

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA TERRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA
1999

IMPACTE AMBIENTAL DE ANTIGAS EXPLORAÇÕES MINEIRAS NA REGIÃO DE SEGURA

ISABEL MARGARIDA HORTA RIBEIRO ANTUNES

CENTRO DE GEOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA TERRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA
1999

IMPACTE AMBIENTAL DE ANTIGAS EXPLORAÇÕES MINEIRAS NA REGIÃO DE SEGURA

Dissertação apresentada para
obtenção do grau de mestre em
Geociências (especialidade Geologia
do Ambiente e Ordenamento do
Território) na Universidade de
Coimbra

ISABEL MARGARIDA HORTA RIBEIRO ANTUNES

CENTRO DE GEOCIÊNCIAS

A meus pais

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho apenas foi possível com o apoio de várias pessoas e instituições às quais pretendo expressar os meus sinceros agradecimentos.

O primeiro agradecimento é dirigido à Professora Doutora Ana Margarida R. Neiva, minha orientadora científica, por me ter proposto o estudo do impacte ambiental de antigas explorações mineiras na região de Segura para tema deste trabalho. Os muitos conhecimentos transmitidos ao longo de todo o trabalho, a leitura paciente e atenta do texto, bem como a permanente disponibilidade no esclarecimento de dúvidas ou outras situações, aliadas à confiança transmitida, permitiram a finalização desta dissertação. Agradeço, ainda, o seu forte empenhamento que possibilitou a realização de dois estágios na Universidade de Bristol, Inglaterra, que muito enriqueceram a minha experiência científica e pessoal, bem como o trabalho apresentado numa Conferência Internacional realizada em Creta (Grécia).

À Professora Doutora Maria Manuela da Vinha G. Silva, minha co-orientadora científica, agradeço a atenção e disponibilidade dispensada no reconhecimento de campo, recolha de amostras e trabalho laboratorial, bem como no esclarecimento de dúvidas ao longo de todo o trabalho. A sua revisão crítica do texto permitiu um enriquecimento no conteúdo deste.

Ao Dr. F. Gomes da Silva, os meus sinceros agradecimentos pela incansável ajuda na recolha de amostras de água e no laboratório químico, sem a qual seria difícil a realização das diferentes determinações químicas de águas apresentadas. Agradeço, ainda, a revisão crítica e transmissão de conhecimentos diversos ao longo do trabalho e a constante disponibilidade, acompanhada de uma palavra amiga optimista, na resolução de qualquer problema.

Ao Professor Doutor A. F. Ferreira Pinto, Presidente do Departamento de Ciências da Terra no período deste trabalho, agradeço as facilidades laboratoriais concedidas e a aquisição de equipamento indispensável à determinação de parâmetros hidrofísicos fundamentais.

Ao Professor Doutor José Carlos Marques, Director do Instituto do Mar, Pólo de Coimbra, a cedência de aparelhos para determinação dos parâmetros hidrofísicos da água e sua disponibilidade para tal.

Agradeço: ao Engenheiro Victor V. P. Borralho e Dr. João Farinha, do Instituto Geológico e Mineiro, a cedência para consulta de relatórios internos desta instituição; ao Prof. Doutor M. R. Machado Leite a autorização e ao Doutor J. M. Farinha Ramos a constante disponibilidade para utilização da Microsonda Electrónica e realização de microfotografias, e a ajuda do Sr. F. Santos; ao Engenheiro Laurentino Rodrigues, a transmissão de diversas informações relativas ao Projecto de Prospeccção de Minérios na faixa de Góis-Segura; à Dr. Maria José M. Canto a determinação de alguns elementos químicos nas águas, por plasma indutivo.

Ao Director da Escola Superior Agrária, do Instituto Politécnico de Castelo Branco, J. Várzea Rodrigues, ao Dr. Fernando Queirós Monteiro, Engenheira Ofélia M. S. Anjos, Engenheira Cristina M. M. Alegria e Engenheira Lília J. T. Alexandre uma palavra de agradecimento pelas facilidades, encorajamento e ajuda concedidas que possibilitaram, de algum modo, a conclusão deste trabalho.

Ao Prof. Bernard J. Wood do Department of Earth Sciences da Universidade de Bristol, agradeço ter-me dado a possibilidade de realizar dois estágios no seu Departamento para analisar minerais, por microsonda, com a ajuda do Dr. Stuart Kearns, deste Departamento.

Agradeço: à Sr^a D. M. Georgina Bettencourt, a ajuda indispensável no laboratório químico; ao Sr. A. Teixeira a ajuda nalgumas separações de minerais; aos Srs. A. Silva e S. Gouveia a execução de todas as lâminas delgadas e polidas; ao pessoal da biblioteca as

informações cedidas; à Dr. Elsa M. C. Gomes a ajuda na execução de microfotografias, no Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra.

À Professora Doutora M. Manuela Abreu, do Departamento de Ciências do Ambiente do Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa, agradeço a disponibilidade, esclarecimento de dúvidas e cedência de material diverso.

Ao Professor Doutor J. M. Coteló Neiva uma palavra de gratidão por algumas sugestões relativas à geologia e estruturas mineralizadas da região.

À Rita, Filipa, Joaquim, Nelson e Sr. Manuel G. Silva, agradeço a ajuda e companheirismo nos trabalhos de campo, e à povoação de Segura, em geral, as várias informações, disponibilidade e simpatia transmitidas ao longo de todo o trabalho.

À Marina C. Pinto uma grande palavra amiga de agradecimento pela constante disponibilidade e paciência na ajuda da resolução de qualquer imprevisto.

À minha Família, o amor, carinho, encorajamento e força.

Aos meus Pais, por tudo.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	III
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	X
RESUMO	XIII
1 INTRODUÇÃO	1
2 GEOLOGIA	3
2.1. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO	3
2.2. GEOLOGIA DA REGIÃO	5
2.3. FILÕES MINERALIZADOS	6
3 PETROGRAFIA	8
3.1. PETROGRAFIA DAS ROCHAS GRANÍTICAS	8
3.2. PETROGRAFIA DOS FILÕES DE QUARTZO MINERALIZADOS	13
3.3. PETROGRAFIA DAS ROCHAS DE METAMORFISMO DE CONTACTO	13
4 GEOQUÍMICA DOS MINERAIS DAS ROCHAS GRANÍTICAS E FILÕES DE QUARTZO MINERALIZADOS	17
4.1. MÉTODOS ANALÍTICOS	17
4.2. FELDSPATOS	18
4.3. FILOSSILICATOS	25
4.3.1. BIOTITES	25
4.3.2. CLORITES	25
4.3.3. MOSCOVITES	31
4.3.4. COEXISTÊNCIA DE MICAS	37
4.3.5. LEPIDOLITE	38
4.4. TURMALINA	41
4.5. TOPÁZIO	45
4.6. CASSITERITE	46
4.7. COLUMBITE	51
4.8. VOLFRAMITE	54
4.9. FOSFATOS	56
4.9.1. APATITE	56
4.9.2. SOUZALITE	58
4.9.3. AMBLIGONITE - MONTEBRASITE	59
4.10. SULFURETOS E SULFOSAIS	60
4.10.1. PIRROTITE	60
4.10.2. COBALTITE	62
4.10.3. ARSENOPIRITE	62
4.10.4. PIRITE	64
4.10.5. BLENDAS	64
4.10.6. CALCOPIRITE	65
4.10.7. MATILDITE E SCHAPBACHITE	66
4.10.8. GALENA	67
4.10.9. ESTANITE	67
4.11. BARITE	68
4.12. PRODUTOS DE ALTERAÇÃO	69
4.12.1. FARMACOSIDERITE	69
4.12.2. ANGLESITE, PIROMORFITE, FOSFATO DE Fe E Pb	70
4.12.3. LIMONITE	71
5 GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE LINHAS DE ÁGUA E DE SOLOS	72
5.1. GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE LINHAS DE ÁGUA	72
5.2. GEOQUÍMICA DE SOLOS	82

6	GEOQUÍMICA DAS ÁGUAS	84
6.1.	MÉTODOS DE AMOSTRAGEM	84
6.2.	MÉTODOS ANALÍTICOS	86
6.2.1.	ANÁLISES <i>IN SITU</i>	86
6.2.2.	DETERMINAÇÃO DOS ANIÕES	87
6.2.3.	DETERMINAÇÃO DOS CATIONES	89
6.2.4.	DETERMINAÇÃO DO RESÍDUO SECO	91
6.3.	ANÁLISES QUÍMICAS DAS ÁGUAS	91
6.3.1.	BALANÇO ANIÃO - CATIONE	91
6.3.2.	PARÂMETROS HIDROFÍSICOS	98
6.3.2.1.	CONDUTIVIDADE ESPECÍFICA	100
6.3.2.2.	TEMPERATURA	100
6.3.2.3.	pH	101
6.3.2.4.	Eh	101
6.3.2.5.	OXIGÉNIO DISSOLVIDO	101
6.3.3.	COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS ÁGUAS	102
6.3.3.1.	DIAGRAMAS DE PIPER	105
6.3.3.2.	DIAGRAMAS DE STIFF	108
6.3.3.3.	CLASSIFICAÇÃO DE SCHOELLER	110
6.3.3.4.	CLASSIFICAÇÃO DE SOULINÉ E AL - RUWAIH	111
6.3.4.	ÍNDICE DE SATURAÇÃO DO SÓDIO	113
6.3.5.	ANÁLISE DE CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS DAS ÁGUAS	116
7	AVALIAÇÃO DO IMPACTE AMBIENTAL	118
7.1.	SEDIMENTOS DE LINHAS DE ÁGUA E SOLOS	118
7.2.	ÁGUAS DE POÇOS, NASCENTES, LINHAS DE ÁGUA E PEQUENAS RETENÇÕES	119
8	CONCLUSÕES	122
	BIBLIOGRAFIA	125
	ANEXOS	134
	ANEXO I - COMPOSIÇÕES MODAIS DAS ROCHAS GRANÍTICAS DE SEGURA	135
	ANEXO II - COMPOSIÇÕES QUÍMICAS E FÓRMULAS ESTRUTURAIS DAS ROCHAS DE METAMORFISMO DE CONTACTO DE SEGURA	136
	ANEXO III - COMPOSIÇÕES QUÍMICAS E FÓRMULAS ESTRUTURAIS DOS SULFURETOS DA REGIÃO DE SEGURA	143
	ANEXO IV - COMPOSIÇÕES QUÍMICAS E FÓRMULAS ESTRUTURAIS DOS PRODUTOS DE ALTERAÇÃO DOS SULFURETOS DA REGIÃO DE SEGURA	153
	ANEXO V - ANÁLISES QUÍMICAS DAS ÁGUAS DA REGIÃO DE SEGURA	155
	ANEXO VI - CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DA REGIÃO DE SEGURA	158

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 1 - Localização e enquadramento da região em estudo na Península Ibérica e Unidades geotectónicas do Maciço Hespérico	4
Fig. 2 - Enquadramento geológico da área, representada na carta geológica de Portugal, 1/500000 (1992)	4
Fig. 3 - Carta geológica da região de Segura (adaptada de Carvalho, 1998)	6
Fig. 4 - Projecção das rochas graníticas de Segura no triângulo de classificação das Rochas ígneas da I.U.G.S. (Le Bas e Streckeisen, 1991)	9
Fig. 5 - Microfotografias de rochas graníticas de Segura	10
Fig. 6 - Microfotografias do pegmatito granítico de Cabeço Queimado	12
Fig. 7 - Microfotografias de microsonda electrónica de filões de quartzo mineralizados	15
Fig. 8 - Diagrama An-Ab-Or dos feldspatos das rochas graníticas de Segura	23
Fig. 9 - Teor de P ₂ O ₅ em plagioclase e feldspato potássico coexistentes de rochas graníticas de Segura	24
Fig. 10 - Projecção da biotite das rochas graníticas de Segura no diagrama MgO-FeO _{total} -Al ₂ O ₃ de Nockolds (1947)	27
Fig. 11 - Projecção da biotite das rochas graníticas de Segura no diagrama de Foster (1960a)	27
Fig. 12 - Diagrama MgO-FeO _{total} -Al ₂ O ₃ para as biotites das rochas graníticas de Segura, segundo Gokhale (1968)	28
Fig. 13 - Projecção da biotite das rochas graníticas de Segura no diagrama Al _{total} versus Mg, segundo Nachit et al. (1985)	28
Fig. 14 - Diagramas de variação da biotite das rochas graníticas de Segura	29
Fig. 15 - Classificação de orto-clorites e clorites oxidadas, segundo Deer et al. (1962)	30
Fig. 16 - Diagramas de variação da clorite de rochas graníticas e filões de quartzo com barite, galena e blenda	32
Fig. 17 - Diagrama (Fe ²⁺ +Mg) - (Al ^{IV} +Al ^{VI}) para a moscovite das rochas graníticas e filões de quartzo mineralizados da região de Segura	34
Fig. 18 - Diagramas de variação da moscovite das rochas graníticas e dos filões de quartzo mineralizados da região de Segura	35
Fig. 19 - Diagramas Mg - Al ^{IV} +Al ^{VI} - Fe+Mn para a moscovite das rochas graníticas e filões de quartzo mineralizados da região de Segura	36
Fig. 20 - Diagramas de distribuição entre biotite e moscovite do granito de duas micas da região de Segura	37

	Pág.
Fig. 21 - Lepidolite do pegmatito granítico de Segura projectada no diagrama composicional de moscovite litinífera e lepidolite, segundo Deer et al. (1962)	39
Fig. 22 - Projecção da lepidolite do pegmatito granítico de Segura, no diagrama triangular Li-R ³⁺ -R ²⁺ de Foster (1960b)	40
Fig. 23 - Diagramas de variação da moscovite e lepidolite do pegmatito granítico de Segura	41
Fig. 24 - Projecção das turmalinas das rochas graníticas de Segura nos diagramas composicionais: a. Mg versus Fe, b. R3 versus R1+R2; segundo London & Manning (1995)	43
Fig. 25 - Projecção da escorlite das rochas graníticas de Segura no diagrama composicional Al _{total} -Fe-Mg, segundo Henry & Guidotti (1985)	43
Fig. 26 - Diagramas de variação das escorlites das rochas graníticas de Segura	44
Fig. 27 - Diagramas de variação de topázios do pegmatito granítico de Segura e soleiras aplitopegmatíticas estaníferas e litiníferas da região do Seixo Amarelo-Gonçalo	46
Fig. 28 - Correlação entre Nb e Ta em cassiterites do pegmatito granítico e filão de quartzo com cassiterite e volframite de Segura	48
Fig. 29 - Diagrama (Nb,Ta)-(Sn,W,Ti)-(Fe-Mn)	49
Fig. 30 - Diagrama (Nb,Ta)-Sn-Ti	50
Fig. 31 - Diagrama Sn versus (Nb+Ta) para as cassiterites do pegmatito granítico e filões de quartzo com cassiterite e volframite da região de Segura	50
Fig. 32 - Diagrama Nb ⁵⁺ em função de Ta ⁵⁺ de columbites do pegmatito granítico de Cabeço Queimado, Segura	52
Fig. 33 - Diagrama (Nb,Ta)-(Sn,Ti,W)-(Fe,Mn)	53
Fig. 34 - Composições das exsoluções de columbites do pegmatito granítico de Cabeço Queimado, Segura	53
Fig. 35 - Diagramas de variação da columbite do pegmatito de Cabeço Queimado, Segura	54
Fig. 36 - Diagrama de variação composicional das volframites do filão de quartzo com cassiterite e volframite de Segura	56
Fig. 37 - Diagrama de variação e correlação P-Ca das apatites de rochas graníticas e filões de quartzo com barite, galena e blenda de Segura	58
Fig. 38 - Diagramas de variação da montebrasite e natromontebrasite do pegmatito granítico de Segura	60
Fig. 39 - Diagrama de variação para a cobaltite do pórfiro granítico e filão de quartzo com barite, galena e blenda (Eiras do Gordo)	62

	Pág.
Fig. 40 - Composições químicas de arsenopirites de filões de quartzo com cassiterite e volframite de Segura	63
Fig. 41 - Diagrama S-(Fe+Ni+Co)-(As-Sb) para pirites do pórfiro granodiorítico e filões de quartzo de Segura	64
Fig. 42 - Diagrama Fe-Zn-Mn para blendas de filões de quartzo de Segura	65
Fig. 43 - Diagrama composicional de Fe-Zn-Cu para a calcopirite	66
Fig. 44 - Correlação entre Ag-Bi e Bi-Pb para matildite e schapbachite do filão de quartzo com cassiterite e volframite de Segura	67
Fig. 45 - Diagramas de correlação: a. Sr-Ba; b. S-Ba da barite dos filões de quartzo com barite, galena e blenda	69
Fig. 46 - a. Teores de Sn em sedimentos de linhas de água e solos.....	73
b. Teores de W em sedimentos de linhas de água e solos	74
c. Teores de B em sedimentos de linhas de água e solos.....	75
d. Teores de As em sedimentos de linhas de água e solos.....	76
e. Teores de Cu em sedimentos de linhas de água e solos.....	77
f. Teores de Ba em sedimentos de linhas de água e solos.....	78
g. Teores de Pb em sedimentos de linhas de água e solos.....	79
h. Teores de Zn em sedimentos de linhas de água e solos.....	80
Fig. 47 - Localização dos pontos de amostragem de água na região de Segura	85
Fig. 48 - Variação sazonal de condutividade específica e oxigénio dissolvido nas águas da região de Segura. a., b. condutividade específica ($\mu\text{S}/\text{cm}$); c. pH; d. oxigénio dissolvido (mg/l)	99
Fig. 49 - Variação sazonal da composição química das águas da região de Segura	
a. Na (mg/l); b. Ca (mg/l); c. Mg (mg/l); d. Mn (mg/l)	103
e. Zn (mg/l); f. As (mg/l); g. Cl (mg/l); h. resíduo seco (mg/l)	104
Fig. 50 - Diagramas de Piper para as águas da região de Segura	
a., b. - época seca (Julho, 1997; Outubro, 1996)	106
c., d. - época de chuva (Dezembro, 1996; Março, 1997)	107
Fig. 51 - Diagramas de Stiff para as águas da região de Segura	109
Fig. 52 - Projecção das águas da região de Segura	
a. Águas colhidas na época seca	114
b. Águas colhidas na época de chuva	115
Fig. 53 - Correlações entre variáveis das águas	117

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela I - Composições modais médias das rochas graníticas de Segura	8
Tabela II - Petrografia dos filões de quartzo com cassiterite e volframite de Segura	14
Tabela III - Petrografia dos filões de quartzo com barite, galena e blenda de Segura	16
Tabela IV - Composições químicas e fórmulas estruturais dos feldspatos potássicos de rochas graníticas de Segura	19
Tabela V - Composições químicas e fórmulas estruturais das plagioclases de rochas graníticas de Segura	20
Tabela VI - Zonamento dos feldspatos potássicos de granitos de Segura	21
Tabela VII - Zonamento das plagioclases de granitos de Segura	22
Tabela VIII - Teor de fósforo dos feldspatos coexistentes de rochas graníticas de Segura	23
Tabela IX - Teor de fósforo dos feldspatos de rochas graníticas de Segura	24
Tabela X - Composições químicas e fórmulas estruturais de biotites das rochas graníticas da região de Segura	26
Tabela XI - Composições químicas e fórmulas estruturais de clorites das rochas graníticas e filão de quartzo com barite, galena e blenda de Segura	31
Tabela XII - Composições químicas e fórmulas estruturais de moscovites das rochas graníticas e filões de quartzo mineralizados da região de Segura	33
Tabela XIII - Composições químicas e fórmulas estruturais da lepidolite do pegmatito granítico de Segura	38
Tabela XIV - Composições químicas e fórmulas estruturais de turmalinas das rochas graníticas de Segura	42
Tabela XV - Composições químicas e fórmulas estruturais de topázio do pegmatito granítico de Segura	45
Tabela XVI - Composições seleccionadas de cassiterites do pegmatito granítico de Cabeço Queimado e de filões de quartzo com cassiterite e volframite de Segura	47
Tabela XVII - Composições químicas seleccionadas da zona escura da cassiterite progressivamente afastada de uma exsolução de columbite	48
Tabela XVIII - Composições químicas e fórmulas estruturais das exsoluções de columbite na cassiterite do pegmatito de Cabeço Queimado, Segura	52
Tabela XIX - Composições químicas e fórmulas estruturais de exsoluções zonadas de manganocolumbite da cassiterite do pegmatito de Cabeço Queimado, Segura	54
Tabela XX - Composições químicas e fórmulas estruturais de volframite do filão de quartzo com cassiterite e volframite de Santa Marina, Segura	55

	Pág.
Tabela XXI - Composições químicas e fórmulas estruturais de apatites das rochas graníticas e filões de quartzo de Segura	57
Tabela XXII - Composição química média de souzalite do granito moscovítico de Segura	58
Tabela XXIII - Composições químicas e fórmulas estruturais de montebrasite e natromontebrasite do pegmatito granítico de Cabeço Queimado, Segura	59
Tabela XXIV - Análises químicas médias para alguns sulfuretos da região de Segura	61
Tabela XXV -Variação da composição química de cristais isolados de arsenopirite dos filões de quartzo com cassiterite e volframite de Segura	63
Tabela XXVI -Variação da composição química de cristais isolados de blenda dos filões de quartzo com barite, galena e blenda (Eiras do Gordo, Segura)	66
Tabela XXVII - Composições químicas e fórmulas estruturais da barite dos filões de quartzo com barite, galena e blenda de Segura	68
Tabela XXVIII - Composição química de farmacosiderite dos filões de quartzo com cassiterite e volframite de Segura	69
Tabela XXIX - Composições químicas de produtos de alteração da galena dos filões de quartzo com barite, galena e blenda de Segura	70
Tabela XXX - Composição química de limonite dos filões de quartzo com barite, galena e blenda (Vale de Lobos, Segura)	71
Tabela XXXI - Parâmetros físico-químicos determinados " <i>in situ</i> ", métodos de determinação e suas unidades de medida	86
Tabela XXXII - Erros analíticos nas determinações " <i>in situ</i> "	87
Tabela XXXIII - Metodologia utilizada na determinação dos aniões, seus limites de detecção e unidades dos resultados	88
Tabela XXXIV - Erros analíticos na determinação dos aniões	88
Tabela XXXV - Condições de operação utilizadas na absorção atômica, limites de detecção e unidades dos catiões	89
Tabela XXXVI - Erros analíticos nas determinações dos catiões por absorção atômica ...	90
Tabela XXXVII - Condições de operação, limites de detecção e unidades dos catiões determinados por emissão de plasma	90
Tabela XXXVIII - Valores médios, desvio padrão e coeficientes de variação obtidos em três intervalos de valores na determinação do resíduo seco	91
Tabela XXXIX - Resultados obtidos nas águas da região de Segura durante a seca mais intensa (Julho, 1997)	92
Tabela XL - Resultados obtidos nas águas da região de Segura durante a seca menos intensa (Outubro, 1996)	93

	Pág.
Tabela XLI - Resultados obtidos nas águas da região de Segura durante a chuva menos intensa (Março, 1997)	94
Tabela XLII - Resultados obtidos nas águas da região de Segura durante a chuva mais intensa (Dezembro, 1996)	95
Tabela XLIII - Resultados de alguns elementos analisados por plasma indutivo em águas da região de Segura durante a seca menos intensa (Outubro, 1996)	96
Tabela XLIV - Balanço de massas entre catiões e aniões nas águas da região de Segura ..	97
Tabela XLV - Relação entre resíduo seco calculado e resíduo seco determinado nas águas da região de Segura	98
Tabela XLVI - Sequência de aniões e catiões e suas fácies na classificação de Schoeller.....	110
Tabela XLVII - Classificação de Schoeller para as águas da região de Segura	111
Tabela XLVIII - Classes definidas para a condutividade específica	111
Tabela XLIX - Tipos de água definidos com base em relações iônicas	112
Tabela L - Classificação de Souliné para as águas da região de Segura	112
Tabela LI - Classificação de Al-Ruwaih para as águas da região de Segura	113
Tabela LII - Índices de saturação em sódio para as águas da região de Segura	116
Tabela LIII - Intervalos de teores nos solos de Segura e valores máximos propostos pela Norma Canadiana (1991) para diferentes áreas de ocupação do solo	119
Tabela LIV - Valores máximo recomendado e máximo admissível para águas de consumo humano e destinadas à rega (Decreto-Lei nº 236/98)	120

RESUMO

Na região de Segura ocorrem granito de grão médio a grosseiro de duas micas que domina, granito de grão fino moscovítico, filões de pórfiro granodiorítico, filões aplíticos, aplito-pegmatíticos estaníferos, filões de quartzo com cassiterite e volframite e filões de quartzo com barite, galena e blenda. A geoquímica dos minerais das rochas graníticas e filões de quartzo indicam que os dois granitos correspondem a dois magmas distintos não relacionados; o pegmatito granítico estanífero ter-se-à formado por diferenciação magmática do granito de duas micas; os filões de quartzo com cassiterite e volframite estão relacionados com o pegmatito e os filões de quartzo com barite, galena e blenda correspondem a uma geração mais tardia. Além disso, os filões aplíticos estão relacionados com o granito moscovítico.

Nas rochas graníticas, o feldspato potássico retém mais P_2O_5 do que a plagioclase coexistente, mas não houve fraccionação de fósforo entre eles. As observações texturais e geoquímicas mostram que o pegmatito granítico tem quartzo, feldspatos, moscovite, topázio, hidroxiapatite, montebrasite e natromontebrasite primários, mas a lepidolite substitui parcialmente a moscovite. As moscovites hidrotermais dos filões de quartzo são mais ricas em Mg, Fe+Mn+Mg, Mg/(Mg+Fe) e teor de celadonite e mais pobres em Al^{VI} , $Al^{IV}+Al^{VI}$ e teor de paragonite dos que as moscovites magmáticas das rochas graníticas. Entre as moscovites dos filões de quartzo, as mais ricas em Al^{IV} e mais pobres em F e teor de paragonite pertencem aos filões de quartzo com barite, galena e blenda. A cassiterite dos filões de quartzo com cassiterite e volframite tem Fe » Mn e é mais rica em Ti e mais pobre em Nb, Ta, W, Mn, (Ta+Nb)/(Fe+Mn) do que a cassiterite do pegmatito granítico estanífero com Mn » Fe. A cassiterite do pegmatito apresenta exsoluções de manganocolumbite e manganio-ferrocolumbite. A volframite destes filões de quartzo tem Fe » Mn e mostra zonamento com aumento em Mn, Mn/Fe e decréscimo em Fe do bordo para o núcleo do cristal.

A maior variedade de sulfuretos, analisados por microsonda, foi encontrada nos filões de quartzo com cassiterite e volframite, que contém pirrotite monoclinica, arsenopirite levemente zonada (alterada para farmacosiderite), pirite, blenda, calcopirite e estanite e ainda os sulfossais matildite e schapbachite. Nos filões de quartzo com barite, galena e blenda, além destes sulfuretos encontraram-se cobaltite, pirite e calcopirite. A galena apresenta alterações para anglesite, piromorfite e fosfato de Fe e Pb.

Os solos e sedimentos de linhas de água de Segura apresentam anomalias de Sn, W, B, As e Cu relacionadas com os filões de quartzo com cassiterite e volframite e anomalias de Ba, Pb e Zn relacionadas com os filões de quartzo com barite, galena e blenda. A contaminação destes solos em As, Sn, B e Ba indica não poderem ser utilizados para actividades agrícolas e residenciais e a contaminação em As impede o seu uso para actividades industriais. Além disso, as águas de nascentes, linhas de água e pequenas retenções não devem ser usadas para consumo humano, mas genericamente podem ser utilizadas para a rega de terrenos agrícolas. A contaminação das águas analisadas em As, Fe, Mn e Zn é devida principalmente às explorações mineiras abandonadas, enquanto a contaminação em SO_4^{2-} , NO_3^- e NO_2^- é atribuída a contaminação antrópica.

1 INTRODUÇÃO

Os riscos ambientais associados à exploração mineira constituem um tema relativamente recente entre as comunidades científica e empresarial. Há alguns anos atrás, a exploração mineira era dominada pelo melhor aproveitamento económico das jazidas minerais. Contudo, actualmente, assiste-se a uma exploração capaz de garantir a protecção ambiental das áreas envolventes susceptíveis de serem agredidas no futuro. O desenvolvimento mineiro verdadeiramente sustentado tem de incluir uma componente ambiental (Allan, 1995; Baratin, 1996), sendo necessária a existência de normas e regulamentos para protecção do ambiente e da saúde humana (Santos Oliveira & Ávila, 1995). Contudo, em Portugal, a problemática dos riscos ambientais associados à exploração mineira apenas começou a ser incluída nos projectos mineiros após 1990, através de normas legais com maior incidência para a protecção do ambiente (Ferreira da Silva, 1999).

As actividades mineiras, em ambiente subterrâneo ou a céu aberto, têm provocado impactes ambientais em todo o seu ambiente envolvente, devido à forte possibilidade de contaminação de águas, solos, sedimentos e vegetação, através da dispersão e acumulação de elementos químicos tóxicos nesses materiais e biótopos. Na área envolvente de minas abandonadas é frequente a existência de anomalias geoquímicas de metais pesados, com associações que definem “ assinaturas geoquímicas ” específicas e relacionadas com as paragénese onde se inserem. Os sulfuretos e outros minérios associados (Sn, W) constituem uma das fontes mais significativa e poluente de metais com elevado efeito nocivo no meio ambiente. Os efluentes líquidos de uma mina com pH ácido, aumentam o poder de dissolução e transporte dos elementos químicos tóxicos num ecossistema aquático; sendo responsáveis por algumas catástrofes ecológicas que ao sofrer bioacumulação podem ter consequências nefastas na cadeia alimentar até atingir o próprio homem. A actividade mineira pode ser responsável por diferentes ataques ao equilíbrio ambiental que vão desde o impacte físico e paisagístico aos impactes hidroquímicos, geoquímicos e biogeoquímicos (Santos Oliveira, 1997).

