BANKS, D. (1993) – Major structural factors of Au concentrations in the northwestern Iberian Massif (Spain-Portugal): a multidisciplinary and multiscale study. In Fenol-Hach-Ali, P. Torres-Ruiz, J. & Gervilla, F. (Eds.), *Universidad de Granada*, pp. 613-616.
- CLARKE, D.S. e GOVETT, G.J.S. (1990) – Southwest Pacific epithermal gold: a rock geochemistry perspective. *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 35, pp. 225-240.
- CONDIE, K.C.(1993) – Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales. *Chemical Geology*, vol. 104, pp.1-37.
- COUTO, H. (1993) – As mineralizações de Sb-Au da região Dúrico-Beirã. Tese para Doutorado, Fac. Ciências da Universidade do Porto, 463 pp.+ anexos.

- DAVIS, J.C. (1973) – Statistics and Data Analysis in Geology. John Wiley & Sons, Inc., New York, London, Sydney, Toronto, 550 pp.
- DOMINY, S.C., ANNELS, A.E., JOHANSEN, G.F. e CUFFLEY, B.W. (2000) – General considerations of sampling and assaying in a coarse gold environment. Transactions Institute of Mining and Metallurgy, Section B, vol, 109, pp. B145-B167.
- EISENLOHR, B.N., GROVES, D. e PARTINGTON, G.A. (1989) – Crustal-scale shear zones and their significance to Archean gold mineralization in Western Australia. Mineralium Deposita, vol. 24, pp.1-8.
- FARINHA, J., SANTOS OLIVEIRA, J.M., RODRIGUES, L.V., MARTINS, L.P., SHEPHERD, T.J., NADEN, J., CONDE, L.N. e FERREIRA PINTO, A.F. (1998) – Investigations concerning the gold potential of the Penamacor area in Central Portugal: initial results based on a multidisciplinary geological, mineralogical and geochemical approach. Comunicações do IGM, tomo 84, fasc. 2, pp. F27-F29.
- FERKOUS, K. e LEBLANC, M. (1995) – Gold mineralization in the West Hoggar shear zone, Algeria. Mineralium Deposita, vol. 30, pp. 211-224.
- GADIYATOV, V.G. e BIRYNL'KIN, G.V. (1992) – Background Au levels in the Precambrian greenstones in the Temulyakit-Tungurcha folded zone, West Aldan Shield. Geochemistry International, vol. 29, nº 1, pp. 138-141.
- GAO, Z.L. e KWAK, T.A.P. (1997) – The geochemistry of wall rock alteration in turbidite-hosted gold vein deposits, central Victoria, Australia. Journal of Geochemical Exploration, vol. 59, pp. 259-274.
- GONZALEZ-CLAVIJO, E.J., ORTEGA, C., FLORIDO, P. e LOCUTURA, J. (1994) – El control estructural de las mineralizaciones auríferas en la zona de Pino, provincia de Zamora (España). Boletim Geológico y Minero, vol. 105-2, pp. 178-189.
- GOVETT, G.J.S. (1983) – Handbook of Exploration Geochemistry. Volume 3: Rock Geochemistry in Mineral Exploration. Elsevier Scientific Publishing Company, 461 pp.
- GRAVILENKO, B.V. (1994) – Gold in spitsbergen rocks. Geochemistry International, vol. 31, nº 7, pp. 107-114.
- GRIMES, D.J., FICKLIN, W.H., MEIER, A.L. e MCHUGH, J.B. (1995) – Anomalous gold, antimony, arsenic and tungsten in ground water and alluvium around disseminated gold deposits along the Getchell trend, Humboldt County, Nevada. Journal of Geochemical Exploration, vol. 52, pp. 351-371.
- HUSTON, D.L., SUN, SHEN-SU, BLEWETT, R., HICKMAN, A., VAN KRANENDONK, M., PHILIPS, D., BAKER, D. e BRAUHART, C. (2002) – The timing of mineralization in the Archean North Pilbara terrain, Western Australia. Economic Geology, vol. 97, pp. 733-755.