A curto prazo, Portugal terá necessidade do reconhecimento de todas as anomalias geoquímicas distribuídas pelo país, com identificação de “ pontos negros ” associados à exploração mineira e seus produtos, de modo que seja criado um enquadramento legal para gestão de locais contaminados, com adopção de valores de referência para solos. Só assim é possível a implementação de técnicas de biorremediação e de monitorização (Santos Oliveira, 1997; Ferreira da Silva, 1999).

É do conhecimento comum que a actividade mineira exerce uma influência significativa nos ciclos da matéria e da energia no meio ambiente natural, pelo que tem fundamental importância, o estudo das interferências e influências dos elementos químicos considerados tóxicos, particularmente quando em concentrações anómalas. Contudo, os ciclos antropogénicos actuais são muitas vezes mais poluentes que os ciclos naturais. A poluição antropogénica é provocada maioritariamente por produtos utilizados na agricultura e resultantes do deficiente saneamento básico das regiões.

Este trabalho visa o estudo do impacte ambiental associado a antigas explorações mineiras abandonadas de Sn-W e Ba-Pb-Zn, que ocorrem na região de Segura, facilmente identificadas pela presença de depressões e amplas escombrelas; causando um impacte visual negativo.

A geologia da região de Segura, petrografia dos granitos, filões de pórfiro granodiorítico, filões aplíticos graníticos, filões aplito-pegmatíticos graníticos estaníferos, filões de quartzo com cassiterite e volframite e filões de quartzo com barite, galena e blenda e geoquímica dos seus minerais permitiram interpretações petrogenéticas e caracterização das mineralizações.

Avaliaram-se as consequências ambientais das explorações mineiras abandonadas sobre os solos, sedimentos de linhas de água e águas superficiais e subsuperficiais.

O Serviço de Fomento Mineiro, no âmbito do Projecto de Prospecção de Volfrâmio, Estanho e Minerais Associados na Faixa de Góis-Segura, a cargo da Divisão de Prospecção de Minérios Metálicos, realizou vários estudos no decurso do final da década de 80, tendo como principal objectivo a caracterização pormenorizada da área. Estes estudos incluíram várias áreas de prospecção e tiveram por incidência primordial a investigação de algumas zonas de concentrações anómalas, bem como a definição de prováveis estruturas mineralizadas com potencialidades para exploração futura. Embora, actualmente, estes trabalhos estejam suspensos, foi possível o acesso a resultados de análises de mineralometria e sedimentos de linhas de água; constituintes da base para definição de anomalias geoquímicas em solos. Os resultados foram utilizados e classificados com vista à possível ocupação agrícola, residencial e industrial dos solos, de acordo com a Norma Canadiana (Canadian Council of Ministers of the Environment, 1991).

Na avaliação do impacte ambiental das águas da região, realizou-se um conjunto de análises químicas em dezassete pontos de água distribuídos pelas diferentes unidades litológicas da zona envolvente das mineralizações. As análises de água incluíram a determinação dos principais parâmetros hidrofísicos e de um vasto conjunto de iões mais prováveis de ocorrer na região, ao longo de quatro colheitas, duas em época de seca e duas em época de chuva; de modo a estudar o comportamento sazonal dos seus constituintes. Caracterizaram-se as águas de poços, nascentes, linhas de água e pequenas retenções do ponto de vista de consumo humano e utilização para rega, com base nos limites de qualidade definidos no Decreto-Lei nº 236/98.

2 GEOLOGIA

2.1. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

A região estudada está representada na Fig. 1, onde pode ser observada a sua localização e enquadramento nas unidades geotectónicas do Maciço Hespérico. Localiza-se na extremidade Este da Zona Centro Ibérica representada em Portugal, marcando o seu prolongamento para Espanha.

A geologia regional é caracterizada predominantemente por formações xisto-metagrauvas pertencentes ao Grupo das Beiras individualizando-se a Formação do Rosmaninhal e a Formação de Malpica (Fig. 2), ambas de idade ante-Ordovícica (Carta geológica, 1/500 000, 1992).

A Formação do Grupo das Beiras é caracterizada por afloramentos extensos e monótonos onde alternam filitos e metagrauvas; conferindo-lhe características das séries do tipo "flysch". Os filitos são, predominantemente, argilosos, finos a muito finos passando a argilo-gresosos quase grés fino, micáceos. Os metagrauvas, menos abundantes que os filitos, alternam com estes. Caracterizam-se pela presença de clastos quártzicos e feldspáticos finos, com alguns elementos líticos rolados, englobados numa matriz quartzo-micácea, com moscovite e biotite cloritizada. Muitas vezes, ocorre a transformação do cimento em matéria cristalina por recristalização parcial deste (Carvalho, 1988). A xistosidade regional orienta-se NW/SE, vertical (Thadeu, 1951).

Toda a região foi sujeita, essencialmente, a duas fases de dobramento principais com fracturação intensa e diaclasamento. A primeira fase de deformação, ante-hercínica, originou dobras abertas de plano axial NE/SW, vertical e com eixo próximo da vertical. Este dobramento Sardo, com vergência para Este, foi afectado por uma segunda fase de dobramento hercínico. O dobramento hercínico, com carácter polifásico, foi marcado por uma primeira fase muito intensa originando dobras bastante apertadas, de direcção NW/SE, de eixo subhorizontal com forte xistosidade de plano axial, conferindo à região a xistosidade regional. Esta fase, conjuntamente com o forte estiramento da fase Sarda, originou fendas de tracção subhorizontais. A deformação, com dobramento e fracturação, traduziu-se num metamorfismo regional da fácies dos xistos verdes que não ultrapassa a zona da clorite (Carvalho, 1988).

A formação ante-Ordovícica foi intruída por diversos plutonitos graníticos, tardi- a pós-hercínicos relativamente à terceira fase de deformação hercínica, distribuídos por toda a Beira Baixa (Fig. 2). A nível regional domina o granito de grão médio a grosseiro, porfiróide, de duas micas passando frequentemente ao granito de grão médio, moscovítico (Thadeu, 1951). Estas duas fácies graníticas contactam numa faixa de transição com uma largura inferior a dois metros, podendo a mais grosseira ser atribuída às condições de consolidação junto da formação encaixante.

As intrusões graníticas produziram uma auréola de metamorfismo de contacto que atinge algumas centenas de metros de largura. Nesta faixa podem surgir corneanas no contacto directo com os granitos.

A intrusão, com compressão máxima NNE/SSW, e consequente arrefecimento e contracção das massas graníticas, promoveu a instalação das estruturas filoneanas distribuídas pela região (Fig. 2). Estas estruturas podem estar associadas a falhas cisalhantes de movimento esquerdo e apresentar orientação variada. Com estas intrusões, posteriores à xistosidade regional, a circulação de fluidos mineralizados possibilitou o preenchimento de fendas de tracção, por filões de quartzo com cassiterite e volframite, associadas ao forte estiramento vertical da primeira fase do dobramento hercínico. Conjuntamente desenvolveram-se cisalhamentos frágeis direitos

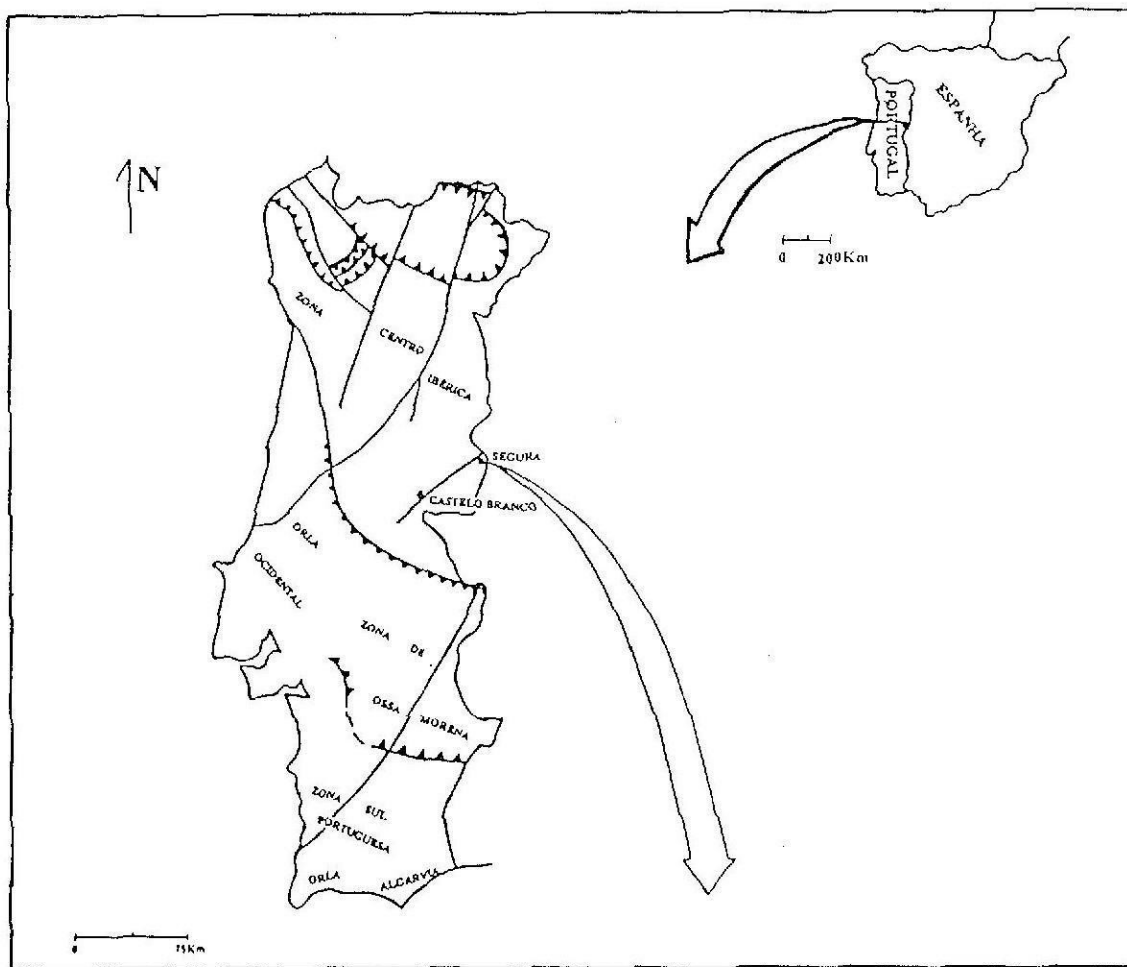



Fig.1

Fig.1 - Localização e enquadramento da região em estudo na Península Ibérica e Unidades geotectónicas do Maciço Hespérico.
(adaptado da carta geológica 1/500 000, 1992)

Fig.2 - Enquadramento geológico da área, representada na carta geológica de Portugal, 1/500 000 (1992).

Grupo das Beiras: C_{BR} - Formação do Rosmanhinal, C_{BM} - Formação de Malpica; γ - granito monzonítico com esparsos megacristais; δ - filões de microdioritos, microandesitos, lamprófiros e doleritos; Ø_C - conglomerados arcóicos do Cabeço do Infante (Beira Baixa).

 - Região de Segura considerada no trabalho.

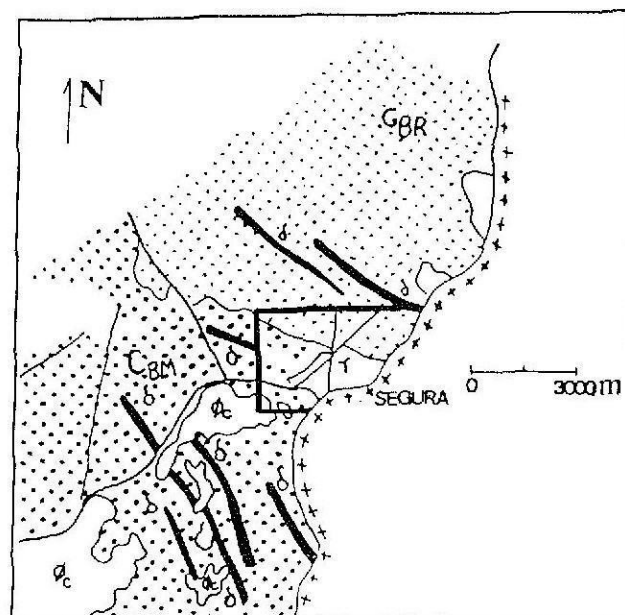


Fig.2

orientados N20E e N10W que afectaram o granito e formaram *kink bands* e falhas de igual orientação no Complexo Xisto-Metagrauváquico (Carvalho, 1988).

Nos plutões graníticos, são evidentes dois campos de fracturação de direcção NE/SW a ENE/WSW e NW/SE. O primeiro coincide com a direcção de fracturação mais recente, N20E, dominante por toda a Beira Baixa e relacionada com a falha do Ponsul, integrada no campo de fracturação NNE/SSW a NE/SW, do prolongamento da falha de Régua-Verim. O campo de fracturação NW/SE é responsável pelas imponentes gargantas do rio Erges. A fracturação tardia pós-hercínica originou falhas N70E a E-W, subverticais, com importante movimentação vertical que, ao sofrer rotação para Este, quando sujeitas a compressão, passam a uma orientação NE/SW a ENE/WSW. Com estas deformações circularam os fluidos de bário, chumbo e zinco, em regime distensivo WNW/ESE das falhas N70E. Os cisalhamentos sofreram rejogo com movimento esquerdo, promovendo o deslocamento métrico dos filões de barite, galena e blenda instalados nas caixas de falha (Carvalho, 1988).

Dispersos pela região ocorrem inúmeros retalhos de depósitos arcósicos do Terceário que cobrem o Complexo Xisto-Metagrauváquico (Fig. 2). Estes materiais são fortemente controlados tectonicamente.

2.2. GEOLOGIA DA REGIÃO

O Complexo Xisto-Metagrauváquico ante-Ordovícico é formado por uma sucessão alternante de filitos cloríticos e metagrauvaques com intercalações de metaconglomerados e mármore. O metamorfismo regional atingiu a fácies dos xistos verdes (zona da clorite).

O plutonito de Segura aflora numa área de cerca de 4 km² (Fig. 3). É sintectónico da terceira fase hercínica. Ocorre no prolongamento do "Plutão de Cabeza da Arraya" que aflora nas imediações de Cáceres, passando a Norte de Alcântara até Portugal Continental. Os magmas graníticos intruíram o Complexo Xisto-Metagrauváquico e produziram uma auréola de metamorfismo de contacto com espessura média superior a 500 m, onde localmente foram distinguidas a zona externa, com cerca de 480 m de espessura, de micaxistos com porfiroblastos de cordierite alterados para sericite e a zona interna, não contínua, com cerca de 20 m de espessura é de corneana.

O granito de grão médio a grosseiro de duas micas é o dominante e passa lateralmente ao granito de grão médio a fino moscovítico. O grau de alteração é relativamente elevado no contacto entre os granitos.

Os pórfiros granodioríticos são subverticais, de direcção N45-60°W, ocorrem na parte norte da área, cortando o Complexo Xisto-Metagrauváquico. Estão associados a falhas cisalhantes de movimento esquerdo e têm espessura geralmente métrica. Localmente apresentam foliação com orientação N50-70°W, subparalela aos contactos.

Os filões aplíticos, aplito-pegmatíticos e filões de quartzo cortam os granitos e o Complexo Xisto-Metagrauváquico. Estes filões estão relacionados com os granitos. Os filões aplíticos e filões de quartzo com cassiterite e volframite apresentam-se geralmente orientados segundo NW/SE a WNW/ESE, enquanto os filões aplito-pegmatíticos estaníferos orientam-se segundo NE/SW e os filões de quartzo-barite-galena-blenda têm orientação preferencial ENE/WSW a NNE/SSW.

Os depósitos de cobertura, de carácter arcósico, estão representados por dois pequenos retalhos, a Sudoeste da povoação de Segura, que cobrem discordantemente o Complexo Xisto-Metagrauváquico (Fig. 3). Estão incluídos nos Conglomerados arcósicos do Cabeço do Infante (Carta geológica 1/500 000, 1992), de idade Eo-Oligocénica.

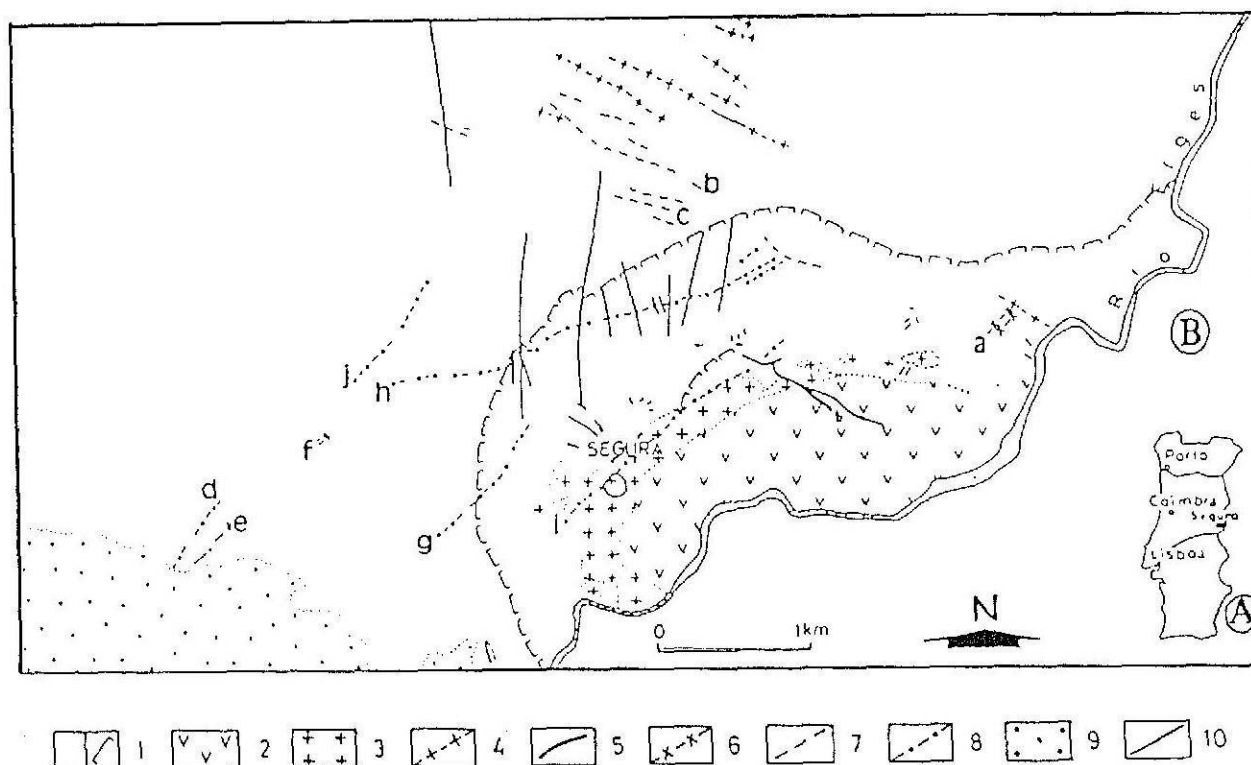


Fig. 3 - Carta geológica da região de Segura (adaptada de Carvalho, 1988)

A. Localização da área estudada em Portugal Continental. B. Mapa geológico da área. 1. Complexo Xisto-Metagrauváquico e limites das zonas interna e externa de metamorfismo de contacto; 2. granito de duas micas; 3. granito moscovítico; 4. pórfiros granodioríticos; 5. filões aplíticos; 6. filões aplito-pegmatíticos estaníferos; 7. filões de quartzo com cassiterite e volframite; 8. filões de quartzo com barite, galena e blenda; 9. arcoses; 10. falhas. a. filões aplito-pegmatíticos estaníferos de Cabeço Queimado; filões de quartzo com cassiterite e volframite; b. Santa Marina; c. Papa Queijo; filões de quartzo com barite, galena e blenda; d. Vale de Lobos N°3/W; e. Vale de Lobos N°3/E; f. Vale de Lobos N°4/SW; g. Eiras do Gordo; h. Ferranheira-Ribeira do Calvário-Bouchal do Paulo; i. Pereiro-Horta da Calçada; j. Fonte dos Ferreiros.

2.3. FILÕES MINERALIZADOS

As mineralizações de Sn e W e as de Ba e Pb foram exploradas de 1949 a 1953 pela Empresa Mineira de Segura, Lda, tendo produzido as primeiras 100 toneladas de cassiterite e 12 toneladas de volframite e as segundas 525 toneladas de barite e 211 toneladas de galena. Toda a produção associou-se predominantemente à lavagem de depósitos secundários e aluviões, pois as mineralizações primárias possuíam teores muito baixos e eram de trabalhos mais custosos.

Os filões aplíticos e aplito-pegmatíticos estaníferos têm espessura geralmente inferior a 15 cm. Os filões de quartzo são lenticulares. Os filões de quartzo com cassiterite e volframite têm geralmente espessura máxima de 10 cm, mas um filão com 0.5 m foi encontrado. Os filões de quartzo com barite, galena e blenda têm espessura máxima de 3 m. No contacto destes filões com

o granito moscovítico há densas redes de filonetes quartzosos de espessura variando entre 2 e 15 cm e de orientações várias. Os filões produzem efeitos de metassomatismo na rocha encaixante.

Os locais de observação dos filões mineralizados são escassos, pois não afloram à superfície ou quando trabalhados, estão tapados actualmente. Algumas áreas de maior densidade de filonetes subhorizontais foram identificadas pelas escombrelas e depressões deixadas à superfície com os antigos trabalhos. Estas depressões distribuem-se ao longo de uma falha E/W a ENE/WSW, parcialmente preenchida por quartzo e barite, posteriores à instalação do quartzo nas fendas de tracção subhorizontais.

A falha ENE/WSW, 70N separa a área mineralizada, a Norte, da estéril, a Sul e marca o limite Sul das mineralizações. Nesta última é reconhecida a inexistência de quartzo nas fendas de tracção, entre a falha e o granito. A caixa de falha é preenchida por quartzo, barite e óxidos de ferro; indicando uma introdução do material com movimento distensivo e movimentação vertical com levantamento do bloco Sul, posteriormente erodido (Carvalho, 1988).

O filão aplito-pegmatítico estanífero de Cabeço Queimado situa-se a nordeste do plutonito granítico de Segura, cortando o Complexo Xisto-Metagrauváquico, tem orientação N35E, 30SE (Fig. 3 a), com lepidolite e cassiterite evidentes.

Os filões de quartzo com cassiterite e volframite correspondem a fendas de tracção. São geralmente subhorizontais e cortam o Complexo Xisto-Metagrauváquico. A cassiterite é mais abundante nos filões mais próximos dos granitos, enquanto a volframite tende a aumentar nos filões com a distância dos granitos. A cassiterite ocorre próximo do contacto dos filões com a rocha encaixante, enquanto a volframite está disseminada no interior dos filões. Os filões mais importantes são os de Santa Marina e Papa Queijo (Fig. 3 b, c), com direcção N15-60°W.

Os filões de quartzo com barite, galena e blenda mais importantes são os de Vale de Lobos, Eiras do Gordo, Ferranheira-Ribeira do Calvário-Bouchal do Paulo, Pereiro-Horta da Calçada e Fonte dos Ferreiros (Fig. 3 d, e, f, g, h, i, j). O mais espesso (3 m) é o de Vale de Lobos, N°3/W, enquanto o de maior extensão (2500 m) é de Ferranheira-Ribeira do Calvário-Bouchal do Paulo.

Estes filões cortam o granito moscovítico e o Complexo Xisto-Metagrauváquico, mostrando forte relação espacial com os granitos. Houve preenchimento filoneano de falhas ENE/WSW e NNE/SSW. A barite constitui 20 a 30% do filão. A barite maciça é a mais pura e concentra-se onde a quantidade de quartzo é menor, enquanto a barite sacaróide é a menos pura e ocorre em zonas onde o quartzo já é abundante (Carvalho, 1987).

3 PETROGRAFIA

3.1. PETROGRAFIA DAS ROCHAS GRANÍTICAS

As composições modais de várias amostras representativas das diferentes rochas graníticas de Segura foram obtidas com um contador de pontos e apresentam-se no Anexo I. Para cada tipo de rocha, o número de amostras seleccionadas depende da sua heterogeneidade e do tamanho dos seus grãos constituintes.

Os granitos são constituídos por quartzo, feldspato potássico, albite, biotite, clorite, moscovite, apatite, zircão, rútilo e souzalite (Tabela I, a e b). Além disso, o granito de duas micas possui turmalina e silimanite. Como minerais de alteração ocorre clorite e alguma moscovite secundária na plagioclase. Os dois granitos têm textura hipidiomórfica granular, mas a do granito de duas micas é também seriada. Ambos são granitos com feldspatos alcalinos, pois o teor de An das suas plagioclases é inferior a 5% (Fig. 4). O granito moscovítico apresenta, nalguns locais, uma fácies de grão mais fino, com cristais de tamanho variado e rodeado de aglomerados finos de moscovite, feldspatos e quartzo.

Tabela I - Composições modais médias das rochas graníticas de Segura

	a		b		c		d	
	Média	D.pad.	Média	D.pad.	Média	D.pad.	Média	D.pad.
Quartzo	42.1	6.6	31.2	5.6	27.8	5.2	31.1	0.9
K feldspato	20.2	4.7	15.6	6.6	14.9	6.4	26.5	3.7
Plagioclase	26.6	6.0	39.0	9.7	26.7	3.0	22.7	3.7
Biotite	2.7	1.5	0.2	0.3	22.3	5.0	-	-
Clorite	1.2	0.8	-	-	0.3	0.1	-	-
Moscovite	3.1	1.2	13.6	4.0	-	-	16.6	3.9
Moscovite secundária	-	-	0.4	0.1	-	-	1.5	2.0
Turmalina	2.5	2.6	-	-	-	-	1.6	1.0
Sulfuretos	-	-	-	-	8.0	2.9	-	-
Outros	1.6	4.3	-	-	-	-	-	-
N	7		11		6		6	

a - Granito de duas micas; b - granito moscovítico; c - pórfiro granodiorítico; d - aplito granítico. D.pad. - desvio padrão das composições modais. - mineral não encontrado. Sulfuretos: pirite e cobaltite; outros: silimanite e rútilo. N - número de amostras.

Composições modais de I. M. H. R. Antunes.

O quartzo é anédrico com extinção ondulante, nalguns locais, apresenta deformação. Possui inclusões dos outros minerais e algumas fracturas são preenchidas por moscovite.

A microclina é subédrica a anédrica, com macla em cruz mal definida e é micropertítica. Pode ser substituída por turmalina e moscovite secundária que corrói os seus bordos. No granito moscovítico ocorrem, também, cristais subédricos de ortoclase.

A plagioclase subédrica é albite, tanto no granito de duas micas (An_0 - An_5), como no moscovítico (An_0 - An_1). Especialmente no granito de duas micas, a plagioclase está um pouco alterada para moscovite secundária.

A biotite ocorre preferencialmente no granito de duas micas. É subédrica, pleocróica de γ -, β - castanho avermelhado a α - amarelo palha. Contém inclusões de apatite e zircão e está

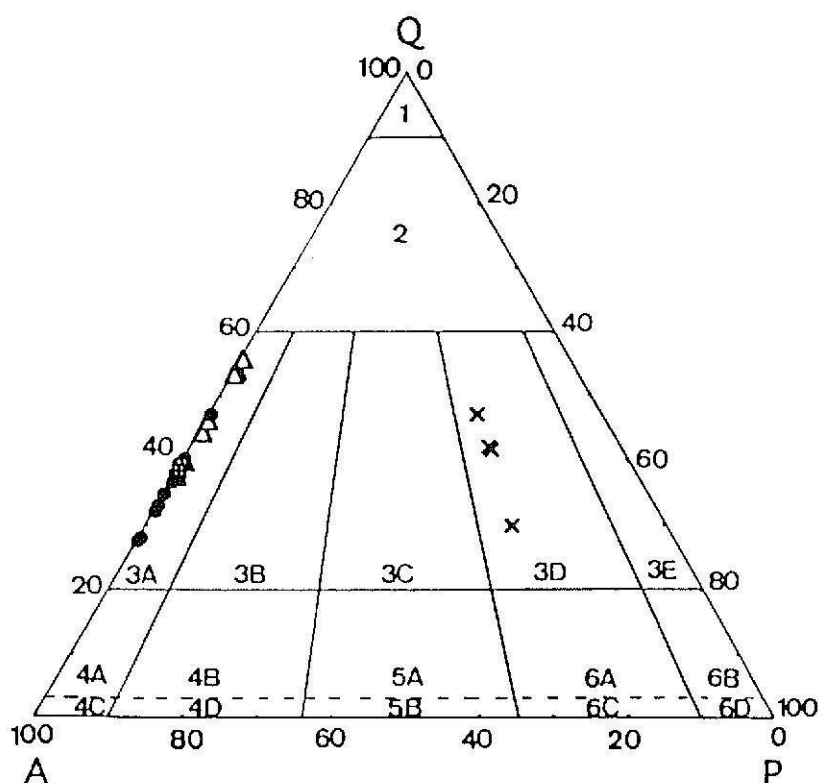


Fig. 4 - Projecção das rochas graníticas de Segura no triângulo de classificação das rochas ígneas da I.U.G.S. (Le Bas e Streckeisen, 1991).

Q - quartzo; A - feldspato alcalino (microclina + ortoclase + albite com An < 5%); P - plagioclase com An > 5%. Campos: 1 - quartzolito; 2 - granitóide rico em quartzo; 3A - granito com feldspatos alcalinos; 3B - sienogranito; 3C - monzogranito; 3D - granodiorito; 3E - tonalito; 4A - quartzo-sienito com feldspatos alcalinos; 4B - quartzo-sienito; 4C - sienito com feldspatos alcalinos; 4D - sienito; 5A - quartzo-monzonito; 5B - monzonito; 6A - quartzo monzodiorito/quartzo monzogabro; 6B - quartzo-diorito/quartzo gabro; 6C - monzodiorito/monzogabro; 6D - diorito/gabro.

Símbolos: Δ - granito de duas micas; \bullet - granito moscovítico; \times - pórfiro granodiorítico; \boxplus - aplito granítico.

alterada para clorite nos bordos e ao longo dos planos de clivagem. A clorite é pleocróica de χ -, β - verde de α - verde muito claro.

A moscovite primária ocorre em cristais subédricos e possui inclusões de zircão e apatite. No granito moscovítico há também moscovite subédrica a anédrica em cristais muito mais pequenos, que formam aglomerados particularmente associados ao quartzo. No granito de duas micas surge moscovite secundária resultante da alteração da plagioclase e moscovite secundária tardia, por vezes radial, que substitui os feldspatos.

A turmalina atinge dimensões superiores às das micas, com valor médio de 3.9x2.4 mm. Ocorre em grandes cristais subédricos a anédricos, substituindo feldspatos e micas, particularmente feldspato potássico (Fig. 5 a). Alguns dos maiores cristais apresentam zonas com diferentes tonalidades e com diferente pleocroísmo que pode variar de ω - verde claro a ε - verde muito claro e ω - amarelo acastanhado a ε - amarelo claro. Todos os cristais têm inclusões de zircão.

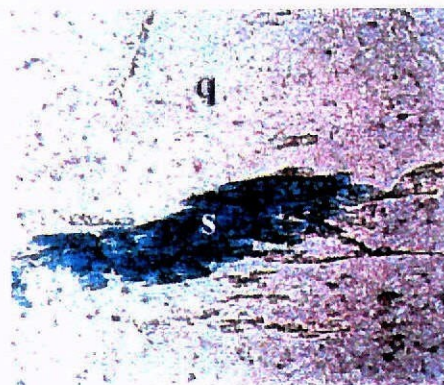
A silimanite ocorre em agulhas entrecruzadas associadas à biotite e moscovite primária.

A apatite ocorre em pequenos cristais euédricos a subédricos, inclusos nas micas.

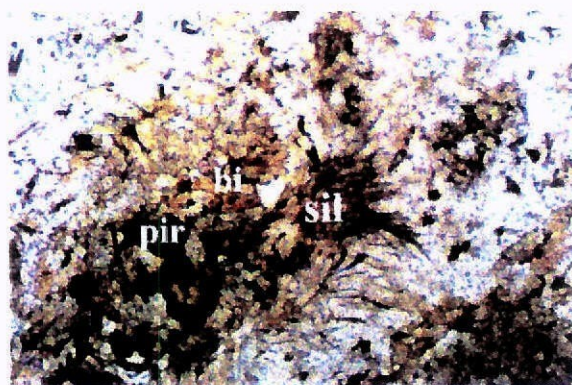
A souzalite, subédrica, pleocróica varia de Y - azul forte a X - azul mais claro e ocorre associada ao quartzo, sob a forma de massas fibrosas (Fig. 5 b).



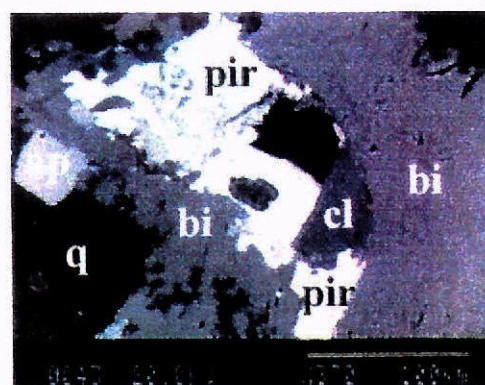
a.



b.



c.



d.

Fig. 5 – Microfotografias de rochas graníticas de Segura, tendo sido obtidas na microsonda electrónica. a. turmalina (t) substituí microclina (k-fl), do granito de duas micas ($\times 100$); b. souzalite (s) e quartzo (q), do granito moscovítico ($\times 100$); c. silimanite (sil) e biotite (bi) associadas, e pirite (pir) tardia, no pórfiro granodiorítico ($\times 100$); d. biotite (bi) alterada para clorite (cl), quartzo (q) e biotite com inclusão de apatite (ap) e pirite (pir) posterior, do pórfiro granodiorítico.

Os pórfiros granodioríticos (Fig. 4), são de grão muito fino e têm textura porfírica hipidiomórfica granular, sendo os fenocristais de plagioclase (até 5.3x5.1 mm), quartzo (até 6.1x3.5 mm) e biotite (até 7.5x2.1 mm). Possuem quartzo, microclina, plagioclase, biotite, silimanite, apatite, clorite, pirite e cobaltite (Tabela I, c).

O quartzo é subédrico, tem extinção ondulante e possui inclusões dos outros minerais.

A microclina e a plagioclase são subédricas e a plagioclase tem composição de oligoclase-andesina ($An_{23}-An_{34}$) nos fenocristais e albite-andesina ($An_{10}-An_{33}$) na matriz. Apresenta-se alterada para moscovite.

A biotite é subédrica tabular, pleocróica de γ -, β - castanho a α - amarelo claro e, geralmente, tem forma radiada. Tem inclusões de zircão e apatite. Está alterada para clorite e é substituída por sulfuretos.

A silimanite está associada a biotite (Fig. 5 c)

Pirite e cobaltite são subédricas, mas a pirite predomina (Fig. 5 d).

O aplito e pegmatito graníticos têm textura hipidiomórfica granular. São constituídos por quartzo, microclina, plagioclase, moscovite, apatite, zircão e rútilo. No aplito ocorre, também, turmalina (Tabela I, d). Topázio, lepidolite, cassiterite, columbite-tantalite e ambligonite-montebrasite são frequentes no pegmatito granítico.

O quartzo é subédrico e anédrico, por vezes fracturado e com extinção ondulante. Há várias gerações de quartzo, em que a mais tardia preenche fracturas de plagioclase e microclina.

A microclina é subédrica, com dimensões variadas, extinção típica e macla em cruz mal definida, é levemente pertítica. A plagioclase é albite pura com um teor médio de An_0 no aplito e An_0-An_3 no pegmatito. Há alguma microclinização da plagioclase. Localmente a plagioclase está alterada para moscovite secundária.

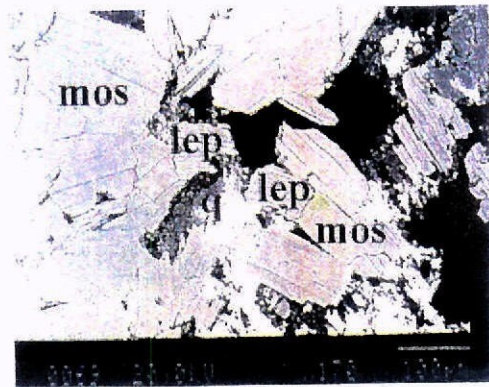
A moscovite do aplito ocorre em cristais tabulares euédricos de maiores dimensões do que os restantes minerais. Alguns cristais tabulares dispõem-se radialmente. Localmente a moscovite tabular apresenta planos de clivagem ligeiramente contorcidos e extinção ondulante. No pegmatito, as moscovite e lepidolite tabulares são subédricas e tendem a ocorrer associadas, mas com a lepidolite substituindo parcialmente a moscovite (Fig. 6 a). Podem, ainda, ocorrer em pequenos cristais tabulares entrecruzados sem qualquer orientação preferencial. Têm inclusões de zircão, apatite e quartzo.

A turmalina atinge dimensões superiores às dos restantes minerais. Ocorre em cristais subédricos a anédricos, pleocróicos, variando de ω - castanho claro a ϵ - amarelo claro. Não tem zonamento, embora pontualmente ocorra uma auréola mais clara no bordo, mas que não acompanha todo o cristal. Inclui cristais de zircão que lhe conferem os seus halos pleocróicos característicos. Substitui o quartzo, microclina e, por vezes, a moscovite.

Os cristais subédricos de topázio do pegmatito granítico são abundantes e estão fracturados. Associam-se ao quartzo e feldspatos embora, localmente, ocorram também associados à cassiterite. Têm inclusões de plagioclase.

A cassiterite, euédrica a subédrica, com dimensões que variam desde 18x5.6 mm a 6.2x2.1 mm, é zonada, com alternância de zonas mais claras com zonas mais escuras (Fig. 6 b, d), sendo estas últimas fortemente pleocróicas, variando de ϵ - castanho avermelhado escuro a ω - beije. Há, também, cristais não zonados. A cassiterite engloba apatite e quartzo. Localmente ocorre zircão nos bordos da cassiterite (Fig. 6 c). A cassiterite está associada à moscovite. Apresenta frequentes exsoluções de columbite-tantalite. Estas exsoluções subédricas, no geral, homogêneas, atingindo dimensões máximas de 300x60 μ m, ocorrem preferencialmente nas fracturas das zonas mais escuras da cassiterite (Fig. 6 d).

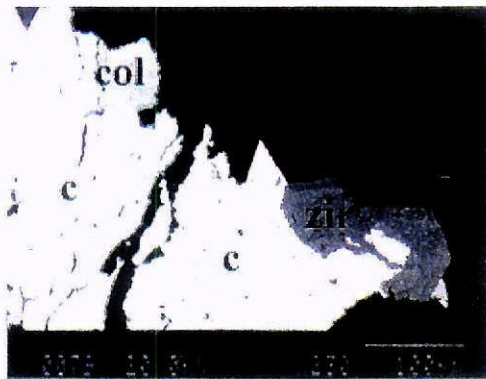
A ambligonite-montebrasite, subédrica, é substituída pela moscovite.



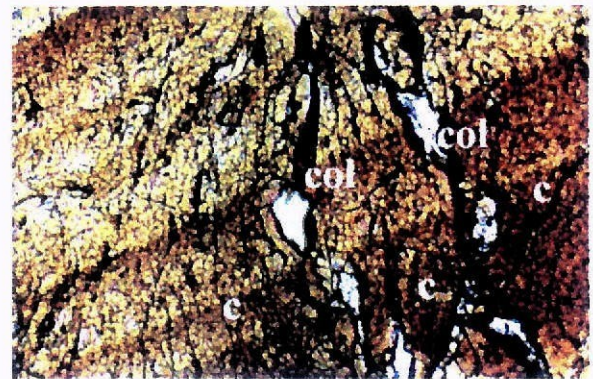
a.



b.



c.



d.

Fig. 6 -- Microfotografias do pegmatito granítico de Cabeço Queimado, Segura, tendo a e c sido obtidas por microsonda electrónica. a. moscovite (mos) e lepidolite (lep) intercrescidas; b. cassiterite (c) zonada associada a moscovite ($\times 100$); c. cassiterite (c), columbite (col) e zircão (zir) associados; d. exsoluções de columbite (col) da cassiterite (c) zonada com alternância de zonas claras e escuras ($\times 100$).

3.2. PETROGRAFIA DOS FILÕES DE QUARTZO MINERALIZADOS

Os filões de quartzo com cassiterite e volframite mais importantes da área são dois, tendo sido encontrada maior riqueza mineralógica no Filão de Santa Marina comparativamente ao de Papa Queijo, provavelmente devido às suas maiores dimensões. Estes filões de quartzo subhorizontais têm textura xenomórfica granular e possuem quartzo, moscovite, cassiterite, volframite e sulfuretos (Tabela II), raros cristais de zircão e apatite estão inclusos na moscovite. Os produtos de alteração supergénica da arsenopirite são frequentes.

Os filões de quartzo com barite, galena e blenda de estrutura brechóide, textura xenomórfica granular são caracterizados pela associação mineralógica: quartzo, moscovite, clorite, apatite, barite e sulfuretos (Tabela III), com largo predomínio de quartzo e barite. Os minerais destes filões são substituídos por minerais de alteração supergénica.

3.3. PETROGRAFIA DAS ROCHAS DE METAMORFISMO DE CONTACTO

O micaxisto com porfiroblastos raros de cordierite e a corneana são constituídos por quartzo, feldspato potássico, plagioclase, biotite, moscovite, cordierite, silimanite, ilmenite, raros cristais de apatite e pequenas inclusões de zircão na biotite. Localmente ocorrem pequenos e raros cristais de rútilo, pirite e pirrotite. O micaxisto tem textura pórfiro grano-lepidoblástica e a corneana tem textura granoblástica.

Os raros porfiroblastos de cordierite estão alterados para moscovite secundária.

Quartzo, microclina e albite são hipidioblásticos no micaxisto e idioblásticos na corneana.

O quartzo apresenta pontualmente inclusões de pequenos sulfuretos e de micas, com predomínio de moscovite.

A microclina tem composição química homogénea com Or_{90} no micaxisto e Or_{92} na corneana. A albite tem An_0-An_1 no micaxisto e An_0-An_9 na corneana (Anexo II).

Biotite e moscovite são hipidioblásticos mas, por vezes, com bordos irregulares. São, geralmente, acompanhados por cristais mais pequenos destas micas. A biotite é pleocróica, variando de γ -, β - castanho avermelhado a α - amarelo pálido. É uma biotite ligeiramente ferrífera com uma razão média Fe/Mg de 1.99 a 1.32 para a biotite do micaxisto e corneana, respectivamente (Anexo II). A biotite tem inclusões de zircão.

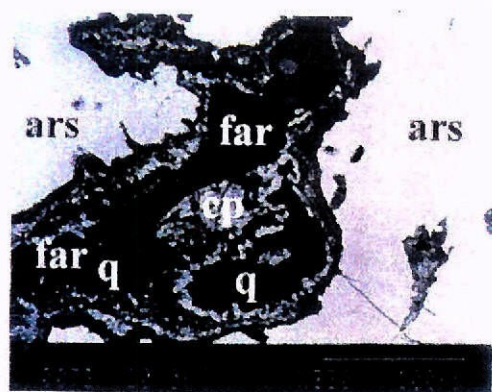
A moscovite destas duas rochas metamórficas tem composição química semelhante com $Mg/(Mg+Fe)$ variando entre 0.5 e 0.6. O teor de celadonite médio é 0.2, enquanto que o de paragonite varia entre 5 e 15, com um menor intervalo de variação na moscovite da corneana (Anexo II).

A fibrolite ocorre na corneana associada a moscovite e biotite.

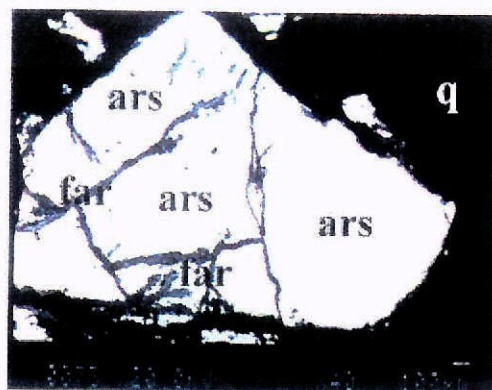
A ilmenite foi encontrada apenas na corneana. É subédrica e possui MnO variando de 1.76 a 3.36 peso % (Anexo II).

Tabela II - Petrografia dos filões de quartzo com cassiterite e volframite de Segura

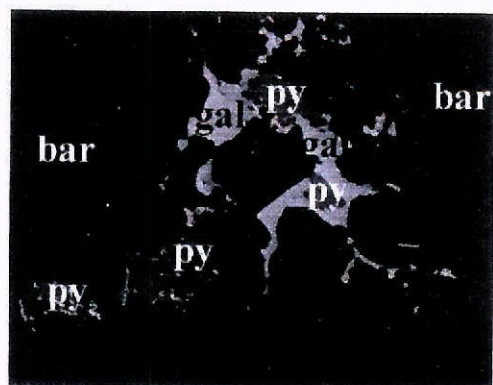
Mineral	Tamanho do grão	Forma	Abundância	Relações com outros minerais/ comentários
MOSCOVITE	fino a médio	subédrico e radial	frequente	duas gerações: (1) associada ao quartzo e cassiterite; (2) radial tardia associada à volframite
QUARTZO	médio a fino	subédrico a anédrico	dominante	duas gerações: (1) associado à cassiterite e volframite; (2) associado a sulfuretos
CASSITERITE	médio a fino	subédrico a anédrico	frequente	há cristais não zonados, mas noutros zonados distinguem-se a zona clara incolor e a zona escura castanho claro, não pleocróica. Ocorre ao longo de fracturas no quartzo e tem inclusões deste mineral. Não foram encontradas exsoluções
VOLFRAMITE	médio a grosseiro	subédrico	raro	tem inclusões de cassiterite, moscovite e quartzo, mas há moscovite radial tardia contemporânea da volframite
PIRROTITE	fino	subédrico, raramente euédrico	pequenas quantidades	inclusão na blenda e na calcopirite
ARSENOPIRITE	médio	euédrico a anédrico	abundante	inclusa na blenda e mais tardia penetrando a pirite
PIRITE	médio a grosseiro	euédrico a subédrico	frequente	penetrada por arsenopirite. Bordos corroídos por farmacosiderite
BLENDA	médio	anédrico irregular, por vezes, subédrico	frequente	duas gerações: (1) associada à volframite, (2) com inclusões de pirite e arsenopirite e intercrescida com calcopirite. Atravessada por filonetes de quartzo com pirrotite e pirite associadas
CALCOPIRITE	médio a fino	subédrico	raro	substitui a blenda
MATILDITE	fino	euédrico	muito raro	substitui preferencialmente a blenda
SCHAPBACHITE	fino	euédrico	muito raro	substitui a blenda e calcopirite
ESTANITE	fino	subédrico	muito raro	filonete com blenda, calcopirite e estanite, penetrando a arsenopirite
FARMACOSIDERITE	fino a médio	anédrico	frequente	em aglomerados de massas irregulares que rodeiam e atravessam a arsenopirite e englobando calcopirite; em filonetes atravessando a arsenopirite (Fig. 7 a, b)



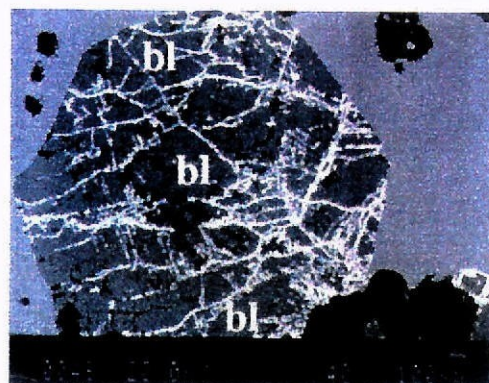
a.



b.



c.



d.

Fig. 7 – Microfotografias de microsonda electrónica de filões de quartzo mineralizados. a. Farmacosiderite (far) substituindo arsenopirite (ars) e calcopirite (cp), rodeando quartzo (q), do filão de quartzo com cassiterite e volframite; b. filonetes de farmacosiderite (far) atravessando arsenopirite (ars), do filão de quartzo com cassiterite e volframite; c. barite (bar) substituída por galena (gal) com inclusões de pirite (pir), do filão de quartzo com barite, galena e blenda; d. filonetes com quartzo, barite e galena atravessando a blenda idiomórfica (bl), do filão de quartzo com barite, galena e blenda.

Tabela III - Petrografia dos filões de quartzo com barite, galena e blenda de Segura

Mineral	Tamanho do grão	Forma	Abundância	Relações com outros minerais/ comentários
APATITE	fino	eudríco	muito raro	inclusa no quartzo e por vezes ao longo das suas fracturas
MOSCOVITE	fino a médio	subédrico	raro	palhetas subédricas associadas ao quartzo e barite. Em aglomerados dispersos pelo filão
QUARTZO	grossoiro a médio	subédrico	dominante	cristais bem desenvolvidos, com extinção ondulante e fracturados. Preenche fracturas entre sulfuretos e cristais de barite
CLORITE	fino a médio	subédrico	muito raro	associada à moscovite
COBALTITE	fino	subédrico	raro	inclusa na pirite
PIRITE	médio	eudríco	frequente	inclusa na galena (Fig. 7 c)
BLENDA	médio	anédrico a subédrico	abundante	com inclusões de pirite; penetrada por calcopirite e galena
CALCOPIRITE	fino a médio	subédrico	pequenas quantidades	inclusa em quartzo e barite substituindo blenda
BARITE	médio a grosseiro	subédrico	dominante	associada frequentemente ao quartzo que preenche as zonas de fractura entre cristais, por vezes fracturada. Substituída por galena (Fig. 7c)
GALENA	médio a grosseiro	subédrico a anédrico	dominante	com inclusões de barite (Fig. 7 c). Em filonetes com barite e quartzo penetra a blenda (Fig. 7 d). Fracturada, com alteração supergénica
ANGLESITE	médio a grosseiro	anédrico	abundante	ao longo de fracturas na galena
PIROMORFITE	médio a grosseiro	anédrico	abundante	ao longo de fracturas na galena
FOSFATO DE Fe E Pb	médio a grosseiro	anédrico	abundante	ao longo de fracturas na galena
LIMONITE	médio	anédrico	frequente	densas estruturas reticulares com diferentes tons avermelhados. Substituem particularmente a barite ou penetram nas fracturas entre barite e quartzo

4 GEOQUÍMICA DOS MINERAIS DAS ROCHAS GRANÍTIICAS E FILÕES DE QUARTZO MINERALIZADOS

4.1. MÉTODOS ANALÍTICOS

Para a caracterização mineralógica das rochas graníticas e mineralizações existentes na área e todo o seu contexto envolvente, seleccionaram-se como pontos de recolha de amostragem os locais onde as rochas não estivessem alteradas e as escombrelas dos filões explorados que actualmente se encontram a céu aberto, pois as restantes encontram-se inacessíveis.

A caracterização química dos minerais destas amostras, tanto de rocha como de minério, foi obtida através de análises de microsonda electrónica, CAMECA CAMEBAX, no Instituto Geológico e Mineiro, S. Mamede de Infesta. As análises foram conduzidas com uma aceleração de voltagem de 15 kv e uma corrente de 20 nA. Cada elemento foi contado 20 segundos, sendo o limite de detecção de 500 ppm. Os padrões utilizados na análise química dos minerais dos diferentes grupos foram:

- a. Silicatos: albite (Na K α), ortoclase (K K α), volastonite (Ca K α e SiK α), apatite (P K α), barite (Ba L α), MgO (Mg K α), MnTiO₃ (Mn K α e Ti K α), Cr₂O₃ (Cr k α), Fe₂O₃ (Fe K α), Al₂O₃ (Al K α), Rb₂O (Rb L α), Cs (L α), F (K α) e vanadinite (Cl K α).
- b. Óxidos: MnTiO₃ (Mn K α e Ti K α), Fe₂O₃ (Fe K α), SnO₂ (Sn L α), volastonite (Si K α), Nb (L α), Ta (M α) e W (L α).
- c. Tungstatos: apatite (Ca k α), MnTiO₃ (Ti K α), Fe₂O₃ (Fe K α), SnO₂ (Sn L α), Mn (K α), Nb (L α), Ta (M α), Mo (L α) e W (M α).
- d. Fosfatos: albite (Na K α), ortoclase (K K α), volastonite (Ca K α), apatite (P K α), barite (Ba L α e S K α), MgO (Mg K α), MnTiO₃ (Mn L α e Ti L α), Cr₂O₃ (Cr K α), Fe₂O₃ (Fe k α), Al₂O₃ (Al K α), F (K α) e vanadinite (Cl K α).
- e. Sulfuretos: blenda (Zn K α e S K α), pirite (Fe K α), galena (Pb M α), covelite (Co K α), MnTiO₃ (Mn K α), SnO₂ (Sn L α), Ni (K α), Cu (K α), As (L α), Ag (L α), Cd (L α), Sb (L α), Bi (M α) e Mo (L α).
- f. Sulfatos: barite (Ba L α e S k α), volastonite (Ca K α), ortoclase (Si K α), galena (Pb M α), MgO (Mg K α) e Fe₂O₃ (Fe K α).
- g. Produtos de alteração: galena (S K α e Pb M α), pirite (Fe K α), arsenopirite (As L α), apatite (P K α), volastonite (Ca K α), albite (Al K α), ortoclase (Si K α), MnTiO₃ (MnK α e Ti K α), MgO (Mg K α), Cu (K α) e Zn (K α).

Estes mesmos grupos de minerais foram analisados utilizando a microsonda electrónica JEOL JXA - 8600 Superprobe, no Department of Earth Sciences, University of Bristol, U.K.. Nestas análises a intensidade de corrente foi, também, de 20nA e a aceleração de voltagem de 20kv. O tempo de leitura para cada elemento químico foi de 20 segundos, mas sempre que a concentração do elemento químico aumentasse este passava a 10 segundos.

Em qualquer grupo de minerais analisado, os vários elementos químicos foram lidos em $K\alpha$ ou $L\alpha$ com os seguintes padrões:

$K\alpha$: flúor (MgF_2), Na (albite), Mg (SJIO), Al (espinela), Si (dióxido), P (galena em contagem e Durango para a posição do pico espectral do elemento), S (pirite), Cl ($NaCl$), K (adulária), Ca (wollastonite), Ti ($SrTiO_3$), Cr (Cr_2O_3), Mn (MnO), Fe (Fe_2O_3), Co (Co), Ni (Ni), Cu (Cu), Zn (Zn) e As (As).

$L\alpha$ - Sr ($SrTiO_3$), Sn (cassiterite), Pb (galena), Ba (barite), Cs ($CsNO_3$), Rb ($RbMnFe_3$), Nb (Nb), Ta (Ta), Mo (Mo), Sb (Sb), W (W), Bi (Bi), Ag (Ag), Cd (Cd).

A obtenção de resultados em duas microsondas distintas exige a apreciação da sua veracidade e coerência, pelo que foram realizadas várias análises nos mesmos minerais de uma mesma amostra previamente seleccionada. Os resultados obtidos nos dois aparelhos são similares, não sendo colocado qualquer tipo de problema na interpretação/conclusão conjunta destas análises químicas.

No filão pegmatítico granítico com lepidolite procedeu-se, ainda, à separação da lepidolite utilizando um separador magnético e iodeto de metileno. O grau de pureza foi de 99.8%, por observação petrográfica do concentrado e o contaminante é zircão incluso. O lítio foi, então, doseado por absorção atómica, no Laboratório Químico do Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra, sendo o limite de detecção de 0.1 ppm em solução aquosa e tem uma precisão de, aproximadamente, 2%.

4.2. FELDSPATOS

As composições químicas, fórmulas estruturais e percentagens molares de An, Ab e Or de feldspato potássico e plagioclase são apresentadas nas Tabelas IV e V, respectivamente. As análises químicas realizadas incluíram, também, Rb_2O e SrO , mas os seus teores inferiores ao limite de detecção, não justificam a sua apresentação.

Nos cristais individuais dos feldspatos foram feitas análises químicas pontuais, ao longo de um perfil sequencial, para procurar zonamento não identificado opticamente (Tabelas VI e VII). O zonamento químico não é nítido. O teor de fósforo tende a apresentar uma distribuição oscilatória no feldspato potássico (Tabela VI). No entanto tende, geralmente, a decrescer do bordo para o núcleo nos cristais de albite dos granitos (Tabela VII).

Não há distinção significativa na composição do feldspato potássico das rochas graníticas de Segura (Fig. 8 a, b). Contudo a microclina do granito moscovítico é a mais rica em P, enquanto a do pórfiro granodiorítico é a mais pobre em P (Tabela IV).

A plagioclase do pórfiro granodiorítico é a mais rica em anortite (Fig. 8 c), havendo decréscimo do teor de anortite da plagioclase dos fenocristais para a plagioclase da matriz (Tabela V). Granitos, aplito e pegmatito possuem albite, mas a do pegmatito tem teor de anortite inferior ao da albite dos granitos (por exemplo Silva, 1987; Neiva, 1995).

Não há distinção significativa no teor de P das plagioclases de fenocristal e matriz do pórfiro granodiorítico (Tabela V), o que também foi observado por Neiva (1998a) em plagioclases de granitos entre os vales do Douro e Tamega.

Tabela IV - Composições químicas e fórmulas estruturais dos feldspatos potássicos de rochas graníticas de Segura

	1		2		3		4		5		
	Méd.	Min.	Méd.	Min.	Méd.	Min.	Méd.	Min.	Méd.	Min.	
SiO ₂	63.85	63.50	63.42	63.77	65.10	65.08	63.08	63.33	63.33	64.37	63.55
TiO ₂	0.01	-	0.01	-	-	-	0.01	-	-	0.01	-
Al ₂ O ₃	18.58	18.74	18.99	19.15	18.40	18.82	18.95	18.96	18.88	18.78	19.16
FeO	0.03	-	0.02	-	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.02	-
MnO	-	0.06	0.01	-	0.01	0.02	0.02	0.04	0.03	0.02	-
MgO	0.01	-	-	0.03	-	-	-	-	0.01	0.01	-
BaO	0.08	-	0.02	-	0.37	0.73	0.02	0.03	0.02	0.01	0.11
CaO	0.03	-	-	-	0.11	0.21	-	-	-	0.01	0.08
Na ₂ O	0.66	1.44	0.58	1.05	0.20	0.37	0.39	0.80	0.19	0.61	0.25
K ₂ O	16.44	15.59	15.44	14.36	15.75	15.04	16.01	15.26	16.28	15.76	16.30
Cs ₂ O	0.01	0.01	0.02	0.02	-	-	0.01	0.01	-	-	-
P ₂ O ₅	0.35	0.31	1.41	1.71	0.02	-	1.07	1.02	0.84	0.40	0.51
Total	100.04	99.65	99.91	100.09	99.99	100.30	99.59	99.49	99.63	100.01	99.96
Si	11.842	11.802	11.672	11.645	12.021	11.973	11.696	11.719	11.750	11.871	11.767
Al	4.062	4.105	4.120	4.122	4.004	4.081	4.141	4.135	4.129	4.082	4.182
P	0.053	0.049	0.220	0.264	0.003	-	0.169	0.160	0.132	0.062	0.080
Ti	0.001	-	0.001	-	-	-	0.001	-	-	0.002	-
Mg	0.001	-	-	0.008	-	-	-	-	0.003	0.003	-
Fe	0.004	-	0.003	-	0.005	0.005	0.005	0.006	0.008	0.004	0.009
Mn	0.002	0.010	0.002	-	0.002	0.003	0.003	0.006	0.005	0.004	-
Na	0.237	0.519	0.206	0.372	0.070	0.132	0.139	0.287	0.068	0.218	0.433
Ca	0.006	-	-	-	0.022	0.041	-	-	-	0.003	0.090
K	3.890	3.697	3.625	3.345	3.710	3.530	3.786	3.603	3.853	3.709	3.851
Cs	-	-	0.001	0.001	-	-	0.001	0.001	-	-	-
Ba	0.005	-	0.001	-	0.027	0.053	0.002	0.002	0.005	0.001	-
Z	15.96	15.96	16.01	16.03	16.03	16.05	16.01	16.01	16.01	16.02	16.03
X	4.15	4.23	3.84	3.73	3.84	3.76	3.94	3.91	3.94	3.94	3.95
Or	94.2	87.7	94.6	90.0	97.6	95.3	96.5	92.6	98.3	94.4	97.3
Ab	5.7	12.3	5.4	10.0	1.8	3.6	3.5	7.4	1.7	5.5	2.3
An	0.1	-	-	-	0.6	1.1	-	-	-	0.1	0.4
N	17	24	24	24	5	11	11	21	21	21	21

1 - Granito de duas micas; 2 - granito moscovítico; 3 - pórfiro granodiorítico; 4 - apito granítico; 5 - pegmatito de Cabeço Queimado. Méd. - valor médio, Mín. - valor mínimo e Máx. - valor máximo em função do teor de Or. N - número de análises. - valor abaixo do limite de detecção. Óxidos em peso %; Or, Ab, An em moles %. Número de cátions calculado com base em 32 átomos de oxigénio.