- KERRICH, R. (1989) – Geochemical evidence on the sources of fluids and solutes for shear zone hosted mesothermal Au deposits. In Mineralization and Shear Zones, Editor J.T. Burnsnall. Chapter 5, pp.129-197. Geological Association of Canada.
- KERRICH, R. e WYMAN, D.A. (1997) – Review of developments in trace-element fingerprinting of geodynamic settings and their implications for mineral mineral exploration. Australian Journal of Earth Sciences, vol. 44, pp. 465-487.
- KOMOV, I.C. (1994) – Geochemical element associations on gold deposits. Geochemistry International, vol. 31, nº 11, pp. 62-71.
- KOROBENNIKOV, A.F. (1995) – Comparison of gold levels in black shales from crustal structures in various ages. Geochemistry International, vol. 32, nº 9, pp. 19-37.
- MENHERT, K.R. (1969) – Composition and abundance of common metamorphic rock types. In Handbook of Geochemistry. Edited by K.H. Wedephol. Springer-Verlag Berlin, pp. 272-296.

- MUIR, T.L. (2001) – The Hemlo gold deposit, Ontario, Canada: principal deposit characteristics and constraints on mineralization. *Ore Geology Reviews*, vol. 21, pp. 1-66.
- NEIVA, J.M.C. (1986) – Mineralizações de Jales -os filões do Campo Desvio. Relatório interno da Companhia de Jales, 120 pp.
- NEIVA, J.M.C. e NEIVA, A.M.R. (1990) – The gold area of Jales (northern Portugal). *Terra Research*, pp. 245-256.
- NEUMAYR, P. e HAGEMANN, S.G. (2002) – Hydrothermal fluid evolution within the Cadillac tectonic zone, Abitibi Greenstone Belt, Canada: Relationship to auriferous fluids in adjacent second and third-order shear zones. *Economic Geology*, vol. 97, pp.1203-1225.
- NORONHA, F., CATHELINÉAU, M., BOIRON, M.C., BANKS, D.A., DÓRIA, A., RIBEIRO, M.A., NOGUEIRA, P. e GUEDES, A. (2000) – A three stage fluid model for Variscan gold metallogenesis in northern Portugal. *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 71, pp. 209-224.
- NURMI, P.A e LESTINEN, P. (1991) – Pathfinder elements in gold exploration based on multielement pilot studies of mesothermal deposits in selected Late Archean and Early Proterozoic terrains. *Proceedings of the Symposium Brazil Gold'91*, Belo Horizonte. A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield. Editor E.A. Ladeira, pp. 751-758.
- O'CONNOR, P.J. e GALLAGHER, V. (1994) – Gold prospectivity in the Caledonides of southeast Ireland: application of the upper-crustal reservoir model. *Transactions of Institute of Mining and Metallurgy*, section B, vol. 103, pp. B175-B187.
- PEREIRA, E. e MEIRELES, C. (1998) – Metais preciosos em Portugal. Situação da investigação geológica e mineira. *Estudos, Notas e Trabalhos do IGM*, tomo 40, pp. 3 -34.
- PEREIRA, E., RIBEIRO, A. e MEIRELES, C. (1993) – Variscan shear zones and control of Sn-W, Au and U mineralizations in the Central-Iberian Zone in Portugal. *Caderno Laboratório Xeológico de Laxe, Coruña*, vol. 18, pp. 89-119.
- PIRAJNO, F. e BAGAS, L. (2002) – Gold and silver metallogeny of the South China Fold Belt: a consequence of multiple mineralizing events? *Ore Geology Reviews*, vol. 20, pp. 109-126.
- PRATAS, J.S. (1998) – Estudos de poluição na zona envolvente das minas das Sarzedas (Castelo Branco). XIII Encontro Nacional do Colégio de Engenharia de Minas, Funchal, 9 pp.