Analista: I. M. H. R. Antunes.

Tabela V - Composições químicas e fórmulas estruturais das plagioclases de rochas graníticas de Segura

	1			2			3			4			5			6			
	Méd.	Min.	Máx.	Méd.	Min.	Máx.	Min. fn.	Máx. fn.	Min. mt	Máx. mt	Méd.	Min.	Máx.	Méd.	Min.	Máx.	Méd.	Min.	Máx.
SiO ₂	67.75	68.21	66.77	67.79	68.45	67.29	62.79	59.40	65.64	59.86	67.13	68.33	66.16	68.16	68.49	66.97	68.16	68.49	66.97
TiO ₂	0.01	-	0.01	0.01	-	0.03	-	-	-	-	0.01	-	-	0.01	0.07	0.01	0.01	0.07	0.01
Al ₂ O ₃	19.58	19.83	20.79	19.64	19.55	20.16	23.19	24.98	21.54	24.87	20.16	19.41	20.74	19.79	19.57	19.94	19.79	19.57	19.94
FeO	0.02	0.04	-	0.02	-	0.09	0.08	0.14	0.03	0.13	0.01	-	-	0.01	-	0.02	0.01	-	0.02
MnO	0.01	-	-	0.02	0.10	-	-	0.03	0.03	-	0.02	-	0.02	0.02	-	-	0.02	-	-
MgO	0.01	0.03	-	0.01	-	-	-	-	-	0.02	0.01	0.10	-	0.01	-	-	0.01	-	0.06
BaO	0.01	-	0.03	0.02	0.01	-	0.02	0.06	0.05	-	0.02	-	-	0.02	-	-	0.02	-	-
CaO	0.30	0.01	1.04	0.13	0.01	0.29	4.92	7.26	2.27	6.91	0.27	-	0.65	0.08	-	0.15	0.08	-	0.15
Na ₂ O	11.79	11.68	10.17	11.45	11.42	11.43	9.14	7.56	10.62	7.78	11.58	11.75	11.31	11.32	11.19	11.58	11.32	11.19	11.58
K ₂ O	0.27	0.19	0.35	0.15	0.07	0.16	0.09	0.10	0.31	0.09	0.16	0.12	0.13	0.17	0.15	0.19	0.17	0.15	0.19
P ₂ O ₅	0.26	0.49	0.64	0.68	0.08	0.59	-	-	-	0.04	0.70	0.78	0.89	0.31	0.16	0.62	0.31	0.16	0.62
Total	100.01	100.48	99.80	99.92	99.69	100.04	100.23	99.53	100.49	99.70	100.07	100.49	99.90	99.88	99.63	99.54	99.88	99.63	99.54
Si	11.870	11.860	11.684	11.844	11.980	11.761	11.110	10.661	11.519	10.707	11.734	11.872	11.591	11.907	11.978	11.767	11.734	11.978	11.767
Al	4.044	4.063	4.287	4.045	4.032	4.153	4.836	5.284	4.456	5.244	4.153	3.975	4.283	4.076	4.034	4.130	4.076	4.034	4.130
P	0.039	0.072	0.095	0.101	0.012	0.087	-	-	-	0.006	0.104	0.115	0.132	0.046	0.024	0.092	0.046	0.024	0.092
Ti	0.001	-	0.001	0.001	-	0.004	-	-	-	-	0.001	-	-	0.001	0.009	0.002	0.001	0.009	0.002
Mg	0.002	0.008	-	0.002	-	-	-	-	-	0.005	0.002	-	0.005	0.002	-	0.016	0.002	-	0.016
Fe	0.003	0.006	-	0.003	-	0.020	0.012	0.021	0.004	0.019	0.001	-	-	0.001	-	0.003	0.001	-	0.003
Mn	0.001	-	-	0.003	0.015	-	-	0.005	0.004	-	0.003	0.015	-	0.003	-	-	0.003	-	-
Na	4.005	3.937	3.451	3.879	3.875	3.873	3.135	2.630	3.613	2.698	3.925	3.958	3.842	3.834	3.788	3.945	3.834	3.788	3.945
Ca	0.056	0.002	0.195	0.024	0.002	0.054	0.933	1.396	0.427	1.324	0.050	-	0.122	0.015	-	0.028	0.015	-	0.028
K	0.060	0.042	0.078	0.034	0.016	0.036	0.020	0.023	0.069	0.021	0.036	0.027	0.029	0.038	0.033	0.043	0.038	0.033	0.043
Ba	0.001	-	0.002	0.001	0.001	-	0.001	0.004	0.003	-	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-
Z	15.95	16.00	16.07	15.99	16.02	16.01	15.95	15.95	15.97	15.93	16.00	15.96	16.01	16.03	16.05	15.99	16.03	16.05	15.99
X	4.13	3.99	3.73	3.95	3.91	3.98	4.10	4.08	4.12	4.07	4.02	4.00	4.00	3.89	3.82	4.04	3.89	3.82	4.04
Ab	97.2	98.9	92.7	98.5	99.5	97.7	76.7	64.9	87.9	66.7	97.8	99.3	96.2	98.6	99.1	98.2	98.6	99.1	98.2
An	1.4	-	5.2	0.6	0.1	1.4	22.8	34.5	10.4	32.8	1.3	-	3.1	0.4	-	0.7	0.4	-	0.7
Or	1.4	1.1	2.1	0.9	0.4	0.9	0.5	0.6	1.7	0.5	0.9	0.7	0.7	1.0	0.9	1.1	1.0	0.9	1.1
N	13			27			3		3		14			34					

1 - Granito de duas micas; 2 - granito moscovítico; 3 - pórfiro granodiorítico (fenocrystal); 4 - pórfiro granodiorítico (matriz); 5 - aplito granítico; 6 - pegmatito do Cabeço Queimado. Méd. - valor médio, Mín. - valor mínimo e Máx. - valor máximo em função do teor de An, ft - fenocrystal, mt - matriz. N - número de análises. - valor abaixo do limite de detecção. Cs₂O não foi detectado. Oxidos em peso % ; Ab, An e Or em moles %. Número de cátions calculado com base em 32 átomos de oxigênio.

Analista: I. M. H. R. Antunes.

Tabela VI - Zonamento dos feldspatos potássicos de granitos de Segura

	1		2		b		i		b		i		b	
	b	i	b	i	b	i	b	i	b	i	b	i	b	i
SiO ₂	63.81	65.52	62.92	62.98	63.24	63.18	63.88	63.90						
TiO ₂	-	0.05	-	-	-	0.03	-	0.01						
Al ₂ O ₃	18.85	19.06	18.88	19.03	18.85	18.66	19.10	18.97						
FeO	-	0.02	-	-	-	0.07	-	0.08						
MnO	-	-	-	0.04	-	-	-	-						
MgO	-	-	0.01	-	-	-	-	0.01						
BaO	0.09	-	-	-	-	0.10	-	0.03						
CaO	-	-	-	-	-	0.03	-	-						
Na ₂ O	0.35	0.61	0.47	0.72	0.65	0.40	1.01	0.35						
K ₂ O	15.67	15.82	15.65	15.82	15.81	15.88	14.50	15.49						
P ₂ O ₅	1.72	1.29	1.59	1.49	1.41	1.63	1.73	1.66						
Total	100.49	100.37	99.52	100.08	99.96	99.98	100.22	100.50						
Si	11.671	11.763	11.597	11.611	11.664	11.654	11.653	11.673						
Al	4.063	4.033	4.101	4.135	4.097	4.056	4.106	4.084						
P	0.266	0.195	0.248	0.233	0.220	0.255	0.267	0.257						
Ti	-	0.007	-	-	-	0.004	-	0.001						
Mg	-	-	-	-	-	-	-	0.003						
Fe	-	0.003	-	-	-	0.011	-	0.012						
Mn	-	-	-	0.006	-	-	-	-						
Na	0.124	0.213	0.168	0.257	0.232	0.143	0.357	0.124						
Ca	-	-	-	-	-	0.006	-	-						
K	3.656	3.623	3.679	3.720	3.720	3.736	3.374	3.609						
Ba	0.006	-	-	-	-	0.007	-	0.002						
Z	16.00	16.00	15.95	15.75	15.98	15.97	16.03	16.01						
X	3.79	3.84	3.96	3.96	3.95	3.90	3.73	3.75						
Or	96.7	94.4	95.6	93.5	94.1	96.1	90.4	96.7						
Ab	3.3	5.6	4.4	6.5	5.9	3.7	9.6	3.3						
An	-	-	-	-	-	0.2	-	-						

1 - Granito de duas micas; 2 - granito moscovítico. Pontos analisados no cristal: b - bordo, i - interior do cristal. Óxidos em peso %. - não detectado. Número de cátions calculados com base em 32 átomos de oxigénio. Or, Ab e An em moles %.

Análisa: I. M. H. R. Antunes.

Tabela VII - Zonamento das plagioclases de granitos de Segura

	1		2		2		2		2				
	b	i	b	i	b	i	b	i	b	i			
SiO ₂	68.21	68.49	68.02	68.72	69.08	68.05	68.67	68.63	66.40	66.21	66.86	66.86	66.96
TiO ₂	-	-	0.03	-	0.02	-	-	-	-	0.02	-	-	-
Al ₂ O ₃	19.83	19.38	19.66	19.54	19.43	19.53	19.38	19.17	19.68	19.88	19.78	20.21	19.75
FeO	0.04	-	-	0.02	0.03	-	0.04	0.02	-	-	-	-	-
MgO	0.03	0.02	0.02	-	0.01	-	0.05	0.02	-	-	0.03	0.04	-
BaO	-	-	0.01	-	-	0.01	-	0.02	0.07	0.06	-	-	-
CaO	0.01	0.08	0.02	0.02	0.03	0.04	-	-	0.19	0.26	0.14	0.23	0.20
Na ₂ O	11.68	11.85	11.83	11.28	11.42	11.75	11.30	11.54	11.48	11.39	11.75	11.60	11.63
K ₂ O	0.19	0.21	0.06	0.08	0.07	0.04	0.09	0.10	0.24	0.24	0.13	0.16	0.09
P ₂ O ₅	0.49	0.22	0.27	0.08	0.16	0.08	0.04	0.06	1.46	1.50	1.64	1.29	1.34
MnO	-	0.01	0.03	0.07	0.02	0.11	-	0.01	0.05	-	-	0.08	-
Total	100.48	100.26	99.95	99.81	100.27	99.65	99.57	99.57	99.57	99.56	100.33	100.47	99.97
Si	11.860	11.947	11.894	12.001	12.009	11.940	12.021	12.028	11.660	11.625	11.6380	11.6334	11.6942
Al	4.063	3.984	4.052	4.022	3.981	4.032	3.998	3.959	4.073	4.113	4.0591	4.1457	4.0664
P	0.072	0.032	0.040	0.012	0.024	0.012	0.006	0.009	0.217	0.223	0.2417	0.1900	0.1981
Ti	-	-	0.004	-	0.003	-	-	-	-	0.003	-	-	-
Mg	0.008	0.005	0.005	-	0.003	-	0.003	0.005	-	-	0.0078	0.0104	-
Fe	0.006	-	-	0.003	0.004	-	0.006	0.003	-	-	-	-	-
Mn	-	0.001	0.005	0.010	0.003	-	-	0.001	0.007	-	-	0.0118	-
Na	3.937	4.007	4.010	3.819	3.849	3.875	3.835	3.921	3.908	3.877	3.9657	3.9135	3.9382
Ca	0.002	0.015	0.004	0.004	0.006	0.002	-	-	0.036	0.049	0.0261	0.0429	0.0374
K	0.042	0.047	0.013	0.018	0.016	0.016	0.009	0.022	0.054	0.054	0.0289	0.0355	0.0201
Ba	-	-	0.001	-	-	0.001	-	0.001	0.005	0.004	-	-	-
Z	16.00	15.96	15.99	16.03	16.02	15.99	16.02	16.00	15.95	15.96	15.94	15.97	15.96
X	3.99	4.08	4.04	3.85	3.88	4.04	3.87	3.95	4.01	4.01	4.03	4.01	4.00
Ab	98.9	98.5	99.6	99.4	99.5	99.6	99.5	99.4	97.8	97.8	98.6	98.0	98.6
An	0.1	0.4	0.1	0.1	0.1	-	-	-	0.9	0.9	0.6	1.1	0.9
Or	1.0	1.1	0.3	0.5	0.4	0.2	0.5	0.6	1.3	1.3	0.7	0.9	0.5

1 - Granito de duas micas; 2 - granito moscovítico. Pontos analisados no cristal: b - bordo, i - interior do cristal. Óxidos em peso %. - não detectado. Número de cátions calculados com base em 32 átomos de oxigênio. Ab, An e Or em moles %.

Análisis: I. M. J. R. Antunes.

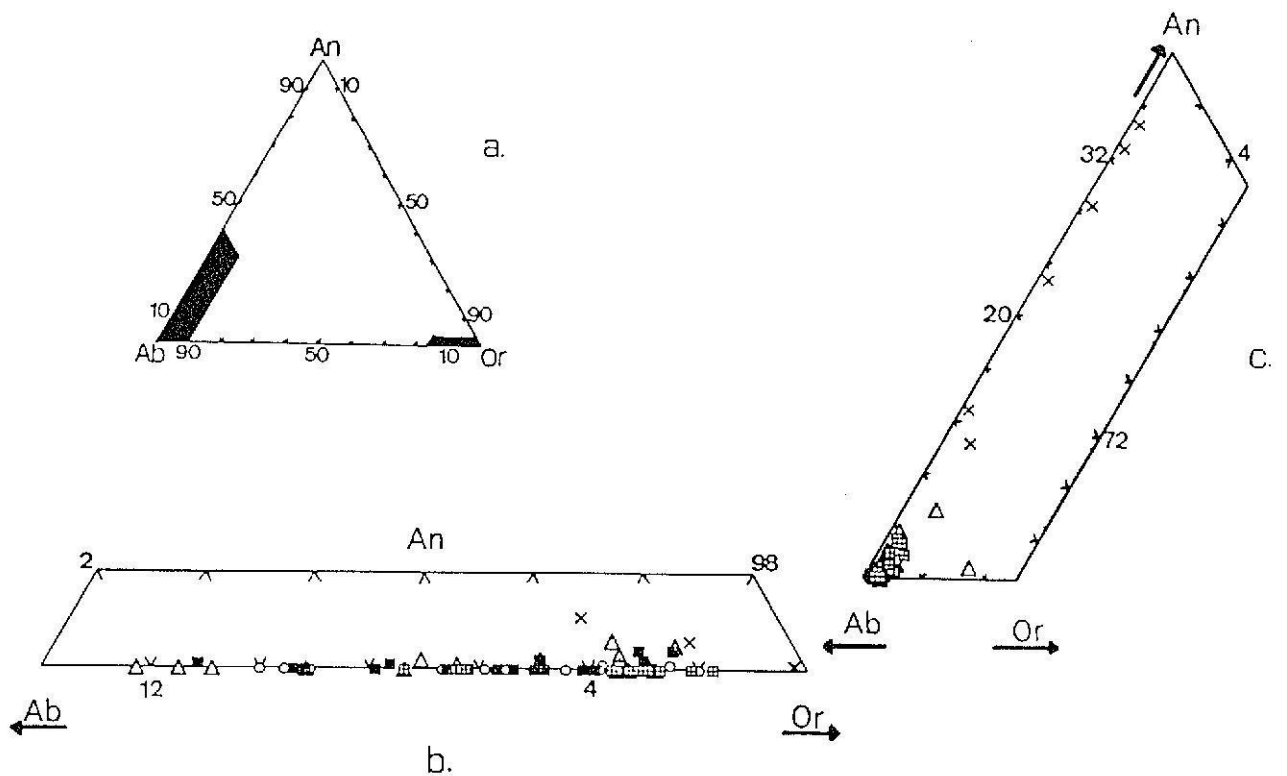


Fig. 8 - Diagrama An - Ab - Or dos feldspatos das rochas graníticas de Segura.

a. Localização dos diagramas b e c; b. feldspatos potássicos; c. plagioclases.

Símbolos: feldspatos de: Δ - granito de duas micas, \circ - granito moscovítico, \times - pórfiro granodiorítico, \boxplus - aplito granítico, \blacksquare - pegmatito granítico de Cabeço Queimado.

O teor de P_2O_5 do feldspato potássico não está dependente do seu teor de Or, nem o teor de P_2O_5 da plagioclase está relacionado com o seu teor de anortite (Neiva, 1998b), mas dependerá do teor de fósforo no magma (Bea et al., 1994).

O feldspato potássico tende a possuir teores mais elevados de P_2O_5 do que a albite coexistente nas rochas graníticas (Fig. 9), o que está de acordo com os resultados de London et al. (1993) e Neiva (1998b). O coeficiente empírico $D[P] Kf/Pl$ varia geralmente entre 1.02 a 2.15 (Tabela VIII), o que indica a inexistência de uma fraccionação significativa do fósforo entre feldspatos coexistentes (London, 1992) e Neiva (1998 a, b) e reflecte o equilíbrio entre eles (London et al., 1990).

Tabela VIII - Teor de fósforo dos feldspatos coexistentes de rochas graníticas de Segura

P_2O_5 peso%	1		2		3		4		5		5		5							
	Kf	Pl	Kf	Pl	Kf	Pl	Kf	Pl	Kf	Pl	Kf	Pl	Kf	Pl						
Méd.	0.25	0.22	0.46	0.45	1.31	0.64	1.57	1.33	0.02	0.01	1.42	0.66	0.94	0.79	0.77	0.36	0.57	0.42	0.26	0.16
N	3	9	5	2	5	5	13	12	3	6	3	9	8	5	4	6	3	7	5	6
$D[P] Kf/Pl$	1.14		1.02		2.05		1.18		2.00		2.15		1.19		2.14		1.36		1.62	

Feldspatos de: 1 - granito de duas micas; 2 - granito moscovítico; 3 - pórfiro granodiorítico; 4 - aplito granítico; 5 - pegmatito do Cabeço Queimado. Kf - feldspato potássico, Pl - plagioclase; $D[P] Kf/Pl$ - coeficiente de distribuição empírico.

Analista: I. M. H. R. Antunes.

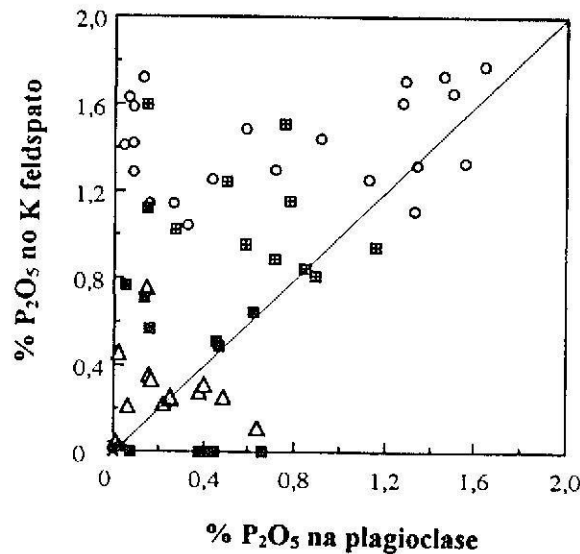


Fig. 9 - Teor de P_2O_5 em plagioclase e feldspato potássico coexistentes de rochas graníticas de Segura.

Símbolos como os da Fig. 8.

O feldspato potássico e albite do pegmatito granítico de Segura possuem teor médio de P_2O_5 superior ao do feldspato respectivo no granito de duas micas (Tabela IX), o que pode ser explicado por fraccionação (Neiva, 1998b). Contudo ambos os feldspatos do granito moscovítico tendem a ser os mais ricos em P_2O_5 , o que sugere corresponder este granito a uma pulsação magmática distinta de magma granítico rico em fósforo. O feldspato potássico e a albite do aplito têm teores de P_2O_5 próximos do P_2O_5 do feldspato respectivo do granito moscovítico.

Tabela IX - Teor de fósforo dos feldspatos de rochas graníticas de Segura

P_2O_5 peso%	1		2		3		4		5	
	Kf	Pl	Kf	Pl	Kf	Pl	Kf	Pl	Kf	Pl
Méd.	0.35	0.26	1.41	0.68	0.02	0.01	1.07	0.70	0.40	0.31
Mín.	0.04	0.01	1.05	0.04	-	-	0.81	0.15	-	-
Máx.	1.44	0.64	1.78	1.64	0.03	0.04	1.60	1.16	1.12	0.66
N	17	13	24	27	3	6	11	14	21	34

Feldspatos de: 1 - granito de duas micas; 2 - granito moscovítico; 3 - pórfiro granodiorítico; 4 - aplito granítico; 5 - pegmatito granítico do Cabeço Queimado. Kf - feldspato potássico, Pl - plagioclase (albite).

Analista: I. M. H. R. Antunes.

A presença de fósforo nos feldspatos ocorre conjuntamente com Al e é explicada pela substituição $Al+P = 2Si$, que evidencia a natureza peraluminosa das rochas a que pertencem (Kontak et al., 1996). As rochas graníticas mais ricas em P_2O_5 são as mais peraluminosas (Pichavant et al., 1992; Wolf & London, 1994). Os feldspatos ricos em fósforo são o reservatório

principal de fósforo nas rochas graníticas não alteradas (Bea et al., 1992; London, 1992; Gaspar & Inverno, 1998).

As composições modais dos granitos, pórfiro granodiorítico e aplito (Tabela I) e os teores de P_2O_5 dos seus feldspatos permitiram calcular a percentagem média de P_2O_5 retido nos feldspatos que é de 0.14 peso % no granito de duas micas, 0.49 peso % no granito moscovítico, 0.01 peso % no pórfiro granodiorítico e 0.43 peso % no aplito. Contudo se utilizados os valores mais elevados de P_2O_5 nos feldspatos de cada rocha granítica, são atingidos valores de 0.46 peso %, 0.92 peso %, 0.02 peso % e 0.67 peso % retidos nos feldspatos do granito de duas micas, granito moscovítico, pórfiro granodiorítico e aplito, respectivamente. Portanto o valor elevado de P_2O_5 retido nos feldspatos do granito moscovítico será um indicador de possíveis mineralizações em Sn, W e U (Bea et al., 1992).

4.3. FILOSSILICATOS

4.3.1. BIOTITES

A biotite ocorre apenas no granito de duas micas e no pórfiro granodiorítico de Segura, sendo as análises químicas e fórmulas estruturais apresentadas na Tabela X.

A biotite do granito de duas micas projecta-se no campo da biotite coexistente com moscovite (Fig. 10), enquanto a biotite do pórfiro granodiorítico situa-se no campo da biotite não coexistente com outros minerais máficos, o que está de acordo com observações petrográficas.

A biotite do granito de duas micas é uma biotite ferrífera (Fig. 11), enquanto a biotite do pórfiro granodiorítico é uma biotite magnésiana.

A biotite do granito de duas micas projecta-se no campo da biotite de rochas magmáticas (Fig. 12), enquanto a biotite do pórfiro granodiorítico situa-se no campo da biotite de rochas metamórfico-metassomáticas por ser uma biotite magnésiana.

No diagrama de Nachit et al. (1985), a biotite do granito de duas micas projecta-se no campo das biotites das séries de rochas alumino-potássicas (Fig. 13), situando-se na área da biotite coexistente com moscovite, pois o seu teor em Mg não ultrapassa 1.2 átomos. A biotite do pórfiro granodiorítico é mais rica em Mg, distribui-se pelo campo da biotite das séries de rochas calco-alcalinas mas também das alumino-potássicas.

Não há evolução entre a composição da biotite das rochas graníticas de Segura, pois há um intervalo nítido de composição química entre elas e os diagramas (Fig. 14) mostram claramente que não estão relacionadas. A biotite do pórfiro granodiorítico é mais rica em Si, $Mg/(Mg+Fe)$ e mais pobre em Al^{IV} , K, Ti, Na e Fe do que a biotite do granito de duas micas (Fig. 14 e Tabela X).

4.3.2. CLORITES

A clorite ocorre no granito de duas micas e pórfiro granodiorítico substituindo parcial ou totalmente a biotite das rochas graníticas e no filão de quartzo com barite, galena e blenda está associada à moscovite. As suas composições químicas e fórmulas estruturais são apresentadas na Tabela XI.

A clorite do granito de duas micas e do filão de quartzo com barite, galena e blenda é ripidolite, enquanto a clorite do pórfiro granodiorítico é ripidolite e picnoclorite (Fig. 15).

Tabela X - Composições químicas e fórmulas estruturais de biotites das rochas graníticas da região de Segura

	1		2	
	Méd	D. pad	Méd	D. pad
SiO ₂	34.26	0.66	38.60	0.81
TiO ₂	2.76	0.56	1.35	0.31
Al ₂ O ₃	19.58	0.84	17.06	1.35
Cr ₂ O ₃	0.01	0.01	0.12	0.17
FeO	24.07	0.53	12.55	1.61
MnO	0.17	0.07	0.25	0.05
MgO	4.32	0.31	15.28	1.26
CaO	0.02	0.02	0.02	0.02
BaO	0.02	0.04	0.12	0.08
Na ₂ O	0.12	0.03	0.04	0.03
K ₂ O	9.17	0.33	8.44	0.30
Cs ₂ O	0.04	0.04	0.02	0.02
F	0.91	0.25	0.99	0.33
Total	95.44		94.83	
Si	2.653	0.025	2.829	0.032
Al ^(IV)	1.225	0.025	1.1.71	0.032
Z	4.00		4.00	
Al ^(VI)	0.498	0.041	0.303	0.109
Ti	0.151	0.032	0.074	0.017
Cr	0.001	0.001	0.007	0.010
Fe	1.508	0.048	0.769	0.112
Mn	0.010	0.004	0.015	0.003
Mg	0.485	0.042	1.669	0.129
Y	2.65		2.84	
Ca	0.001	0.001	0.002	0.001
Ba	0.001	0.001	0.004	0.002
Na	0.017	0.004	0.005	0.004
K	0.879	0.041	0.790	0.032
Cs	0.001	0.001	0.001	0.001
X	0.90		0.80	
F	0.220	0.060	0.230	0.073
N	12		12	

1 - Granito de duas micas; 2 - pórfiro granodiorítico. Méd - valor médio; D. pad. - desvio padrão. Rb₂O abaixo do limite de detecção.

N - número de análises. Óxidos em peso %. Número de catiões calculado com base em 11 átomos de oxigénio.

Analista: I. M. H. R. Antunes.

A ripidolite do filão de quartzo com barite, galena e blenda e do pórfiro granodiorítico têm composição semelhante. Contudo a ripidolite do granito de duas micas apresenta teores mais baixos de Mg e mais elevados de Fe do que estas (Fig. 15, 16, Tabela XI). No pórfiro granodiorítico, a pincoclorite é mais rica em Mg, Si, Mn, e mais pobre em Fe/(Fe+Mg), Fe, Ti e Al^{IV} do que a ripidolite.

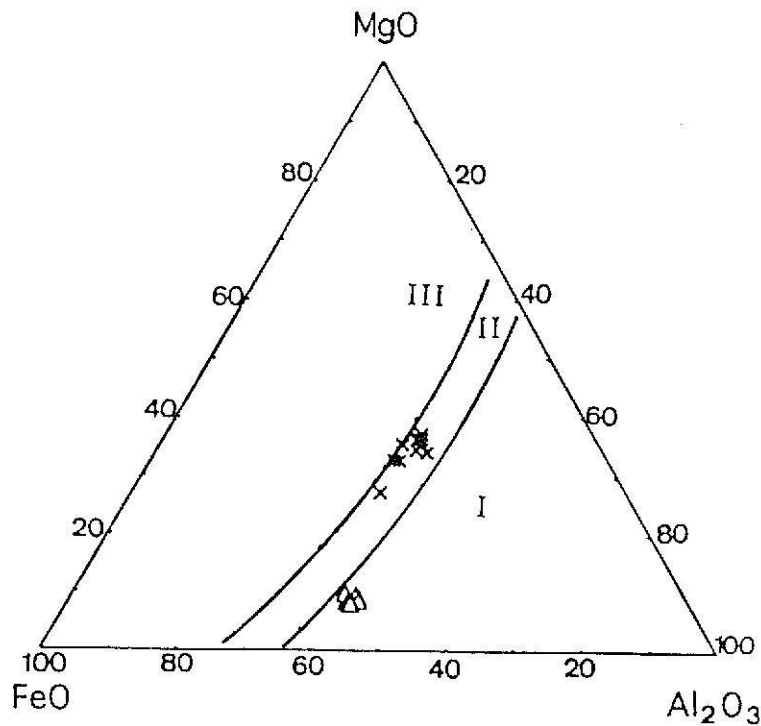


Fig. 10 - Projecção da biotite das rochas graníticas de Segura no diagrama MgO-FeO_{total}-Al₂O₃ de Nockolds (1947). Campo das biotites: I - coexistente com moscovite, II - não coexistente com outros minerais máficos, III - coexistente com piroxena e anfíbola. Símbolos - Biotites de: Δ - granito de duas micas, x - pórfiro granodiorítico.

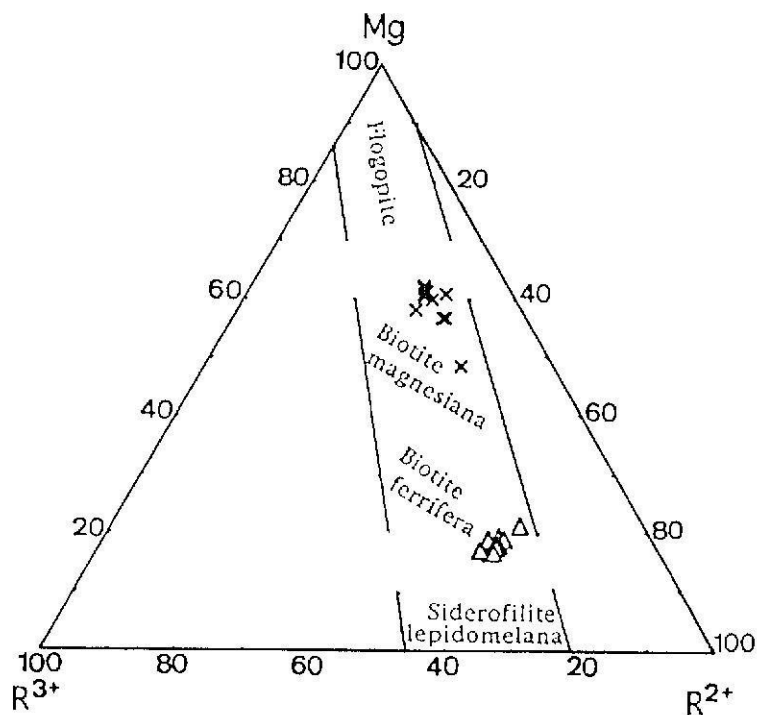


Fig. 11 - Projecção da biotite das rochas graníticas de Segura no diagrama de Foster (1960). $R^{3+} = Al^{VI} + Ti + Fe^{3+}$, $R^{2+} = Fe^{2+} + Mn$. Símbolos como os da Fig. 10.

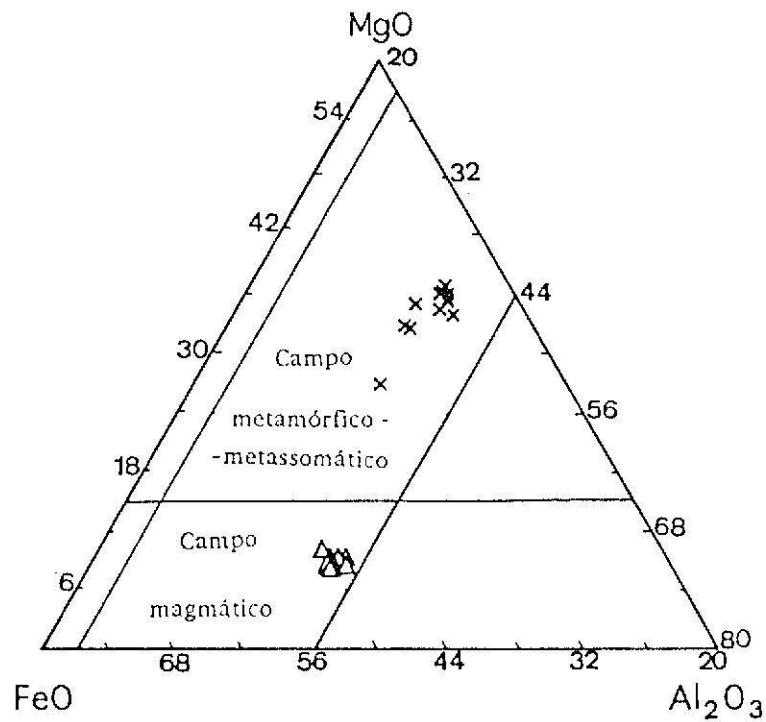


Fig. 12 - Diagrama $MgO-FeO_{total}-Al_2O_3$ para as biotites das rochas graníticas de Segura, segundo Gokhale (1968).
Símbolos como os da Fig. 10.

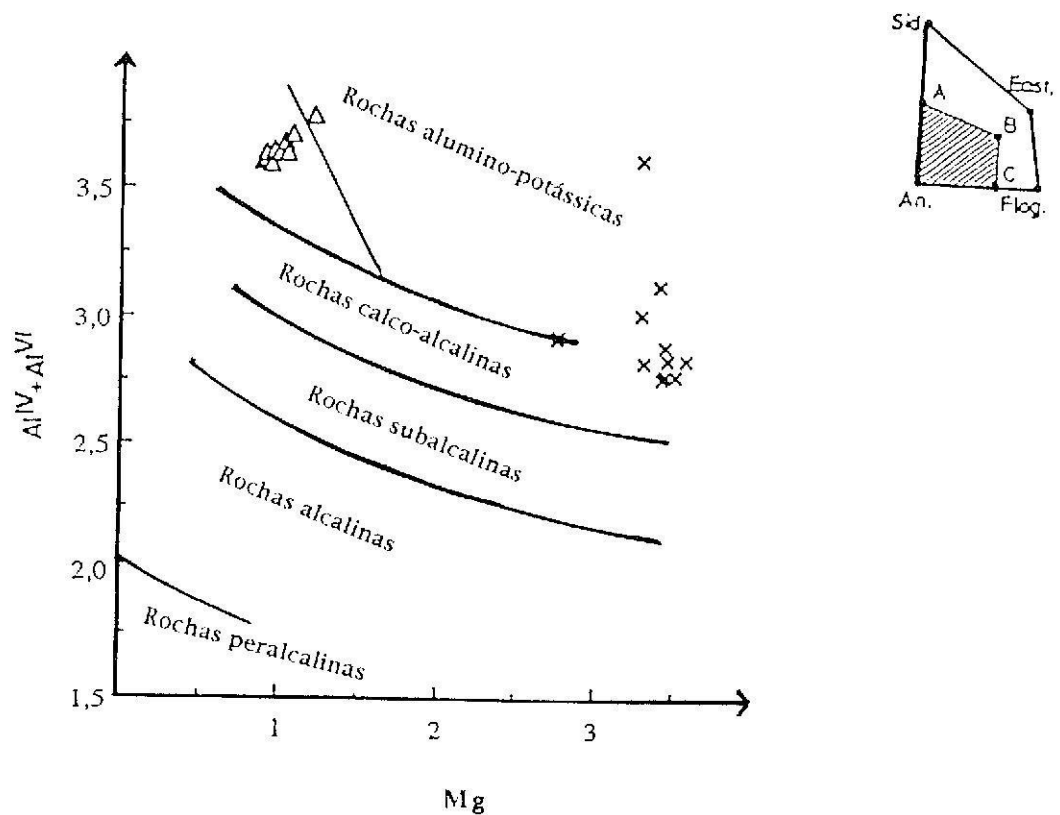


Fig. 13 - Projecção da biotite das rochas graníticas de Segura no diagrama Al_{total} versus Mg , segundo Nachit et al. (1985).
Símbolos como os da Fig. 10.

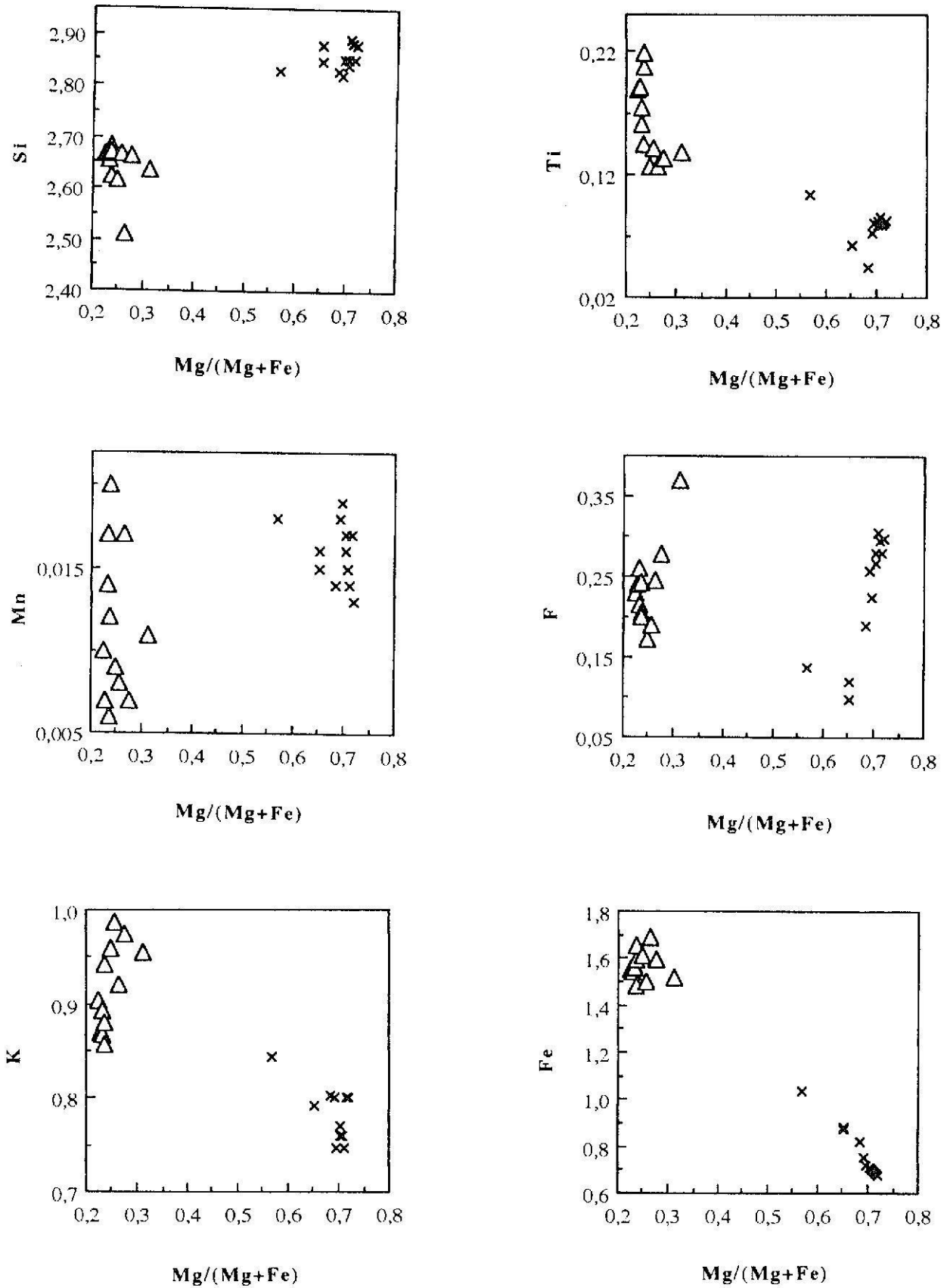


Fig. 14 - Diagramas de variação da biotite das rochas graníticas de Segura. Símbolos como os da Fig. 10.

Tabela XI - Composições químicas e fórmulas estruturais de clorites das rochas graníticas e filão de quartzo com barite, galena e blenda de Segura

	1		2		3		4	
	Méd.	D. pad.	Méd.	D. pad.	Méd.	D. pad.	Méd.	D. pad.
SiO ₂	24.26	0.12	24.24	0.20	27.53	0.49	24.48	0.37
TiO ₂	0.06	0.03	0.08	0.02	0.01	0.01	0.06	0.02
Al ₂ O ₃	21.26	0.61	22.48	0.24	20.14	0.20	22.85	0.26
Cr ₂ O ₃	-	0.00	-	-	0.01	-	-	-
FeO	35.17	0.82	26.11	0.08	18.62	0.89	26.28	0.15
MnO	0.31	0.03	0.20	0.01	0.44	0.04	0.22	0.03
MgO	5.28	0.19	15.24	0.25	18.00	0.72	14.96	0.44
CaO	0.04	0.01	0.01	0.01	0.04	0.01	0.02	0.01
BaO	0.06	0.03	0.04	0.02	0.05	0.03	0.01	0.02
Na ₂ O	0.05	0.01	0.01	0.01	-	-	-	0.01
K ₂ O	0.08	0.06	0.09	0.06	0.04	0.01	0.10	0.05
Cl	na	-	-	-	-	0.01	na	-
F	0.16	0.11	-	-	0.11	0.01	-	-
Total	87.09		88.47		85.02		88.98	
Si	5.444	0.067	5.099	0.046	5.763	0.066	5.115	0.058
Al ^{IV}	2.556	0.067	2.901	0.046	2.237	0.066	2.885	0.058
Z	8.00		8.00		8.00		8.00	
Al ^{VI}	3.161	0.050	2.670	0.042	2.732	0.023	2.743	0.094
Ti	0.010	0.006	0.012	0.004	0.002	0.001	0.010	0.002
Cr	-	-	-	-	0.002	0.001	-	-
Fe	6.599	0.110	4.592	0.007	3.259	0.180	4.591	0.025
Mn	0.059	0.005	0.035	0.002	0.079	0.008	0.039	0.005
Mg	1.766	0.039	4.779	0.081	5.618	0.183	4.660	0.156
Y	11.60		12.09		11.69		12.03	
Ca	0.009	0.002	0.001	0.001	0.010	0.002	0.005	0.003
Ba	0.005	0.002	0.003	0.002	0.004	0.003	0.001	0.001
Na	0.024	0.005	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002
K	0.022	0.019	0.024	0.016	0.011	0.002	0.026	0.013
X	0.06		0.03		0.03		0.03	
Cl	na	-	-	-	0.001	0.002	na	-
F	0.115	0.080	-	-	0.071	0.008	-	-
N	7		4		5		7	

1 - Granito de duas micas (ripidolite); 2 - pórfiro granodiorítico (ripidolite); 3 - pórfiro granodiorítico (picnoclorite); 4 - filão de quartzo com barite, galena e blenda (ripidolite). Méd. - valor médio, D.pad. - desvio padrão. - valor abaixo do limite de detecção; na - não analisado. N - número de análises. Óxidos em peso %. Número de catiões calculado com base em 28 átomos de oxigénio.

Analista: I. M. H. R. Antunes.

Os pequenos valores de desvio padrão obtidos para os diferentes elementos químicos da clorite de Segura indicam a composição química homogénea deste mineral e que foi atingido o seu estado de equilíbrio (Xie et al., 1997). O somatório dos catiões octaédricos é próximo de 12, confirmando que a clorite é predominantemente octaédrica.

Comparando as biotites e clorites coexistentes nas rochas graníticas verifica-se que o processo de cloritização desencadeou enriquecimento em Al^{IV}, Al^{VI}, Fe, Mn e Mg e empobrecimento em Ti e K (Tabela X, Tabela XI); como encontrado nos granitóides da região da Guarda (Ramos, 1998). Sendo a cloritização um processo resultante da reacção de fluidos

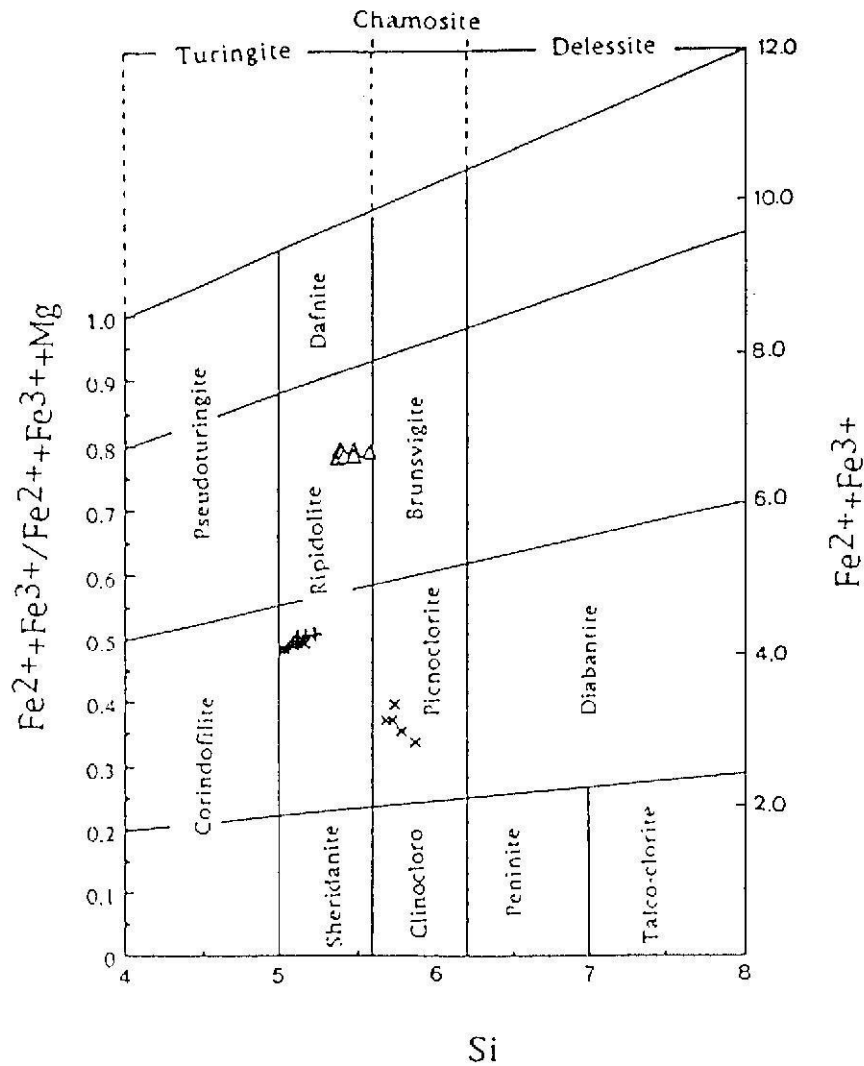


Fig. 15 - Classificação de orto-clorites e clorites oxidadas, segundo Deer et al. (1962).

Símbolos: Clorite de: Δ - granito de duas micas; x - pórfiro granodiorítico (ripidolite); $*$ - pórfiro granodiorítico (picnoclorite); $+$ - filão de quartzo com barite, galena e blenda.

hidrotermais com as biotites, a composição da clorite dependerá de ambos (Pinto & Sousa, 1991). A composição química da clorite depende directamente da sua estrutura e da associação mineralógica encontrada nos diferentes tipos de rochas (Xie et al., 1997; Chabu, 1995; Guidotti et al., 1991).

A ocorrência de ripidolite e picnoclorite no pórfiro granodiorítico será provavelmente atribuída a diferentes fases de alteração, sendo a picnoclorite posterior à ripidolite.

4.3.3. MOSCOVITES

As análises químicas e fórmulas estruturais de moscovites das rochas graníticas, dos filões de quartzo com cassiterite e volframite e dos filões de quartzo com barite, galena e blenda da região de Segura são apresentadas na Tabela XII.

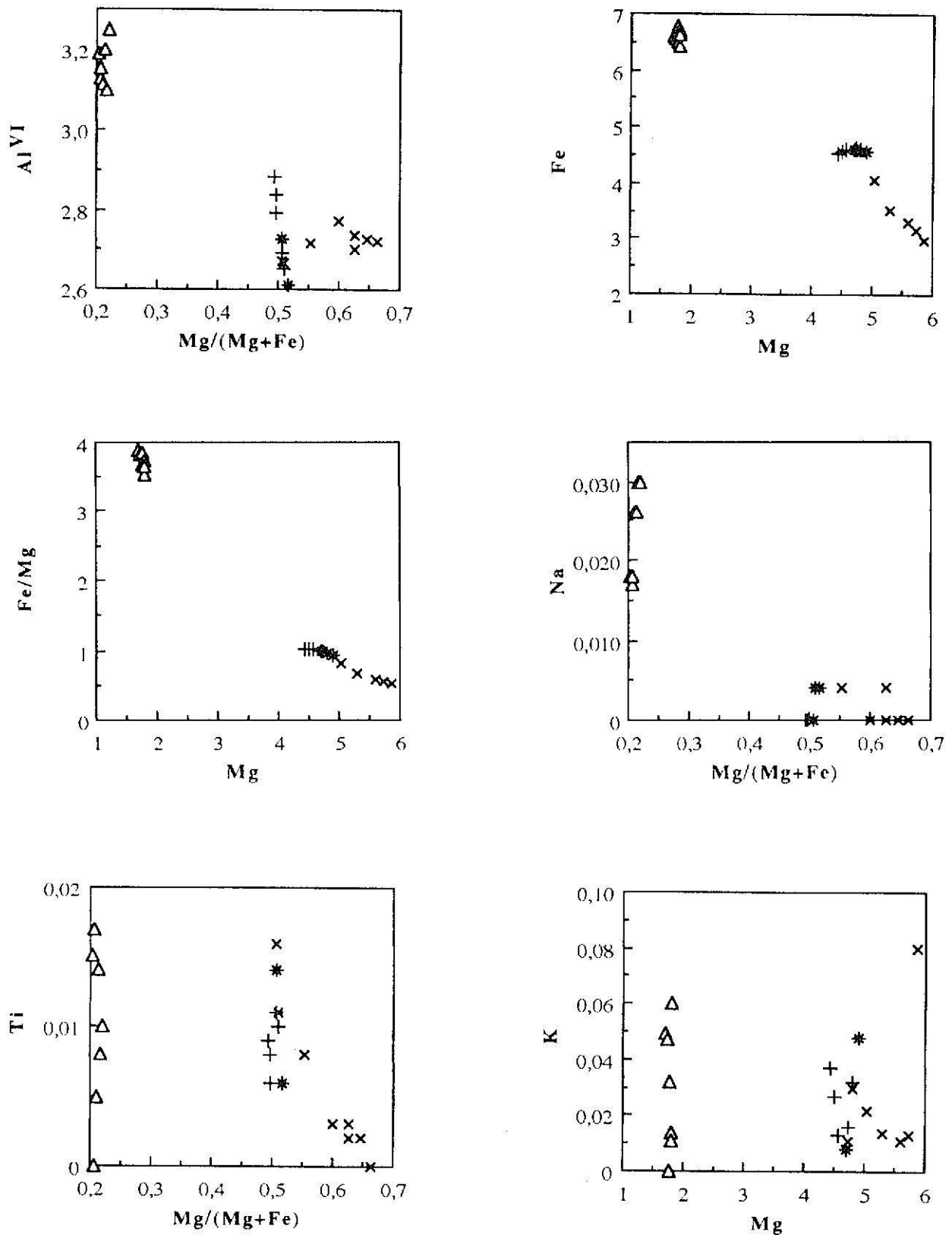


Fig. 16 - Diagramas de variação da clorite de rochas graníticas e filão de quartzo com barite, galena e blenda de Segura. Símbolos como os da Fig. 15.

Tabela XII - Análises químicas e fórmulas estruturais de moscovites das rochas graníticas e filões de quartzo mineralizados da região de Segura

	1		2		3		4		5		6		7	
	Méd.	D. pad.	Méd.	D. pad.	Méd.	D. pad.	Méd.	D. pad.	Méd.	D. pad.	Méd.	D. pad.	Méd.	D. pad.
SiO ₂	45.52	0.89	45.74	1.67	46.38	0.64	46.42	1.71	47.69	1.38	49.46	0.41	45.18	0.39
TiO ₂	0.15	0.06	0.12	0.10	0.27	0.15	0.02	0.03	0.23	0.10	0.13	0.06	0.34	0.06
Al ₂ O ₃	35.23	0.46	33.61	1.75	33.08	1.18	35.83	0.60	32.02	2.04	30.67	0.87	32.78	0.32
Cr ₂ O ₃	0.02	0.02	0.02	0.03	-	-	0.02	0.02	0.01	0.03	-	-	-	-
FeO	1.51	0.11	2.84	0.54	3.24	1.15	0.80	0.48	1.55	0.59	1.05	0.15	2.39	0.07
MnO	0.04	0.03	0.05	0.04	0.07	0.06	0.13	0.10	0.03	0.04	0.02	0.02	0.01	0.01
MgO	0.68	0.05	0.17	0.12	0.28	0.07	0.04	0.04	1.98	0.16	2.53	0.41	1.80	0.11
CuO	-	0.01	0.02	0.04	-	0.01	0.01	0.01	-	-	0.01	0.01	0.01	0.02
BaO	0.03	0.04	0.03	0.04	0.01	0.02	0.02	0.03	0.18	0.09	0.06	0.06	0.14	0.02
Na ₂ O	0.75	0.15	0.63	0.16	0.53	0.18	0.51	0.19	0.51	0.20	0.44	0.06	0.18	0.04
K ₂ O	10.66	0.32	9.63	0.57	10.11	0.43	9.48	0.30	9.66	0.60	9.52	0.12	11.32	0.06
CaO	0.02	0.03	-	0.01	0.02	0.03	-	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
F	0.50	0.43	1.75	0.47	1.53	0.35	0.97	0.37	1.31	0.40	1.68	0.32	0.14	0.14
Total	95.04		94.63		95.32		94.28		95.22		95.55		94.29	
O=F	0.21		0.74		0.64		0.41		0.55		0.71		0.06	
Total	94.83		93.89		94.88		93.87		94.67		94.84		94.23	
Si	3.046	0.022	3.080	0.045	3.107	0.031	3.090	0.052	3.171	0.056	3.254	0.020	3.083	0.019
Al ^{IV}	0.954	0.021	0.920	0.045	0.893	0.031	0.910	0.052	0.829	0.055	0.746	0.020	0.917	0.019
Z	4.00		4.00		4.00		4.00		4.00		4.00		4.00	
Al ^{VI}	1.831	0.032	1.750	0.056	1.718	0.071	1.904	0.042	1.679	0.072	1.633	0.054	1.721	0.013
Ti	0.008	0.003	0.006	0.005	0.014	0.008	0.001	0.001	0.012	0.005	0.006	0.003	0.018	0.003
Cr	-	0.001	0.001	0.002	-	-	0.001	0.001	-	0.002	-	-	-	-
Fe	0.085	0.007	0.159	0.034	0.182	0.067	0.044	0.026	0.087	0.033	0.058	0.008	0.136	0.004
Mn	0.002	0.002	0.004	0.010	0.004	0.004	0.007	0.006	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.003
Mg	0.068	0.006	0.018	0.014	0.028	0.008	0.004	0.004	0.197	0.020	0.248	0.040	0.183	0.011
Y	1.99		1.94		1.95		1.96		1.98		1.95		2.06	
Ca	-	-	0.001	0.003	-	0.001	0.001	0.001	-	-	0.001	0.001	0.001	0.001
Ba	0.001	0.001	-	0.001	-	0.001	-	0.001	0.005	0.002	0.002	0.001	0.004	0.004
Na	0.098	0.019	0.083	0.020	0.069	0.024	0.070	0.021	0.065	0.025	0.056	0.008	0.024	0.005
K	0.912	0.033	0.829	0.051	0.864	0.041	0.806	0.035	0.820	0.052	0.799	0.012	0.986	0.005
Cs	0.002	0.006	-	0.004	0.001	0.001	-	0.001	-	-	0.001	0.001	-	-
X	1.01		0.91		0.93		0.88		0.89		0.86		1.02	
F	0.038	0.049	0.364	0.109	0.323	0.073	0.204	0.078	0.277	0.08	0.349	0.07	0.030	0.031
Fe+Mg	0.15	0.01	0.18	0.04	0.21	0.07	0.050	0.03	0.28	0.05	0.28	0.05	0.32	0.01
Na100/(Na+K)	9.64	1.78	9.10	2.25	7.39	2.48	7.94	2.20	7.34	2.89	7.34	2.71	2.39	0.50
N	11		44		15		18		14		6		8	

1 - Granito de duas micas; 2 - granito moscovítico; 3 - aplito granítico; 4 - pegmatito de Cabeço Queimado; 5 - filão de quartzo com cassiterite e volframite (moscovite associada à cassiterite); 6 - filão de quartzo com cassiterite e volframite (moscovite associada à volframite); 7 - filão de quartzo com barite, galena e blanda de Vale de Lobos. Méd. - valor médio; D. pad. - desvio padrão; N - número de análises. Rh₂O é inferior ao limite de detecção. - valor abaixo do limite de detecção. Oxídidos em peso %. Número de cátions calculado com base em 11 átomos de oxigênio. Análises: J. M. H. R. Antunes.

As composições das moscovites do granito de duas micas, granito moscovítico e aplito granítico geralmente sobrepõem-se (Fig. 17). A moscovite do pegmatito é a mais rica em $Al^{IV}+Al^{VI}$ e a mais pobre em $Fe+Mg$ por ser a mais evoluída. As moscovites dos filões de quartzo e alguma da moscovite do granito moscovítico e aplito são as mais ricas em $Fe+Mg$ e tendem a ser das mais pobres em $Al^{IV}+Al^{VI}$ por serem hidrotermais (Fig. 17). As composições químicas das moscovites dominantes dos granitos, aplito e pegmatito confirmam as observações texturais indicando que são geralmente magmáticas. Contudo no granito moscovítico e aplito há também moscovite hidrotermal tabular como revelado pela composição química.

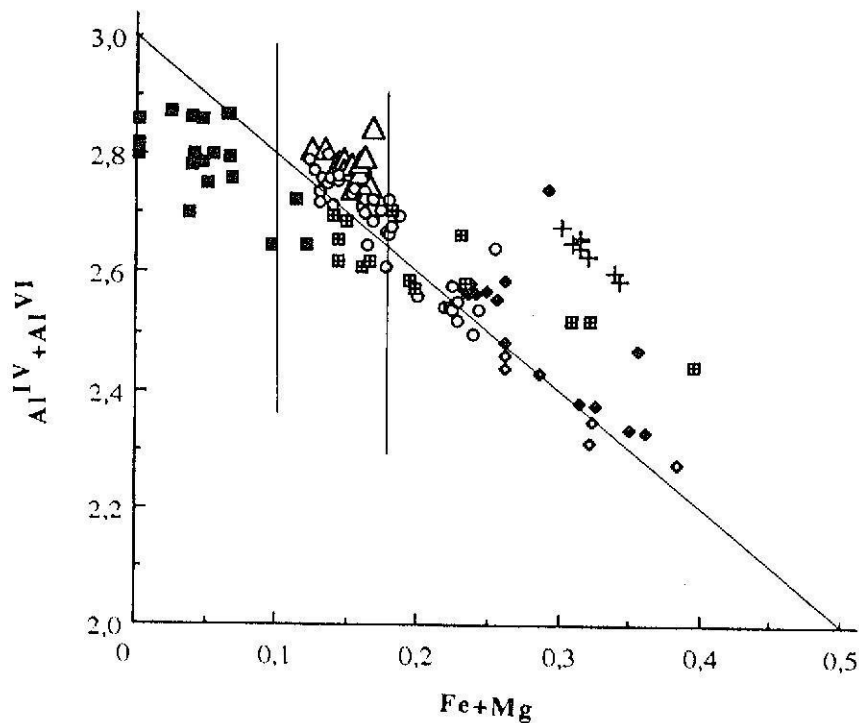


Fig. 17 - Diagrama $(Fe^{2+}+Mg) - (Al^{IV}+Al^{VI})$ para a moscovite das rochas graníticas e filões de quartzo mineralizados da região de Segura. Os campos são adaptados de Neiva (1992), ver texto.