- RAMSAY, W.R.H, BIERLEIN, F.P., ARNE, D.C. e VANDENBERG, A.H.M. (1998) – Turbidite-hosted gold deposits of Central Victoria, Australia: their regional setting, mineralising styles and some genetic constraints. *Ore Geology Reviews*, vol. 13, pp. 131-151.
- RASILAINEN, K. (1993) – Differences in geochemistry of Au and the semimetals As, Bi and Te in gold occurrences in the late Archean Hattu schist Belt, Ilomantsi, Eastern Finland. *Geological Survey of Finland, Special Paper* vol. 18, pp.113-117.
- REIS, A.P. (1997) – Geoquímica de superfície no envolvente da mineralização de Marrancos: contribuição para o estudo da mobilização e da optimização dos parâmetros de prospecção do ouro na faixa metalífera Vila Verde-Ponte da Barca. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para obtenção do Grau de Doutor em Geociências, Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro, 250 pp.
- REIS, A.P., MARTINS, L.P., VIEGAS, L. e CARDOSO FONSECA, E. (1998) – Contribuição da análise em componentes principais para a identificação das assinaturas geoquímicas de profundidade e superficiais no depósito aurífero de Marrancos (Vila Verde-Ponte da Barca). *Geociências da Universidade de Aveiro*, vol. 12, fasc. 1-2, pp.1-16.
- RIBEIRO, M.A.M. (1998) – Estudo litogeoquímico das formações metassedimentares encaixantes de mineralizações em Trás-os-Montes. Implicações metalogenéticas. Tese de Doutoramento apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 231 pp.

- ROMÃO, J.M.C. (1991) – A geologia da região compreendida entre o rio Erges e a serra de Moradal. Arquivos do IGM, 141 pp.
- ROMÃO, J.M.C. (2000) – Estudo tectono-estratigráfico de um segmento do bordo SW da Zona Centro-Ubérica e as suas relações com a Zona Ossa-Morena. Tese de Doutoramento apresentada à Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, 323 pp.
- ROMBERGER, S.B. (1988) – Geochemistry of gold in hydrothermal deposits. United States Geological Survey, Bulletin 1957-A, pp. A9-A25.
- SAAGER, R., MEYER, M. e MUFF, R. (1982) – Gold distribution in supracrustal rocks from Archean Greenstone Belts of Southern Africa and from Palaeozoic Ultramafic Complexes of the European Alps: metallogenic and geochemical implications. *Economic Geology*, vol. 77, pp. 1-34.
- SALMINEN, R e TARVAINT, T. (1997) – The problem of defining geochemical baselines. A case study of selected elements and geological materials in Finland. *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 60, pp. 91-98.
- SANTOS OLIVEIRA, J.M. e FARINHA, J. (1986) – Estudos de geoquímica aplicada na região aurífera vizinha de Três Minas, V.P. Aguiar, norte de Portugal. *Estudos, Notas e Trabalhos do SFM*, tomo 29, pp. 3-25.
- SANTOS OLIVEIRA, J.M. (1991) – The role of litho-geochemistry in the delineation of Au and Sn-W mineralisation in schist terrains of the Góis region, Central Portugal. *Estudos, Notas e Trabalhos da DGGM*, tomo 33, pp. 9-19.
- SANTOS OLIVEIRA, J.M. (1991a) – Casos de investigação litogeoquímica aplicados à prospecção de mineralizações de ouro-prata e estanho-volfrâmio. *Abstracts do 3º Congresso Brasileiro de Geoquímica*, S. Paulo, 2º volume, pp.531-534.
- SANTOS OLIVEIRA, J.M. (1993) – Rock geochemistry applied to Au and Sn-W exploration in granitic terrains of the Vila Pouca de Aguiar region, Northern Portugal. *Estudos, Notas e Trabalhos do IGM*, tomo 35, pp. 3-20.