Símbolos: Moscovites de: Δ - granito de duas micas; \circ - granito moscovítico; \boxplus - aplito; \blacksquare - pegmatito granítico do Cabeço Queimado; \blacklozenge - filão de quartzo com cassiterite e volframite (moscovite tabular); \lozenge - filão de quartzo com cassiterite e volframite (moscovite radial associada à volframite); $+$ - filão de quartzo com barite, galena e blenda.

A moscovite do granito de duas micas e moscovite do pegmatito granítico definem uma sequência de diferenciação magmática (Fig. 18), mostrando decréscimo em Ti, Fe, Mg, $Mg/(Mg+Fe)$ e aumento em Al^{VI} da moscovite do granito para a moscovite do pegmatito (Neiva, 1975). Os gráficos de Al^{VI} versus Mg e Fe também exprimem esta sequência. Além disso, a moscovite do pegmatito possui também mais Si, Mn e F do que a moscovite do granito de duas micas (Tabela XII). As moscovites do granito moscovítico e do aplito têm composição idêntica e não pertencem à sequência definida (Fig. 18). O granito moscovítico corresponderá a uma pulsação magmática distinta e provavelmente o aplito estará relacionado com este granito como sugerem as composições das moscovites. A grande dispersão na composição das moscovites deve-se a em cada uma destas duas rochas existir moscovites magmática e hidrotermal (Fig. 17).

A moscovite dos filões de quartzo com cassiterite e volframite e filão de quartzo com barite, galena e blenda são hidrotermais e, por isso, são geralmente mais ricas em $Mg/(Mg+Fe)$, Mg, $Fe+Mn+Mg$, teor de celadonite ($Fe+Mg$) e mais pobres em Al^{VI} , $Al^{IV}+Al^{VI}$ e teor em

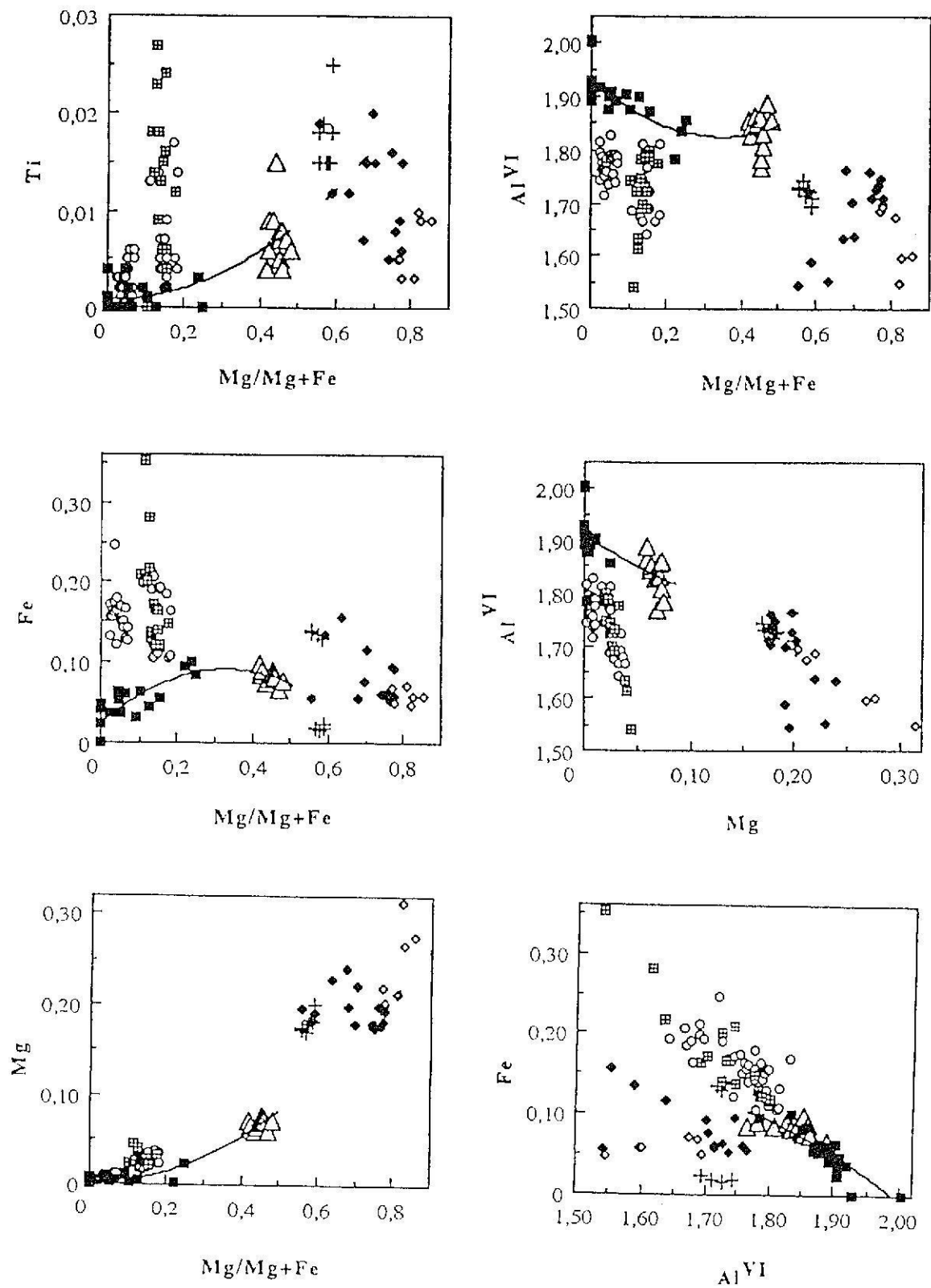


Fig. 18 - Diagramas de variação da moscovite das rochas graníticas e dos filões de quartzo mineralizados da região de Segura. Símbolos como os da Fig. 17.

paragonite $[Na100/(Na+K)]$ do que as moscovites magmáticas (Fig. 18 e Tabela XII), como encontrado por Neiva (1992) na área de Jales.

Nos filões de quartzo, a moscovite radial associada à volframite é mais tardia do que a moscovite tabular que localmente está associada à cassiterite. Por isso a moscovite associada à volframite é geralmente a mais rica em $Mg/(Mg+Fe)$ e Mg (Fig. 18).

A moscovite dos filões de quartzo com barite, galena e blenda é mais pobre em F e teor de paragonite, mas mais enriquecida em Al^{IV} do que a moscovite dos filões de quartzo com cassiterite e volframite (Tabela XII e Fig. 18).

A moscovite das rochas graníticas de Segura localiza-se preferencialmente próximo do vértice aluminoso no diagrama triangular $Mg - Al^{IV}+Al^{VI} - Fe+Mn$ (Fig. 19), à semelhança do encontrado na moscovite de granitóides e aplitos da região da Guarda (Ramos, 1998). Da moscovite do granito de duas micas para a moscovite do pegmatito, a sequência evolutiva é marcada pelo aumento de Al_{total} e decréscimo de Mg . As moscovites do granito moscovítico e do aplito individualizam-se por uma tendência menos aluminosa e mais ferrífera do que a moscovite do pegmatito granítico. A moscovite dos filões de quartzo mineralizados são as mais ricas em Mg (Fig. 19).

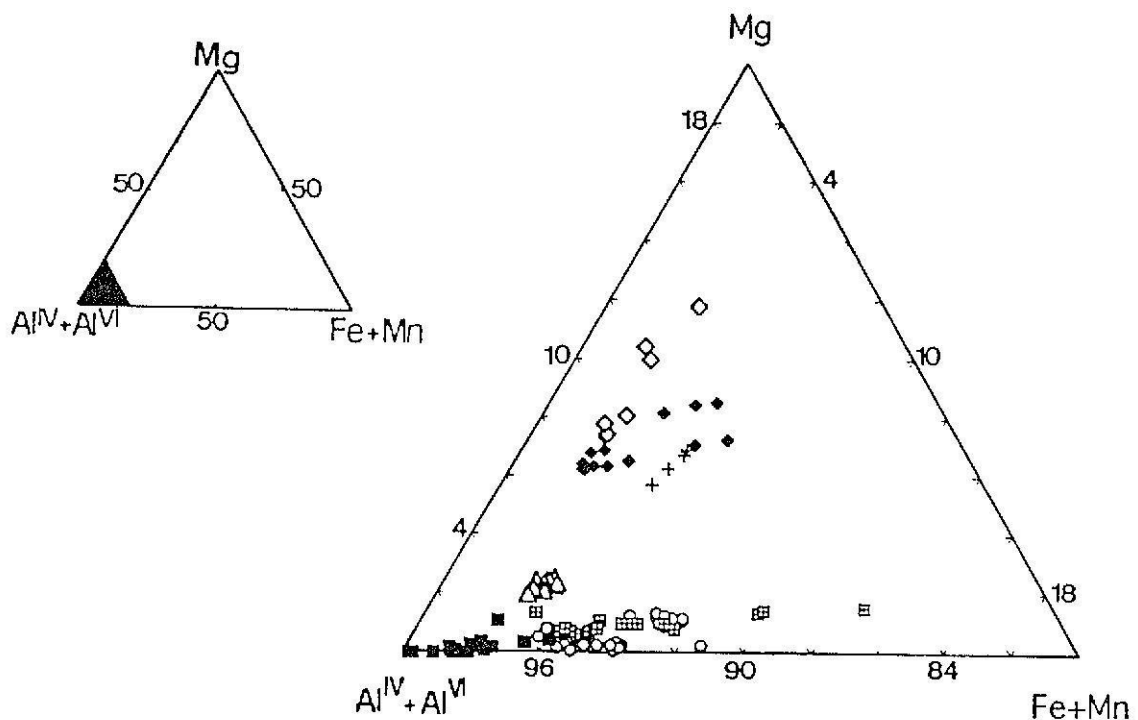


Fig. 19 - Diagrama $Mg - Al^{IV}+Al^{VI} - Fe+Mn$ para a moscovite das rochas graníticas e filões de quartzo mineralizados da região de Segura. a. mostra a localização de b onde estão projectadas as moscovites.

Símbolos como os da Fig. 17.

4.3.4. COEXISTÊNCIA DE MICAS

A coexistência de micas é apenas observada no granito de duas micas. O coeficiente de distribuição de Fe e Mg entre micas coexistentes foi calculado segundo a equação de Butler (1967):

$$X_D = [X_{Mg}^M (1 - X_{Mg}^B)] / [X_{Mg}^B (1 - X_{Mg}^M)] \quad \text{onde}$$

$X_{Mg}^M = Mg / (Mg + Fe^{2+})$ na moscovite e $X_{Mg}^B = Mg / (Mg + Fe^{2+})$ na biotite, com as concentrações em proporções atômicas.

K_D tem um valor médio de 2.44 e varia entre 2.14 e 2.78; correspondendo a um intervalo de valores superior ao admitido para cristalização em equilíbrio (X_D de 1-1.5 dado por Butler, 1967).

Só foram encontradas as correlações para Si e K das micas coexistentes (Fig. 20).

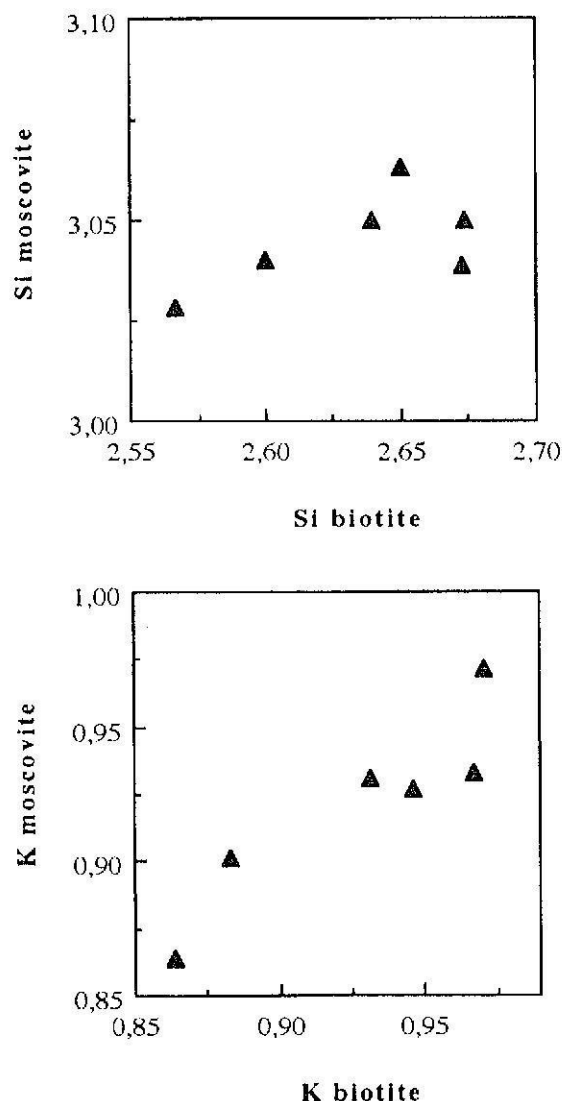


Fig. 20 - Diagramas de distribuição entre biotite e moscovite do granito de duas micas da região de Segura.

4.3.5. LEPIDOLITE

As composições químicas e fórmulas estruturais da lepidolite do pegmatito granítico de Segura são apresentadas na Tabela XIII. Situa-se predominantemente na parte superior do campo

Tabela XIII - Composições químicas e fórmulas estruturais da lepidolite do pegmatito granítico de Segura

	<u>Méd.</u>	<u>D. pad.</u>
SiO ₂	52.03	1.16
TiO ₂	0.02	0.02
Al ₂ O ₃	24.52	1.06
Cr ₂ O ₃	0.02	0.04
FeO	0.12	0.38
MnO	0.44	0.61
MgO	0.01	0.01
CaO	0.01	0.03
Li ₂ O	4.35	-
BaO	0.02	0.03
Na ₂ O	0.29	0.07
K ₂ O	9.71	0.38
Rb ₂ O	0.84	0.24
Cs ₂ O	0.15	0.06
F	7.57	0.96
Total	100.10	
Si	6.441	0.093
Al ^{IV}	1.559	0.093
Z	8.00	
Al ^{VI}	2.019	0.103
Ti	0.002	0.002
Cr	0.002	0.004
Fe	0.013	0.041
Mn	0.046	0.066
Mg	0.002	0.002
Li	2.166	0.038
Y	4.25	
Ca	0.002	0.004
Ba	0.001	0.002
Na	0.070	0.017
K	1.534	0.076
Rb	0.067	0.020
Cs	0.008	0.003
X	1.68	
F	3.519	0.348
Fe+Mg	0.015	0.038
Na100/(Na+K)	4.36	1.010
N	39	

Méd. - valor médio; D. pad. - desvio padrão. N- número de análises*. - valor abaixo do limite de detecção. Óxidos em peso %. Número de catiões calculado com base em 22 átomos de oxigénio. * numa amostra foi determinada a percentagem de Li₂O.

Analista: I. M. H. R. Antunes.

da lepidolite (Fig. 21) e os baixos teores de Fe, Mn e Mg são responsáveis por ter $\leq 10\%$ de cátions bivalentes. No diagrama de Foster (1960b) também se situa no campo da lepidolite (Fig. 22).

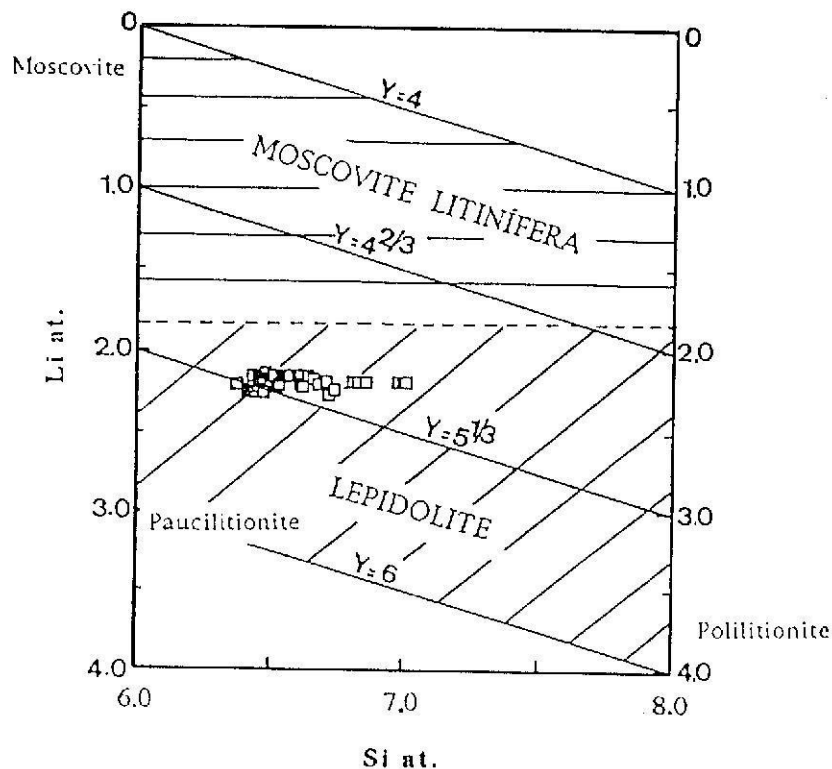


Fig. 21 - Lepidolite do pegmatito granítico de Segura projectada no diagrama composicional de moscovite litinífera e lepidolite, segundo Deer et al. (1962).

Simbolos: □ - lepidolite do pegmatito.

Da moscovite do pegmatito granítico para a lepidolite coexistente há aumento em F, Rb e K/Rb e decréscimo em $Al^{IV}+Al^{VI}$, em função do aumento em Si (Fig. 23). Contudo há uma descontinuidade entre as duas composições em todos os diagramas, sugerindo que moscovite e lepidolite não estão directamente relacionadas, mas a lepidolite substitui a moscovite como mostram as observações petrográficas.

A lepidolite concentra maior quantidade de elementos alcalinos raros do que a moscovite, devido ao ângulo de rotação tetraédrico (α) estabelecido entre estes dois minerais (Lagache & Quéméneur, 1997). Assim, Rb_2O e Cs_2O aumentam desde a moscovite do pegmatito para a lepidolite, com aumento de Li_2O , enquanto o teor de paragonite decresce (Tabela XII e XIII) (Černý & Burt, 1984).

Os teores mais elevados de Li, Rb, Cs e F são indicadores da fraccionamento geoquímica dos líquidos magmáticos (Charoy & Noronha, 1995; Neves, 1993; Černý et al., 1985). Embora ocorram em alguns dos minerais formados durante a cristalização magmática tendem a permanecer no líquido magmático e concentram-se, preferencialmente, nos últimos estádios de diferenciação a que correspondem os pegmatitos e em fases de substituição.

A fase litinífera desenvolve-se nos pegmatitos apenas em condições de elevadas concentrações de lítio, com acumulação de alguns silicatos litiníferos como a espodumena e petalite. Estes silicatos não foram encontrados no pegmatito granítico de Segura devido à maior actividade do flúor que promove uma maior estabilização para a lepidolite comparativamente aos

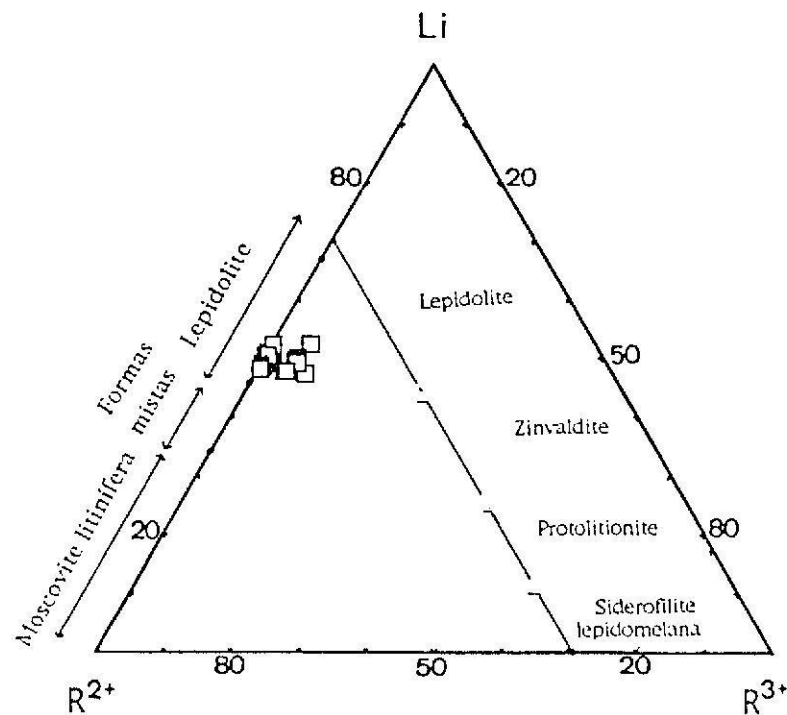


Fig. 22 - Projeção da lepidolite do pegmatito granítico de Segura, no diagrama triangular Li-R³⁺-R²⁺ de Foster (1960b). R³⁺ = Al^{VI}+Ti⁴⁺; R²⁺ = (Fe²⁺, Mn, Mg). Símbolos como os da Fig. 21.

outros aluminossilicatos ou aos fosfatos de lítio (Charoy et al., 1995; Neves, 1993; London & Burt, 1982a). A própria associação mineralógica com topázio - lepidolite - quartzo - amblygonite encontrada em pegmatitos altamente diferenciados e no pegmatito granítico de Segura é característica de condições ácidas não correspondentes aos campos de estabilidade dos silicatos litiníferos referidos atrás (Wise, 1995; Neves, 1993; London & Burt, 1982a). A cristalização intensa de lepidolite ocorre numa fase litinífera tardia com elevada concentração de Li e F conjuntamente com voláteis alcalinos raros e elevada fugacidade do oxigénio (Neves, 1993).

A composição química da lepidolite de Segura é semelhante à da lepidolite do tipo II encontrada na mina do Castanho nº1 (Gonçalo-Guarda), estudada por Neves (1993).

A lepidolite concentra também teores mais elevados de Rb do que a microclina coexistente (Tabela XIII e IV). A própria estrutura das micas litiníferas é mais favorável à incorporação de catiões alcalinos, tornando-as um dos poucos minerais que concentram Rb do fluido aquoso; possível de avaliar a partir do coeficiente de partição entre a lepidolite e a solução (Lagache & Quéméneur, 1997).

A composição química dos minerais máficos acessórios, como as micas, é um indicador do enriquecimento do magma em lítio. Contudo, o teor em lítio de uma rocha granítica não é representativo da concentração deste elemento químico no magma parental, uma vez que é excluído da solidificação dos magmas graníticos. Esta exclusão na cristalização mineral, durante a intrusão dos corpos graníticos, permite a acumulação de lítio no magma residual (Černý et al., 1985). Conjuntamente com outros elementos químicos e com o decréscimo da temperatura de

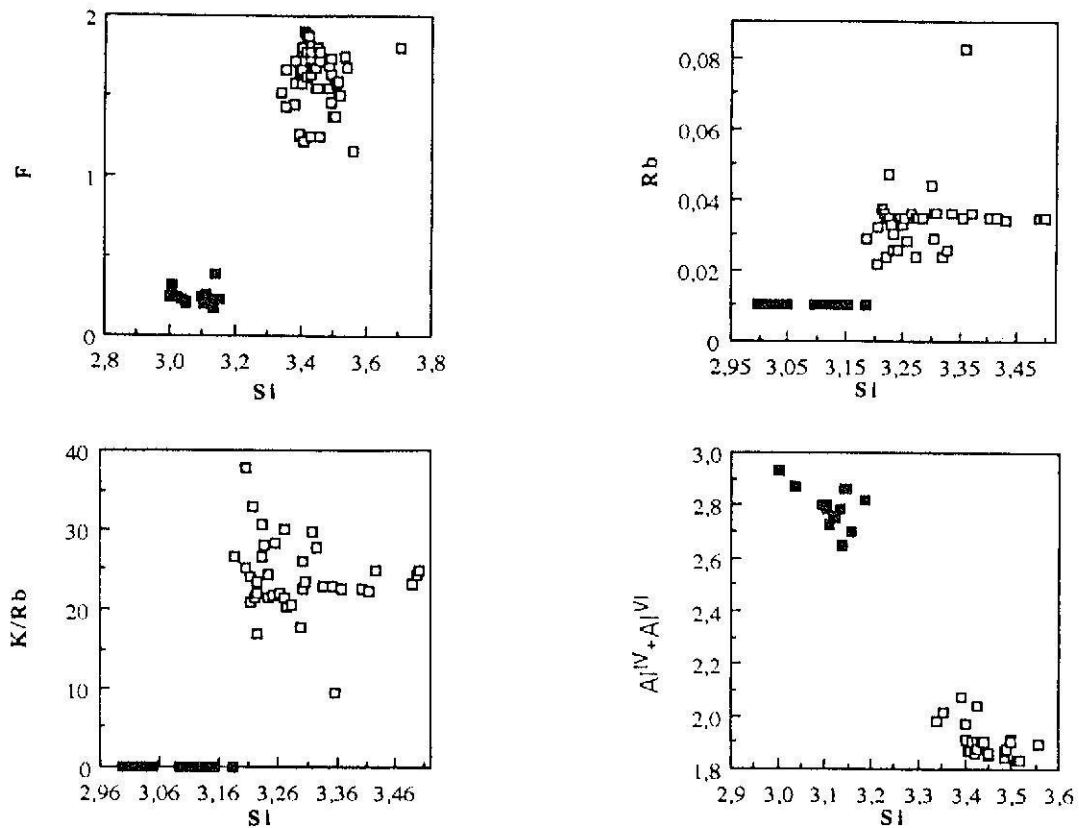


Fig. 23 - Diagramas de variação da moscovite e lepidolite do pegmatito granítico de Segura. Símbolos: ■ - moscovite do pegmatito; □ - lepidolite do pegmatito.

crystalização, desencadeiam-se mecanismos de transporte de Li e F promovendo a cristalização de moscovite litinífera, lepidolite e ambligonite.

4.4. TURMALINA

A turmalina foi encontrada no granito de duas micas e no aplito granítico em cristais isolados ou substituindo outros minerais, como o feldspato potássico no granito de duas micas. Geralmente não é zonada. As composições químicas e fórmulas estruturais da turmalina das rochas graníticas de Segura são apresentadas na Tabela XIV.

O zonamento pouco evidente e nem sempre presente nos cristais de turmalina do aplito granítico não permitiram a realização de perfis sequenciais no mesmo cristal para encontrar possível zonamento químico.

A composição da turmalina é influenciada pelo ambiente litológico em que ocorrem os vários factores petrogenéticos de que depende, bem como, pelas condições geoquímicas existentes durante o processo de génese das rochas graníticas (Robles et al., 1995). A sua composição pode ser utilizada como indicador petrogenético, pois a turmalina é bastante sensível às variações químicas que ocorrem nos diferentes ambientes geológicos (Henry & Guidotti, 1985). A composição da turmalina do granito de duas micas e aplito granítico de Segura é de escolrite; pelo que o diagrama de Mg *versus* Fe (London & Manning, 1995) foi seleccionado (Fig. 24 a). O diagrama R1+R2 *versus* R3 (London & Manning, 1995), onde R1=Na+Ca, R2=Fe_{total}+Mg+Mn, R3=Al+1.33Ti foi usado porque a troca $\{[R1]Al\}\{Na(Mg,Fe)\}-1$ é responsável pela composição deficiente em alcalis, enquanto a troca $\{R^{3+}O\}\{R^{2+}OH\}-1$ é uma reacção de perda de protão. As escolrites do granito de duas micas e do aplito resultaram predominantemente de um mecanismo

Tabela XIV - Composições químicas e fórmulas estruturais de turmalinas das rochas graníticas de Segura

	1		2	
	Méd.	D. pad.	Méd.	D. pad.
SiO ₂	35.71	1.30	35.05	0.28
TiO ₂	0.33	0.30	0.38	0.08
Al ₂ O ₃	34.63	0.79	33.62	0.60
FeO	10.79	0.83	14.24	0.39
MnO	0.03	0.05	0.08	0.06
MgO	0.16	0.65	0.63	0.12
CaO	0.10	0.04	0.07	0.01
Na ₂ O	1.88	0.13	1.90	0.11
K ₂ O	0.03	0.02	0.04	0.01
F	0.54	0.37	0.84	0.12
Total	87.20		86.86	
Si	5.844	0.122	5.869	0.041
Al	6.680	0.150	6.636	0.068
Mg	0.770	0.161	0.158	0.029
Ti	0.041	0.038	0.048	0.010
Fe	1.477	0.118	1.994	0.056
Mn	0.003	0.007	0.012	0.009
Na	0.597	0.047	0.617	0.040
Ca	0.018	0.007	0.012	0.002
K	0.007	0.004	0.008	0.001
F	0.280	0.190	0.446	0.066
N	12		8	

1 - Granito de duas micas; 2 - aplito granítico. Méd. - valor médio; D. pad. - desvio padrão. - Valor abaixo do limite de detecção. N - número de análises. Óxidos em peso %. Número de catiões calculado com base em 24.5 átomos de oxigénio.

Analista: I. M. H. R. Antunes.

de deficiência alcalina (Fig. 24 b). Este tipo de reacção é bastante mais abundante que a de substituição com perda de protão e relaciona-se com ambientes enriquecidos em água (Gallagher, 1988). Pontualmente no granito de duas micas pode predominar a reacção de perda de protão.

As escolrites das rochas graníticas de Segura foram, também, projectadas no diagrama Al-Fe_{total}-Mg de Henry & Guidotti (1985), localizando-se no campo da turmalina dos granitóides pobres em Li e seus pegmatitos e aplitos associados; o que está de acordo com a composição da rocha (Fig. 25). A escolrite do aplito granítico destaca-se por ser mais rica em Fe, Fe/(Fe+Mg) e mais pobre em Mg do que a escolrite do granito de duas micas, como encontrado em algumas escolrites de rochas graníticas de Portugal (Neiva, 1974; Ramos, 1998). Contudo as escolrites destas rochas graníticas estão separadas por uma grande descontinuidade composicional e os diagramas da Fig. 26 mostram que as turmalinas do aplito e granito de duas micas não estão relacionadas. Estas escolrites são interpretadas como magmáticas, mas de cristalização tardia como é sugerido texturalmente.

A escolrite presente no granito de duas micas e aplito indica que o boro esteve presente no magma originário destas rochas, tornando-o menos viscoso (Neiva, 1983).

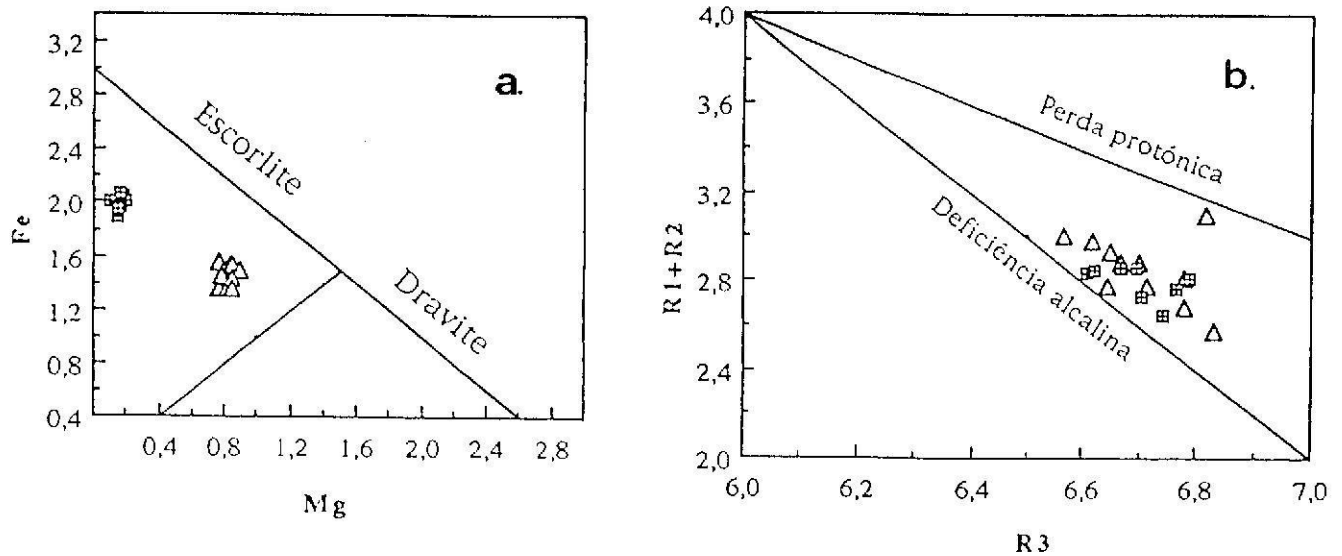


Fig. 24 - Projecção das turmalinas das rochas graníticas de Segura nos diagramas composicionais: a. Mg versus Fe, b. R3 versus R1+R2; segundo London & Manning (1995). Os vectores de substituição foram desenhados a partir da composição escorlite-dravite. R1 = Na+Ca; R2 = Fe_{total}+Mg+Mn; R3 = Al+1.33Ti.

Símbolos: Turmalina de: Δ - granito de duas micas; \boxplus - aplito granítico.

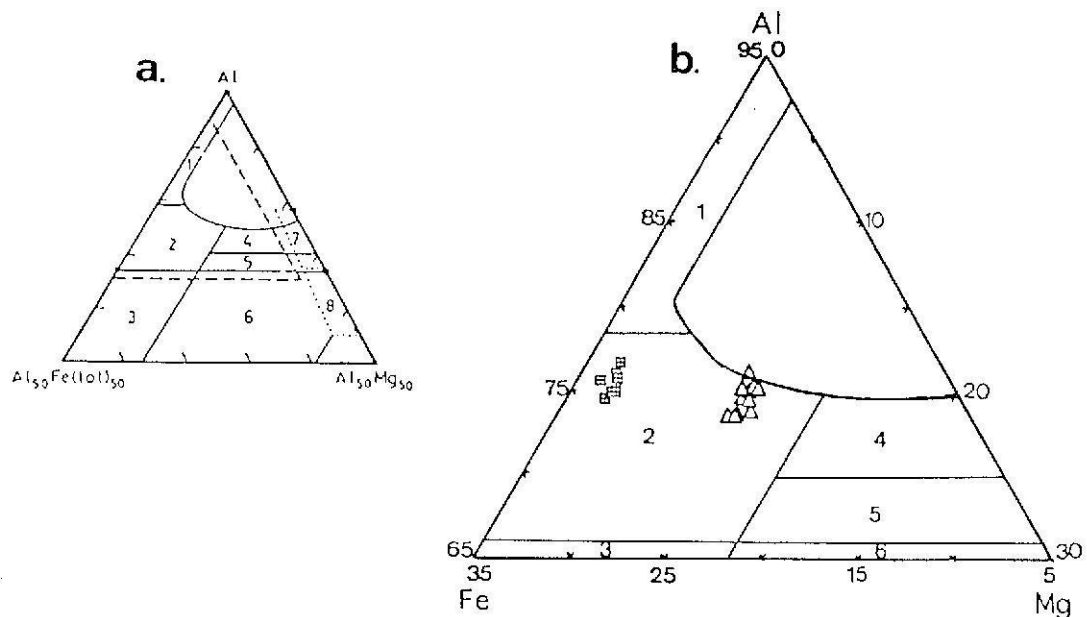


Fig. 25 - Projecção da escorlite das rochas graníticas de Segura no diagrama composicional Al_{total}-Fe-Mg, segundo Henry & Guidotti (1985). a. Campo da turmalina: 1 - pegmatito e aplitos graníticos ricos em Li; 2 - granitóides pobres em Li e seus pegmatitos e aplitos associados; 3 - rochas com quartzo e turmalinas ricas em Fe³⁺ (granitos alterados hidrotermalmente); 4 - metapelitos e metapsanitos coexistentes com uma fase saturada em Al; 5 - metapelitos e metapsanitos não coexistentes com uma fase saturada em Al; 6 - rochas com quartzo e turmalinas ricas em Fe³⁺, rochas calco-silicatadas e metapelitos; 7 - metaultramáficas pobres em Ca e metassedimentos ricos em Cr e V; 8 - metacarbonatos e metapiroxenitos. b. Turmalinas de Segura.

Símbolos como os da Fig. 24.

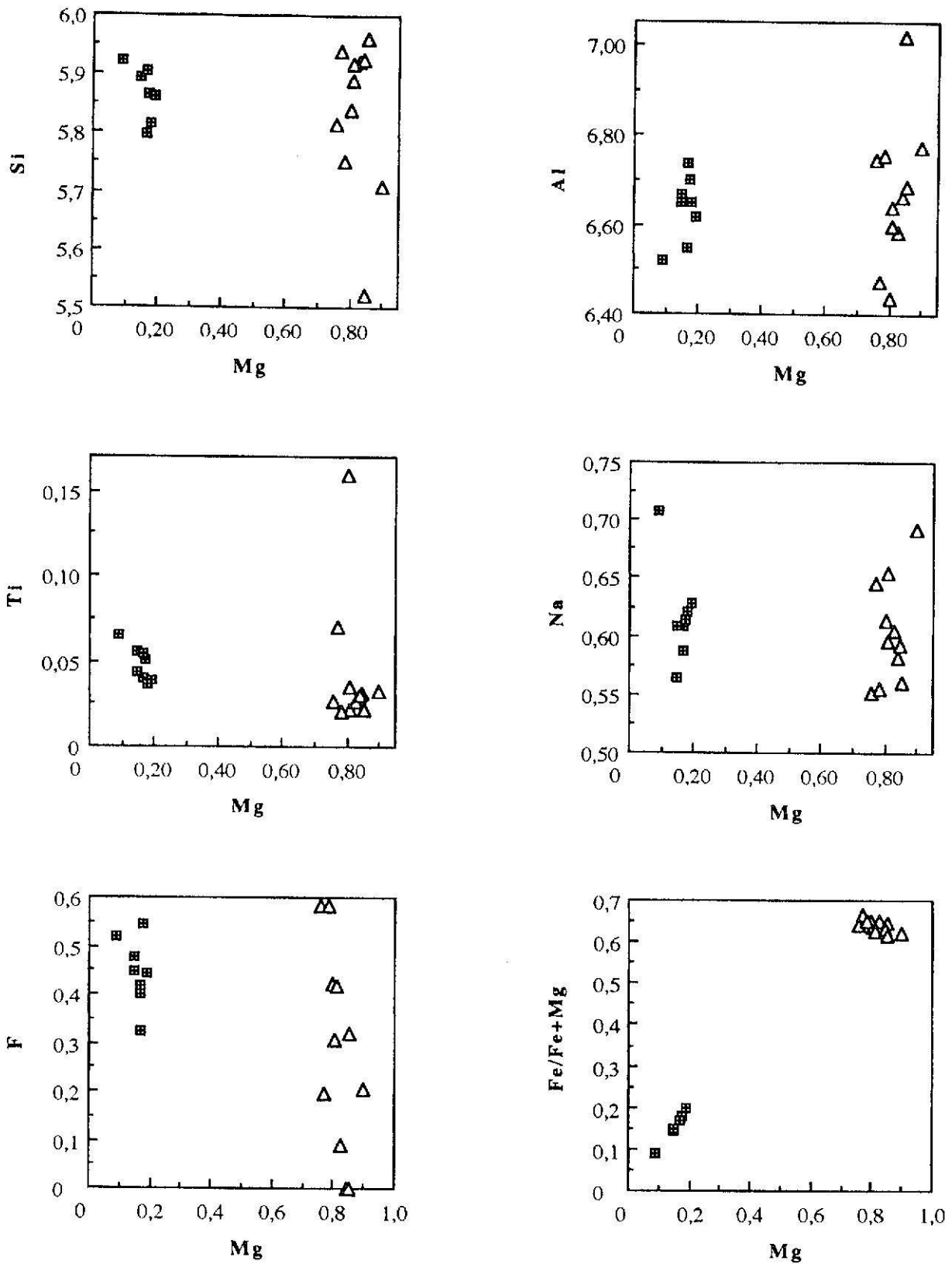


Fig. 26 - Diagramas de variação das escolites das rochas graníticas de Segura. Símbolos como os da Fig. 24.

A razão FeO/FeO+MgO na escorlite do granito de duas micas tem um valor médio de 0.77, enquanto na escorlite do aplito granítico assume valores mais elevados, variando entre 0.95 e 0.98.

4.5. TOPÁZIO

O topázio foi encontrado apenas no pegmatito granítico do Cabeço Queimado (Segura) e as suas análises químicas e fórmulas estruturais são apresentadas na Tabela XV. O topázio tem uma composição pouco variada (Tabela XV), pois a única substituição de elementos maiores ocorre entre F e OH apenas em quantidades limitadas. No topázio de Segura, o teor de F é inferior ao máximo teórico de 20.7% (Chang et al., 1997).

Tabela XV - Composições químicas e fórmulas estruturais de topázio do pegmatito granítico de Segura

	<u>Méd.</u>	<u>D. pad.</u>
SiO ₂	32.95	1.01
Al ₂ O ₃	56.85	0.74
FeO	0.01	0.02
MgO	-	0.01
CaO	0.01	0.01
F	13.73	2.19
Total	103.55	
O=F	5.78	
Total	97.77	
Si	4.204	0.546
Al	8.547	1.398
Fe	0.001	0.002
Mg	-	-
Soma	8.55	
F	5.539	0.861
N	65	

Méd. - valor médio; D. pad. - desvio padrão. - Valor abaixo do limite de detecção. N - número de análises. Óxidos em peso %. Número de catiões calculado com base em 24 átomos de oxigénio.
Analista: I. M. H. R. Antunes.

O aparecimento deste mineral indica alto nível de actividade do F, geralmente atingido em pegmatitos com gadolinite, pegmatitos de elementos raros do sub-tipo Li-F ou em pegmatitos miarolíticos. Nos pegmatitos de elementos raros, o topázio ocorre em cristais colunares, podendo constituir um mineral primário. Quando de deposição tardia ocorrem em cavidades associados a clevelandite, micas de lítio, espessartina, berilo e elbaite (Černý & Hawthorne, 1982). No pegmatito granítico de Segura, o topázio é de cristalização primária, bem como nas soleiras aplito-pegmatíticas de tipo estanífero da região do Seixo Amarelo (Ramos, 1998).

O topázio resultou de um magma enriquecido em F, com reduzida viscosidade e densidade que possibilita maior eficácia nos processos de diferenciação magmática (Taylor & Fallick, 1997). Ao promover e acelerar os processos de diferenciação magmática, o F serve de catalisador na produção e libertação de pequenos volumes de magma félsico de rara baixa viscosidade e enriquecido em elementos incompatíveis variados (Keppler, 1993).

O topázio do pegmatito de Segura tem teores mais elevados de Si e Al e menor teor de F do que o topázio das soleiras aplitopegmatíticas estaníferas de Seixo Amarelo-Gonçalo (Fig. 27).

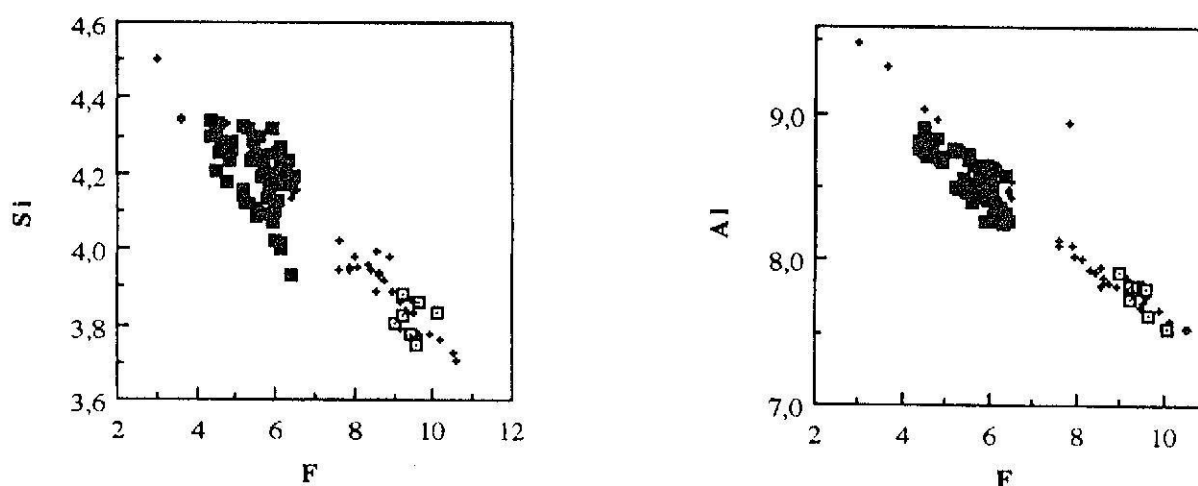


Fig. 27 - Diagramas de variação de topázios do pegmatito granítico de Segura e soleiras aplitopegmatíticas estaníferas e litíníferas da região do Seixo Amarelo-Gonçalo (Ramos, 1998).

Símbolos: ■ - pegmatito granítico (Segura); □ - soleira aplitopegmatítica estanífera (Seixo Amarelo-Gonçalo); + - soleira aplitopegmatítica litínifera (Seixo Amarelo-Gonçalo).

4.6. CASSITERITE

A cassiterite ocorre no pegmatito granítico de Cabeço Queimado e nos filões de quartzo com cassiterite e volframite da região de Segura. É um mineral característico de pegmatitos com elevada diferenciação (Černý et al., 1986; Černý, 1989; Norton & Redden, 1990; Černý, 1991; Shearer et al., 1992; Robles, 1993).

Os cristais de cassiterite do pegmatito granítico apresentam frequentes exsoluções de columbite, enquanto na cassiterite destes filões não foram encontradas nem inclusões nem exsoluções. As composições químicas e fórmulas estruturais da cassiterite de Segura são apresentadas na Tabela XVI.

Nos cristais zonados de cassiterite do pegmatito, a zona escura que é pleocróica tende a possuir mais Nb e Ta do que a zona clara do mesmo cristal (Tabela XVI, 1 b, c), o que está de acordo com Robles (1993) e Neiva (1996). Na cassiterite dos filões de quartzo, a distinção entre estas zonas é menos nítida. Contudo a zona escura que é pleocróica tende a possuir um pouco mais de Ti do que a zona clara do mesmo cristal de cassiterite (Tabela XVI, 2 b, c). Portanto o pleocroísmo da zona escura é certamente devido a Nb, Ta e/ou Ti (Neiva, 1996). A zona clara é geralmente SnO₂ quase puro.

Tabela XVI - Composições seleccionadas de cassiterites do pegmatito granítico de Cabeço Queimado e de filões de quartzo com cassiterite e volframite de Segura

	1			2		
	a	b	c	a	b	c
Nb ₂ O ₅	1.23	0.45	2.54	0.05	0.10	0.01
Ta ₂ O ₅	1.22	0.59	1.46	0.37	0.22	0.20
TiO ₂	0.05	-	0.04	0.39	0.09	0.16
SnO ₂	97.16	98.76	95.17	99.15	98.82	99.01
WO ₃	0.31	-	0.34	0.03	-	0.12
MnO	0.10	0.11	0.28	0.03	0.05	0.01
FeO	0.11	-	0.03	0.04	0.35	0.11
Total	100.18	99.91	99.86	100.06	99.58	99.63
Nb	0.014	0.005	0.029	-	0.001	-
Ta	0.008	0.004	0.010	0.003	0.001	0.001
Ti	-	-	0.001	0.007	0.002	0.003
Sn	0.966	0.987	0.945	0.988	0.991	0.993
W	0.002	-	0.002	-	-	0.001
Mn	0.002	0.002	0.006	0.001	-	-
Fe	0.002	-	0.001	0.001	0.007	0.002
Total	0.994	1.000	0.993	1.000	1.003	1.000

1 - Pegmatito granítico (a - cristal não zonado; b - zona clara; c - zona escura de cristal zonado); 2 - filão de quartzo com cassiterite e volframite (a - cristal não zonado; b - zona clara; c - zona escura de cristal zonado). - valor abaixo do limite de detecção. Óxidos em peso %. Número de catiões calculado com base em 2 átomos de oxigénio.

Analista: I. M. H. R. Antunes.

Na cassiterite do pegmatito granítico de Segura observa-se zonamento oscilatório nas zonas escuras (Tabela XVII), enquanto as zonas claras têm, geralmente, composição homogénea. Ao afastar progressivamente das exsoluções de columbite, as zonas escuras da cassiterite são no geral progressivamente enriquecidas em Nb e Ta e menos enriquecidas em Sn (Tabela XVII). Os menores teores de Nb e Ta junto da exsolução revelam a participação destes elementos químicos nos minerais exsolvidos que correspondem a óxidos de Nb e Ta. Por este mesmo motivo, a razão Ta/(Ta+Nb), nas zonas escuras, geralmente diminui com a distância às exsoluções de óxidos de Nb e Ta (Neiva, 1996).

Foram também encontrados cristais não zonados de cassiterite. No pegmatito, estes cristais têm composição intermédia entre as da zona escura e zona clara dos cristais zonados (Tabela XVI). Nos filões de quartzo não foi encontrada distinção significativa na composição das cassiterites zonada e não zonada.

A cassiterite tem composição ideal de SnO₂, mas pode apresentar conteúdos elevados de elementos como Nb, Ta, W, Mn e Fe (Foord, 1982). Na cassiterite do pegmatito granítico e filão de quartzo com cassiterite e volframite de Segura são atingidos valores máximos catiónicos de 0.052 de Nb, 0.030 de Ta, 0.009 de W, 0.015 de Mn e 0.008 de Fe que entram na estrutura da cassiterite e substituem o Sn. Na cassiterite do pegmatito granítico Mn » Fe, o que não é comum (Neiva, 1996). No pegmatito granítico, a cassiterite contém teores inferiores a 5.38 peso % de Nb₂O₅ e inferiores a 4.35 peso % de Ta₂O₅, estando o TiO₂ representado por pequenas quantidades que não ultrapassam os 0.13 peso %. Verifica-se, assim, que no pegmatito de Segura, o conteúdo de (Nb₂O₅+Ta₂O₅) pode ultrapassar o valor de 4.1 considerado como o máximo nas cassiterites dos filões pegmatíticos (Maksimiyuk & Lebedeva, 1968). Contudo, Černý obteve um valor de cerca de 13% em outros pegmatitos (Foord, 1982).

A cassiterite analisada de Segura tem um teor de Nb geralmente superior ao de Ta (Fig. 28). A cassiterite dos filões de quartzo com cassiterite e volframite possui menos Nb, Ta, W, Mn e mais Ti do que a cassiterite do pegmatito granítico (Tabela XVI). A razão (Ta+Nb)/(Fe+Mn) na

Tabela XVII - Composições químicas seleccionadas da zona escura da cassiterite progressivamente afastada de uma exsolução de columbite

	I								
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
Nb₂O₅	-	0.32	3.89	0.52	3.92	5.38	0.39	1.45	2.10
Ta₂O₅	0.55	0.89	2.32	0.15	1.56	2.42	1.24	1.89	1.00
TiO₂	0.08	0.01	-	-	-	-	0.05	0.04	0.01
SnO₂	99.59	99.12	93.58	99.28	94.20	92.10	98.70	95.69	96.24
WO₃	-	0.07	-	-	-	0.18	-	0.26	0.90
MnO	-	0.03	0.20	-	0.50	0.45	-	0.24	0.04
FeO	0.02	-	0.03	-	0.11	-	0.18	0.26	0.17
Total	100.24	100.44	100.02	99.95	100.29	100.53	100.56	99.93	100.46
Nb	-	0.004	0.044	0.006	0.044	0.060	0.004	0.016	0.024
Ta	0.004	0.006	0.016	0.001	0.011	0.016	0.008	0.013	0.007
Ti	0.002	-	-	-	-	-	0.001	0.001	-
Sn	0.994	0.987	0.924	0.991	0.926	0.899	0.981	0.955	0.951
W	-	0.001	-	-	-	0.001	-	0.002	0.006
Mn	-	0.001	0.004	-	0.010	0.009	-	0.005	0.001
Fe	-	-	0.001	-	0.002	-	0.004	0.005	0.004
Total	0.993	0.998	0.988	0.998	0.993	0.985	0.999	0.997	0.992

I - Cassiterite do pegmatito granítico de Cabeço Queimado, Segura; a, b, c - variação da composição da cassiterite ao afastar de uma exsolução de columbite. a - ponto mais próximo, b e c progressivamente afastados de 10 µm. - valor inferior ao limite de detecção. Óxidos em peso %. Número de catiões calculado com base em 2 átomos de oxigénio.

Analista: I. M. H. R. Antunes.

cassiterite do pegmatito granítico assume valores mais elevados, com um máximo de 47.7, do que na cassiterite do filão de quartzo com cassiterite e volframite, variando entre 0.1 e 15.5.

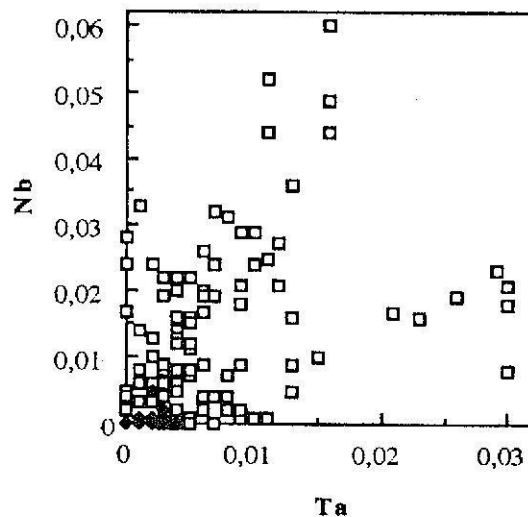


Fig. 28 - Correlação entre Nb e Ta em cassiterites do pegmatito granítico e filão de quartzo com cassiterite e volframite de Segura.

Símbolos: □ - pegmatito granítico; ◆ - filão de quartzo com cassiterite e volframite.

No diagrama triangular (Nb,Ta) - (Fe,Mn) - (Sn,W,Ti) (Fig. 29 a) mostra-se a área triangular para a cassiterite (cst). De um modo geral, a cassiterite do pegmatito granítico tem mais Nb+Ta, mas menos Sn+W+Ti do que a cassiterite do filão de quartzo com cassiterite e volframite (Fig. 29 b, c). Embora com um ligeiro afastamento, geralmente as composições da cassiterite projectam-se cerca da recta que define a substituição ideal $2(\text{Nb,Ta})^{5+} + (\text{Fe,Mn})^{2+} \rightleftharpoons 3(\text{Sn,Ti})^{4+}$ (Černý et al., 1985) ou próximo do vértice (Sn,W,Ti) no diagrama da Fig. 29 (Spilde & Shearer, 1992).

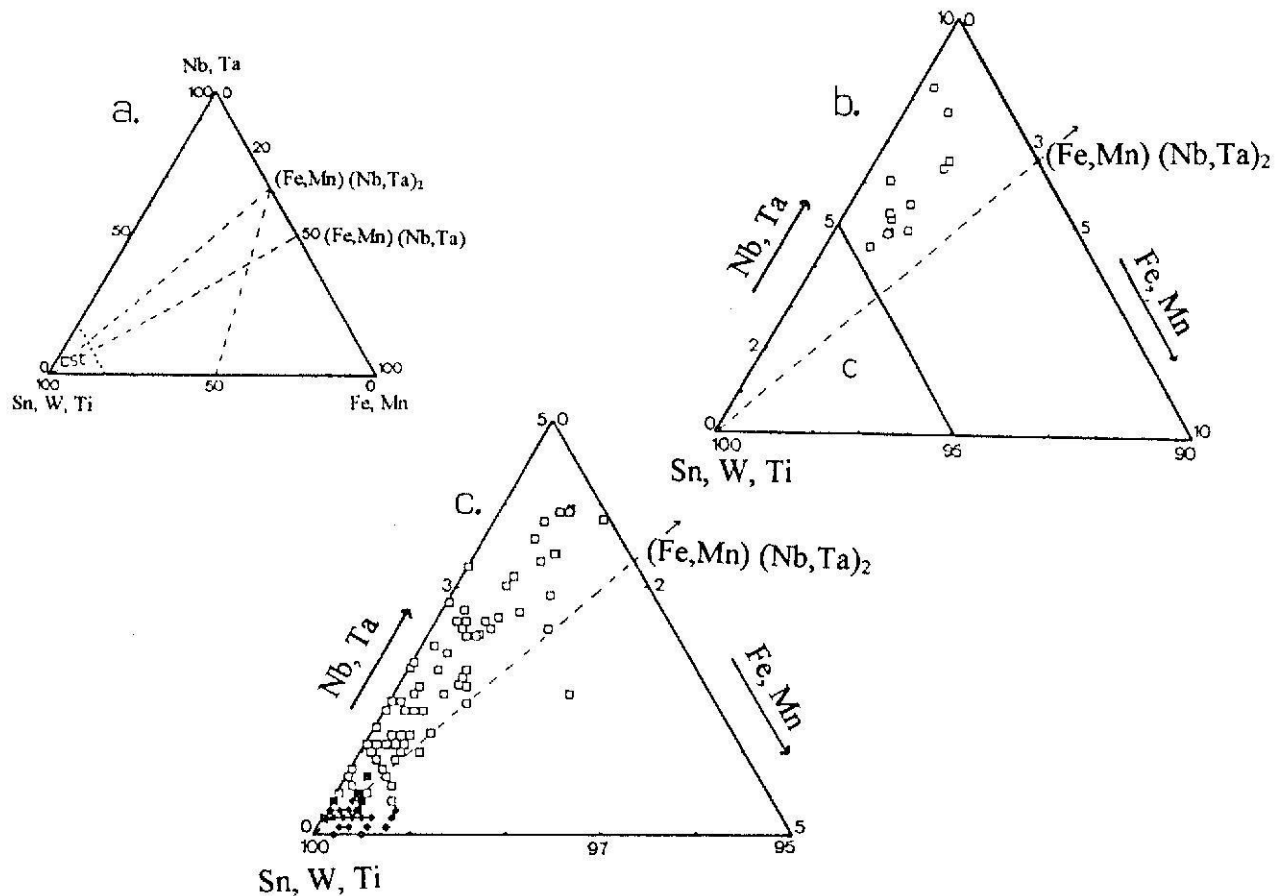


Fig. 29 - Diagrama (Nb,Ta)-(Sn,W,Ti)-(Fe,Mn).

a. Localização do diagrama triangular da cassiterite (cst); b. composição da cassiterite do pegmatito granítico de Cabeço Queimado e filões de quartzo com cassiterite e volframite de Segura e localização do diagrama (c) ampliado na figura seguinte; c. ampliação de parte do campo da cassiterite de Segura. Símbolos como os da Fig. 28.

Da projecção das análises de cassiterite do pegmatito granítico e filão de quartzo com cassiterite e volframite de Segura no diagrama (Nb,Ta)-Sn-Ti obtêm-se, geralmente, composições com valores mais baixos de Nb e Ta e mais elevados de Ti na cassiterite do filão de quartzo com cassiterite e volframite do que na cassiterite do pegmatito (Fig. 30 a, b). As cassiterites de Segura localizam-se no campo de cassiterites com exsoluções de columbite-tantalite, possuindo teores

menos elevados de Ti que as cassiterites com inclusões ou exsoluções de rútilo, ilmenite e ixiolite (Neiva, 1996).