- SANTOS OLIVEIRA, J.M. (1993a) – Geochemical patterns of vein muscovites from the Jales-Vila Pouca de Aguiar region, northern Portugal. An example of mineral geochemistry with application to ore exploration. *Estudos, Notas e Trabalhos do IGM*, tomo 35, pp. 91-100.
- SANTOS OLIVEIRA, J.M. e ÁVILA, P.H. (1997) – Geochemical characteristics of gold-hosted metasedimentary rocks as a guide for mineral exploration. *Mineral Deposits*, Papunen Editors, pp.301-304.
- SANTOS OLIVEIRA, J.M., FARINHA, J. e CASTRO REIS, M.L. (2001) – Ouro e outros elementos traço em metassedimentos da área de Pedrógão (Penamacor, centro de Portugal). *Estudos, Notas e Trabalhos do IGM*, tomo 43, pp. 57-86.
- SHEPHERD, T.J., NADEN, J. e MILLER, M.F. (1993) – Fluid geochemistry and related ore mineral studies of precious mineral deposits, Western Iberian Peninsula. Final Report, vol. II, Contrato CEC (DGXII) nº MA2M-0032.
- SHEPHERD, T. e SANTOS OLIVEIRA, J.M. (1994) – Integrated Multidisciplinary Exploration Techniques for Gold and Precious Metals in the Western Iberian Peninsula. Final Report, vols. I, II (141 pp. + pp. não numeradas). Contrato CEC (DGXII) nº MA2M-0032.
- SHEPHERD, T.J., SANTOS OLIVEIRA, J.M. e SANDERSON, D.J. (1995) – Contribution for the knowledge of gold metallogenesis in the Western Peninsula. *Estudos, Notas e Trabalhos do IGM*, tomo 37, pp.3-10.
- SIMÕES, M., ROMÃO, J.M., SANTOS OLIVEIRA, J.M., REIS, M.L. e OLIVEIRA, J.T. (1993) – Mineralization in a shear zone: an example from the Sarzedas-Galdins-Pomar area, Iberian Central Zone. Abstract em Suplemento nº 6 de *Terra Nova*, vol.5, p. 7.

- SMITH, J. (1987) – Relatório técnico de trabalhos de prospecção e pesquisa realizados na concessão das gatas e na área do contrato. Relatório da Indumetal em arquivo no IGM.
- SMITH, J. (1988) – Área de prospecção de Sarzedas. Relatório da Indumetal em arquivo no IGM.
- STONE, P., COOK, J.M., MCDERMOTT, J.J. e SIMPSON, P.R. (1995) – Lithostratigraphic and structural controls on distribution of As and Au in southwest Southern Uplands. Transactions of Institution of Mining and Metallurgy, Section B, vol. 104, pp. B111-B119.
- TOMÁS OLIVEIRA, J. SEQUEIRA, J. e ROMÃO, J. (1994) – Relatório sobre a geologia das regiões de Sarzedas e Vila de Rei. In Integrated Multidisciplinary Exploration Techniques for Gold and Precious Metals in the Western Iberian Peninsula. Final Report, vol. II, Contrato CEC (DGXII) n° MA2M-0032.
- VINOGRADOV, A.P. (1962) – Average contents of chemical elements in the principal types of igneous rocks of the earth's crust. Geochemistry, vol. 7, pp. 641-664.
- XUEGING, X. e XUEQUIN, W. (1991) – Geochemical exploration for gold: a new approach to an old problem. Journal of Geochemical Exploration, vol. 40, pp. 25-48.
- WEDEPHOL, K.H. (1969) – Gold in Handbook of Geochemistry, Volume II-5. Edited by K.H. Wedephol. Springer-Verlag Berlin, Sections 79-B a 79-O.
- ZEGERS, T.E., BARLEY, M.E., GROVES, D.I., MCNAUGHTON, N.J. e WHITE, S.H. (2002) – Oldest gold: Deformation and hydrothermal alteration in the early Archean shear zone-hosted Bamboo Creek deposit, Pilbara, Western Australia. Economic Geology, vol. 97, pp. 757-773.