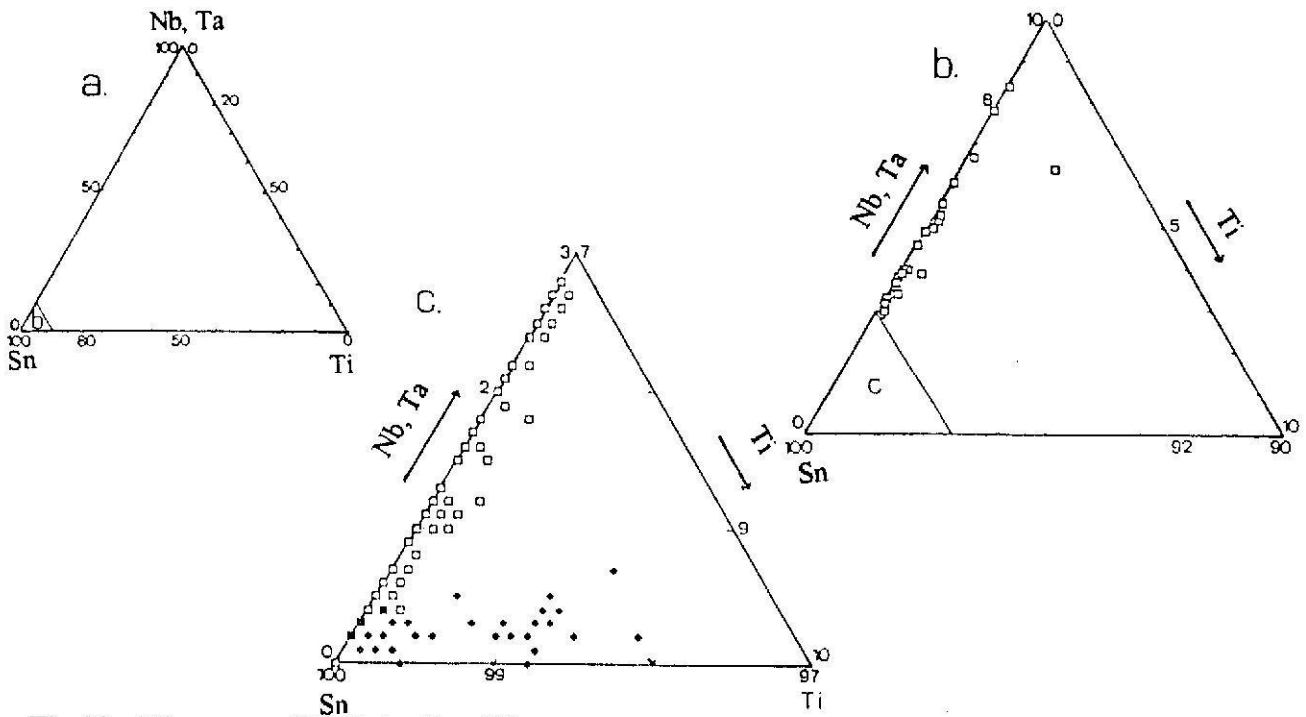


Fig 30 - Diagrama (Nb,Ta) - Sn - Ti.

a. Localização do diagrama triangular de composição de cassiterite (b); b. composições das cassiterites do pegmatito granítico de Cabeço Queimado e dos filões de quartzo com cassiterite e volframite de Segura e localização do diagrama (c) ampliado na figura seguinte; c. ampliação de parte do campo da cassiterite de Segura. Símbolos como os da Fig. 28.

A cassiterite de Segura foi, também, projectada no diagrama (Nb+Ta)-Sn, verificando-se que os teores mais elevados de (Nb+Ta) ocorrem na cassiterite do pegmatito granítico e, conseqüentemente, os mais elevados de Sn foram geralmente encontrados na cassiterite do filão de quartzo com cassiterite e volframite (Fig. 31).

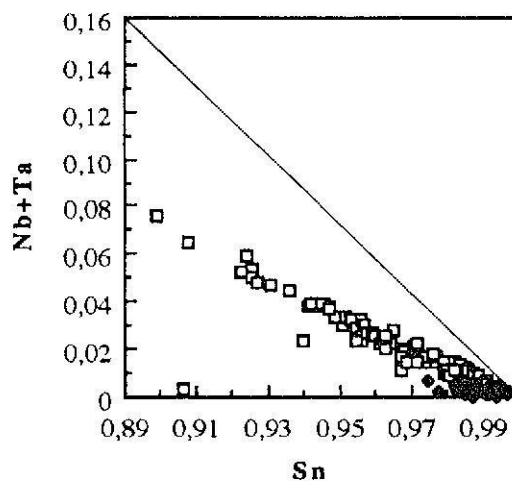


Fig. 31 - Diagrama Sn versus (Nb+Ta) para as cassiterites do pegmatito granítico e filões de quartzo com cassiterite e volframite da região de Segura. Símbolos como os da Fig. 28.

Os resultados de Nb e Ta obtidos para a cassiterite do pegmatito granítico são comuns na cassiterite de pegmatitos (Černý & Ercit, 1985; 1989) e indicam a presença de exsoluções de columbite-tantalite que foram encontradas. Na cassiterite do filão de quartzo com cassiterite e volframite, os teores de Nb e Ta são baixos e não têm exsoluções de columbite-tantalite.

4.7. COLUMBITE

A columbite-tantalite é um óxido de Nb e Ta com fórmula geral AM_2O_6 , com A principalmente ocupado por Fe, Mn e Mg e M por Nb e Ta (Černý & Ercit, 1989). A columbite-tantalite pode ocorrer nos pegmatitos como um mineral acessório, bem como constituindo o seu mineral principal. Contudo é mais frequente como acessório.

As columbites estudadas do pegmatito granítico de Segura constituem os produtos de exsolução dos cristais de cassiterite e são encontrados preferencialmente nas zonas escuras das cassiterites e associadas às suas fracturas. Foram, também, encontradas no contacto da zona escura com a zona clara dos cristais de cassiterite. Estes minerais são classificados de exsoluções de acordo com o critério de Neiva (1996) que tem por base as características texturais e a heterogeneidade química da cassiterite junto ao produto de exsolução na distinção de exsolução/inclusão. Os produtos de exsolução ao ocorrerem associados às fracturas da zona escura da cassiterite e as diferentes composições químicas encontradas nos cristais de cassiterite em pontos progressivamente afastados do produto de exsolução (Tabela XVII) indicam tratar-se exclusivamente de exsoluções.

As composições químicas e fórmulas estruturais das várias exsoluções de columbite ocorrentes na cassiterite do pegmatito granítico de Segura são apresentadas na Tabela XVIII e Fig. 32. Este diagrama permite distinguir o campo da columbite-tantalite, localizado entre os dois limites paralelos, do da família da ixiolite-wodginite, situado abaixo do anterior (Neiva, 1996). No diagrama (Nb,Ta)-(Sn,Ti,W)-(Fe,Mn) estão, também, projectadas no campo da columbite-tantalite (Fig. 33) (Neiva, 1996).

As exsoluções da cassiterite têm composição dominante de manganocolumbite, enquanto outras são de mangano-ferrocolumbite (Fig. 34). Numa tentativa de avaliar a heterogeneidade química ao longo de cada cristal foram realizados perfis sequenciais nestas exsoluções. O teor de Nb, W, Mn e Fe tende a aumentar, enquanto o teor de Ta e Ti diminui da zona mais clara para a zona mais escura de um cristal zonado de mangano-ferrocolumbite (Tabela XIX). A manganocolumbite do pegmatito granítico apresenta zonamento oscilatório (Tabela XIX) (Lahti, 1987; Spilde & Shearer, 1992; Černý et al., 1992; Neiva, 1996). O zonamento oscilatório é fortemente controlado pelo crescimento do próprio cristal e pela concentração e difusão dos elementos químicos, particularmente de Nb e Ta (Lahti, 1987). Os cristais não zonados de manganocolumbite apresentam teores mais baixos de Fe e Fe+Mn e mais elevados de W do que os cristais zonados (Fig. 35). Nos cristais não zonados de manganocolumbite foram, também, encontrados teores mais elevados de Nb, W e Mn e teores mais baixos de Ta, Ti e Fe do que nos cristais zonados de mangano-ferrocolumbite (Tabela XVIII). As composições analisadas têm $Nb > Ta$, $Mn > Fe$, $W > Sn$ e $Ti > Sn$ (Tabela XVIII). WO_3 varia entre valores abaixo do limite de detecção e 6.58%, tendo sido encontrado o valor mais elevado em manganocolumbites não zonadas.

O aumento da razão Nb/Ta da columbite-tantalite é indicador de diferenciação (Černý et al., 1986; Mulja et al., 1996). Esta razão varia entre 2 a 10 nos cristais não zonados de manganocolumbite e entre 2 a 4 nos cristais zonados de mangano-ferrocolumbite do pegmatito granítico de Segura; pelo que, o teor de Ta tende a ser maior nos cristais não zonados de manganocolumbite.

Tabela XVIII - Composições químicas e fórmulas estruturais das exsoluções de columbite na cassiterite do pegmatito de Cabeço Queimado, Segura

	1			
	a		b	c
	Méd.	D.pad.		
Nb₂O₅	56.79	6.34	39.02	47.60
Ta₂O₅	23.12	5.69	41.31	31.28
TiO₂	0.20	0.10	0.61	0.48
SnO₂	0.23	0.14	0.29	0.26
WO₃	4.87	1.19	1.55	1.96
MnO	13.68	1.18	8.74	9.35
FeO	1.07	1.19	8.44	9.06
Total	99.96		99.96	99.99
Nb	1.594	0.133	1.189	1.388
Ta	0.390	0.106	0.757	0.549
Ti	0.009	0.005	0.031	0.023
Sn	0.006	0.004	0.008	0.007
W	0.078	0.021	0.027	0.033
Mn	0.719	0.064	0.499	0.511
Fe	0.056	0.062	0.476	0.489
Total	2.852		2.985	2.989
N	15		3	3

1 - Pegmatito granítico: a - cristal não zonado de manganocolumbite; b - zona clara de manganio-ferrocolumbite; c - zona escura de manganio-ferrocolumbite. Méd. - valor médio, D. pad. - desvio padrão. N - número de análises. Óxidos em peso %. Número de catiões calculado com base em 6 átomos de oxigénio. Analista: I. M. H. R. Antunes.

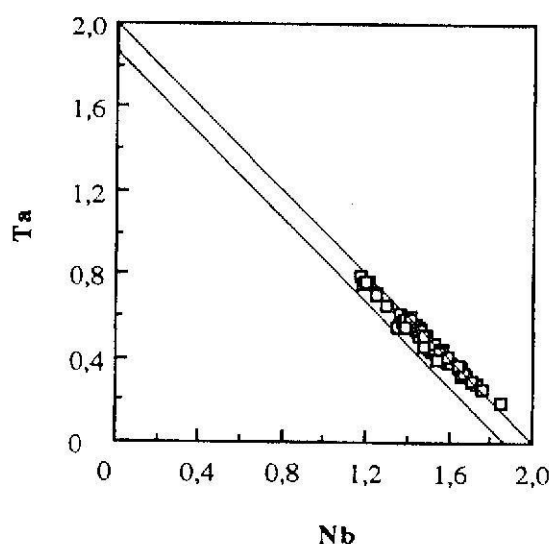


Fig. 32 - Diagrama Nb⁵⁺ em função de Ta⁵⁺ de columbitas do pegmatito granítico de Cabeço Queimado, Segura. Os limites são de Neiva (1996).
Símbolos: □ - pegmatito granítico.

As composições de columbitas-tantalitas enriquecidas em Mn como são as do pegmatito granítico de Segura, com predomínio de manganocolumbitas e com teor em Mn variando de 0.485 a 0.926 são características de pegmatitos ricos em Li; tal como as dos pegmatitos litíferos de Cross Lake South e Mongolian Altai (Černý & Ercit, 1985).

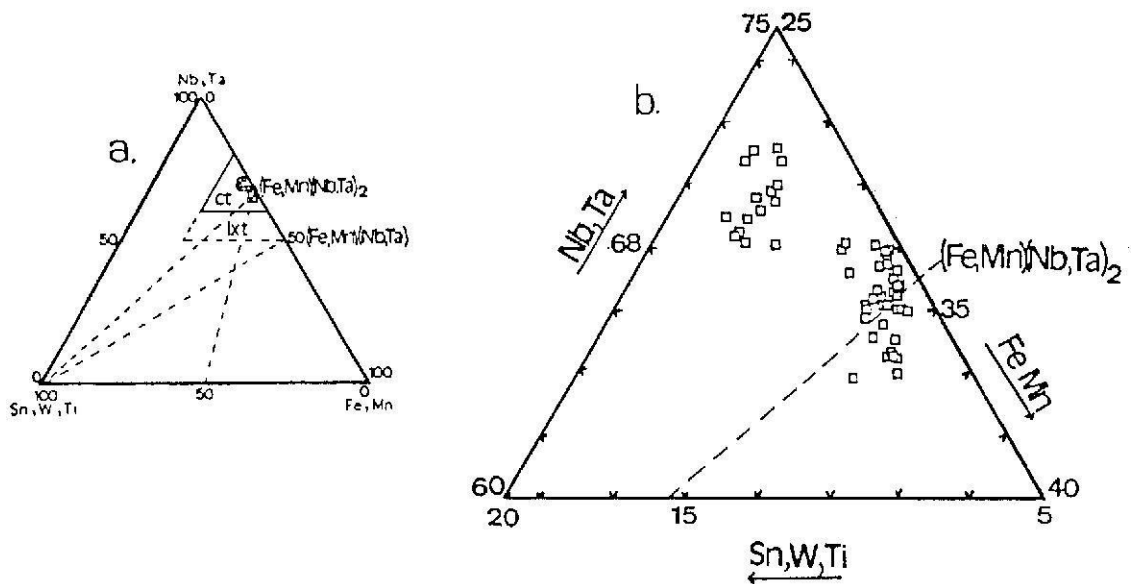


Fig. 33 - Diagrama (Nb,Ta)-(Sn,Ti,W)-(Fe,Mn). a. Localização dos campos da columbite-tantalite (ct) e ixiolite (ixt) de Neiva (1996); b. composições de columbites do pegmatito granítico de Segura.

Símbolos como os da Fig. 32.

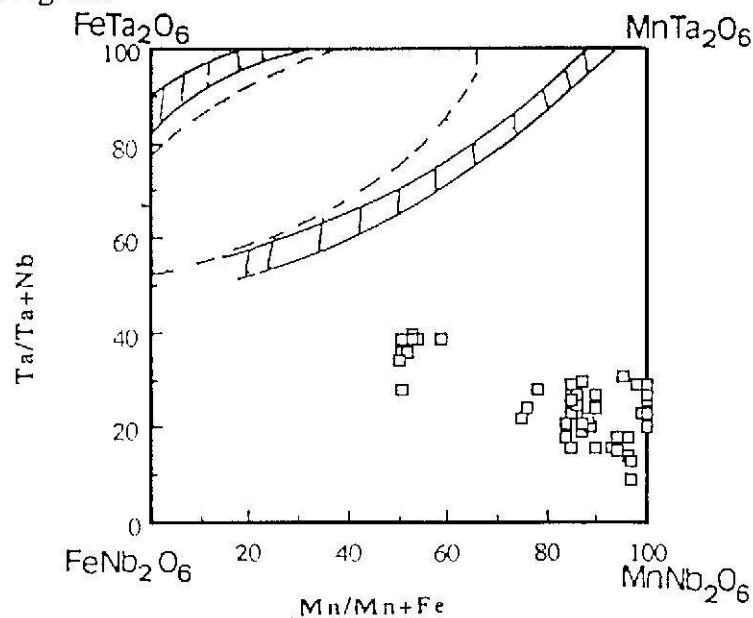


Fig. 34 - Composições das exsoluções de columbites do pegmatito granítico de Cabeço Queimado, Segura no quadrilátero da columbite. Bandas de composição de ferrotapiolite e tantalite coexistentes ou associadas e separação (a tracejado) entre composições individuais de ferrotapiolite e ferrotantalite (Černý et al., 1992).

Símbolos como os da Fig. 32.

Tabela XIX - Composições químicas e fórmulas estruturais de exsoluções zonadas de manganocolumbite da cassiterite do pegmatito de Cabeço Queimado, Segura

	A				B				
	bordo	→ núcleo			bordo	→ núcleo			
	1	2	3	4	1	2	3	4	5
Nb₂O₅	49.00	60.20	53.66	51.80	59.97	53.71	62.68	54.71	56.43
Ta₂O₅	31.20	19.59	25.91	26.51	19.32	27.49	17.75	25.27	24.23
TiO₂	0.30	0.27	0.30	0.39	0.21	0.38	0.07	0.24	0.20
SnO₂	0.18	0.31	0.05	0.23	0.17	0.50	0.34	0.32	0.11
WO₃	2.17	0.17	1.41	1.77	0.61	0.78	1.15	0.43	0.33
MnO	12.98	17.64	15.33	14.29	17.27	15.07	16.86	16.47	15.32
FeO	3.67	1.32	2.84	4.69	1.99	1.62	1.06	2.71	2.92
Total	99.50	99.50	99.50	99.68	99.54	99.55	99.88	99.61	99.54
Nb	1.430	1.663	1.529	1.483	1.658	1.532	1.712	1.550	1.589
Ta	0.548	0.325	0.444	0.457	0.321	0.472	0.291	0.431	0.410
Ti	0.015	0.012	0.014	0.019	0.010	0.018	0.003	0.011	0.009
Sn	0.005	0.008	0.001	0.006	0.004	0.013	0.008	0.008	0.003
W	0.036	0.003	0.023	0.029	0.010	0.013	0.018	0.007	0.005
Mn	0.710	0.913	0.818	0.766	0.894	0.805	0.863	0.874	0.808
Fe	0.198	0.067	0.150	0.248	0.102	0.085	0.053	0.114	0.152
Total	2.941	2.992	2.979	3.008	2.998	2.938	2.948	2.995	2.978

A e B - dois cristais. 1, 2, 3, 4, 5 - pontos progressivamente afastados do bordo e atingindo o núcleo do cristal. Óxidos em peso %. Número de catiões calculado com base em 6 átomos de oxigênio. Analista: I. M. H. R. Antunes.

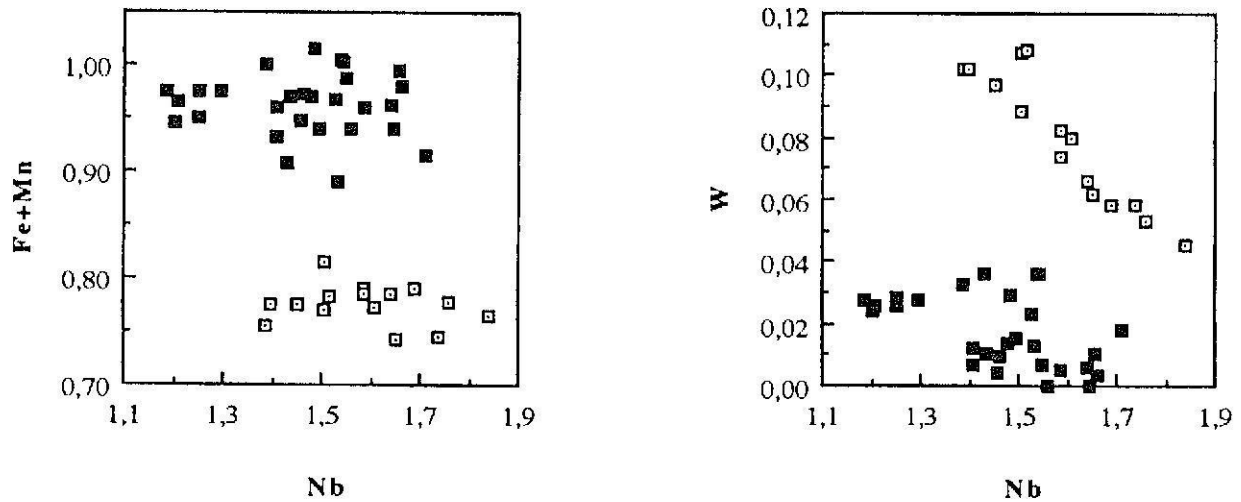


Fig. 35 - Diagramas de variação da columbite do pegmatito de Cabeço Queimado, Segura. Símbolos: □ - cristais não zonados; ■ - cristais zonados.

4.8. VOLFRAMITE

Em Segura, a volframite foi encontrada apenas no filão de quartzo com cassiterite e volframite de Santa Marina. As análises químicas e fórmulas estruturais do bordo e núcleo de

cristais de volframite são apresentadas na Tabela XX. O óxido Ta₂O₅ foi, também, analisado, mas apresenta teores inferiores ao seu limite de detecção.

Tabela XX - Composições químicas e fórmulas estruturais de volframite do filão de quartzo com cassiterite e volframite de Santa Marina, Segura

	1			
	a		b	
	Média	D. pad.	Média	D. pad.
FeO	15.79	0.76	16.94	0.23
MnO	7.16	0.53	6.14	0.34
CaO	0.02	0.01	0.01	0.01
TiO ₂	0.03	0.03	0.01	0.01
Nb ₂ O ₅	0.04	0.04	0.03	0.02
WO ₃	75.85	0.24	75.93	0.28
MoO ₃	0.03	0.04	-	-
SnO ₂	0.02	0.03	0.02	0.03
Total	98.92		99.08	
Fe	0.674	0.031	0.722	0.008
Mn	0.300	0.023	0.265	0.015
Ca	0.001	0.001	-	0.001
Ti	0.001	0.001	0.001	-
Nb	0.001	0.001	0.001	-
W	1.003	0.004	1.003	0.004
Mo	0.001	0.001	-	-
Sn	-	0.001	0.001	0.001
Total	1.981		1.993	
N	6		5	

1 - Filão de quartzo com cassiterite e volframite de Santa Marina, Segura (a - núcleo do cristal; b - bordo do cristal). D. pad. - desvio padrão. - valor inferior ao limite de detecção. N - número de análises. Óxidos em peso %. Número de catiões calculado com base em 4 átomos de oxigénio.

Analista: I. M. H. R. Antunes.

Os tungstatos de Mn e Fe, (Fe,Mn)WO₄, compreendem uma série isomorfa completa entre MnWO₄ e FeWO₄ variando em intervalos composicionais definidos. No filão de quartzo com cassiterite e volframite de Segura ocorrem exclusivamente minerais do grupo da volframite, pois os seus óxidos, em percentagem por peso, estão compreendidos no intervalo de 4.80 a 18.90 de FeO e 18.70 a 4.70 de MnO (Tabela XX). Contudo o teor de Fe da volframite é superior ao de Mn e entre estes elementos é estabelecida uma correlação negativa (Fig. 36). A volframite possui pequenas quantidades de CaO, que não ultrapassam os 0.03 peso %, e provavelmente estão associadas a inclusões microscópicas de scheelite.

O teor de Nb₂O₅ da volframite de Segura é inferior ao encontrado nas volframites da Barroca Grande, Panasqueira (Polya, 1988). Este elemento químico substitui o W da volframite e é incorporado no mineral através da substituição (Fe²⁺,W⁶⁺) ⇌ (Fe³⁺,Nb⁵⁺) (Polya, 1988); o que está de acordo com as pequenas quantidades de Fe³⁺ que provavelmente existem na volframite de Segura.

Nos cristais de volframite de Segura há aumento de Mn, Mn/Fe e decréscimo em Fe do bordo para o núcleo (Fig. 36).

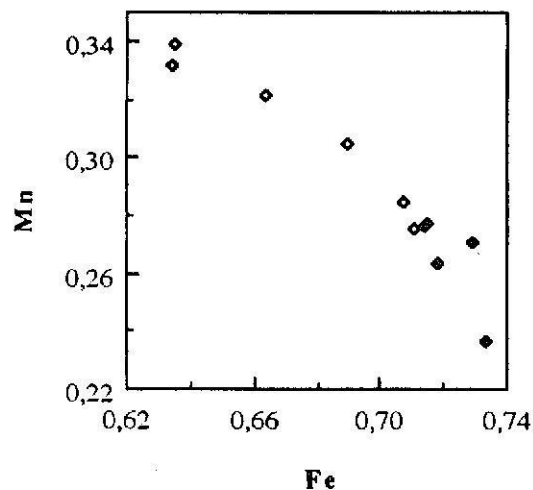


Fig. 36 - Diagrama de variação composicional das volframites do filão de quartzo com cassiterite e volframite de Segura.

Símbolos: \diamond - núcleo do cristal; \blacklozenge - bordo do cristal.

A composição química da volframite depende da razão Mn/Fe da solução hidrotermal (Mignardi et al., 1997), reflectindo a actividade destes dois iões, bem como, a relação Eh-pH. O teor de Mn/Fe da volframite analisada varia entre 0.3 e 0.4 no bordo dos cristais e atinge 0.5 no seu núcleo (Tabela XX). Os elementos maiores presentes na volframite são função da composição química da solução aquosa a partir da qual precipitaram e a sua composição global não depende apenas da temperatura e pressão do ambiente de formação (Polya, 1988; Ivanova, 1988). As relações que ocorrem entre a volframite e a temperatura de formação reflectem as variações químicas e os fluidos circulantes (Polya, 1988).

4.9. FOSFATOS

4.9.1. APATITE

A apatite é o fosfato mais abundante na região de Segura, ocorrendo nas rochas graníticas e filões de quartzo. As composições químicas das apatites analisadas por microsonda são apresentadas na Tabela XXI. A apatite mais abundante é a hidroxiapatite e ocorre nos diferentes tipos de rochas de Segura. Contudo no granito de duas micas e granito moscovítico foram, também, encontradas fluorapatites. As fluorapatites dos dois granitos apresentam composição química semelhante, enquanto que a hidroxiapatite do granito de duas micas é a mais rica em Fe e a do pegmatito granítico é a mais pobre em Fe (Tabela XXI). A hidroxiapatite dos granitos de Segura são mais ricas em P e Ca e mais pobre em F do que a fluorapatite coexistente (Fig. 37).

Tabela XXI - Composições químicas e fórmulas estruturais de apatites das rochas graníticas e filões de quartzo de Segura

	1		2		3		4	
	a	b	a	b	a	b	a	b
FeO	Média 0.98	Média 0.89	Média 0.75	Média 1.14	Média 0.12	Média 0.18	Média 0.28	Média 0.13
MnO	D.pad. 0.56	D.pad. 0.44	D.pad. 1.48	D.pad. 3.57	D.pad. 0.55	D.pad. 0.20	D.pad. 0.14	D.pad. 0.07
MgO	-	0.01	0.02	-	0.01	-	-	-
CaO	1.20	0.62	52.81	50.31	52.71	0.31	56.58	0.25
Na ₂ O	0.07	0.05	0.18	0.08	0.27	0.04	0.07	0.03
K ₂ O	0.03	0.01	0.02	0.02	-	0.02	0.01	0.01
P ₂ O ₅	0.58	0.20	41.00	42.70	40.18	0.34	41.57	0.85
F	-	0.59	0.01	5.45	-	0.22	-	-
Cl	-	0.01	-	103.27	-	0.01	-	-
Total	99.19	102.57	96.27	103.27	93.84	-	98.65	-
O=F	-	2.15	-	2.29	-	-	-	-
O=Cl	-	-	99.67	100.98	93.84	-	98.65	-
Total	6.110	5.784	5.966	5.748	5.972	0.195	5.903	0.055
P	0.049	0.039	0.092	0.092	0.092	0.195	0.232	0.055
Mg	-	0.003	0.005	-	0.003	-	-	-
Fe	0.079	0.098	0.107	0.151	0.018	0.026	0.039	0.018
Mn	0.043	0.173	0.216	0.483	0.081	0.038	0.020	0.010
Na	0.023	0.042	0.060	0.025	0.101	0.014	0.023	0.011
K	0.008	0.003	0.004	0.004	-	0.004	0.003	0.002
Ca	0.157	0.125	9.725	8.604	9.916	0.250	10.196	0.128
F	0.004	0.286	0.005	2.750	-	0.114	-	0.002
Cl	-	0.003	-	-	-	-	-	-
OH*	-	-	1.995	-	2.000	-	2.000	-
N	6	8	7	11	13	6	6	6

1 - Granito de duas micas; 2 - granito moscovítico; 3 - pegmatito granítico; 4 - filões de quartzo com barite, galena e blenda. a - hidroxiapatite; b - fluorapatite. D. pad. - desvio padrão. - valor baixo do limite de detecção. * valor estimado por cálculos. N - número de análises. Óxidos em peso %. Número de cátions calculado com base em 25 átomos de oxigênio.

Analista: I. M. II. R. Antunes.

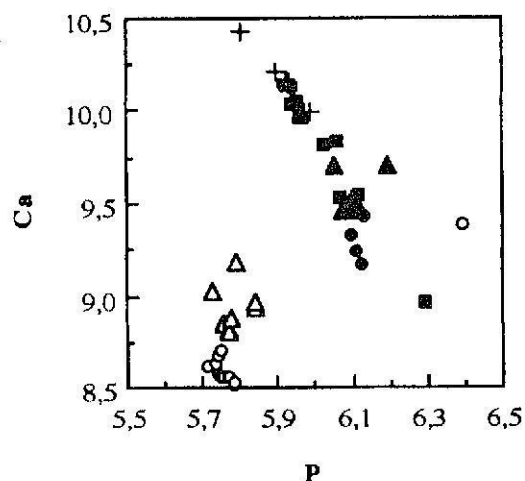


Fig. 37 - Diagrama de variação e correlação P-Ca das apatites de rochas graníticas e filões de quartzo com barite, galena e blenda de Segura.

Símbolos: Hidroxiapatite: ▲ - granito de duas micas; ● - granito moscovítico; ■ - pegmatito granítico; + - filão de quartzo com barite, galena e blenda. Fluorapatite: Δ - granito de duas micas; ○ - granito moscovítico.

4.9.2. SOUZALITE

No granito moscovítico ocorre disperso um fosfato de Fe e Al, associado ao quartzo. Este fosfato foi identificado como souzalite, com fórmula química média: $(\text{Fe}_{2.46}, \text{Mg}_{0.18}, \text{Mn}_{0.16}, \text{Ca}_{0.09})_{2.89} (\text{Al}_{3.83}, \text{Fe}_{0.17})_{4.00} \text{P}_{4.26} \text{O}_4 (\text{OH})_{5.39} 2\text{H}_2\text{O}$ (Tabela XXII).

Tabela XXII - Composição química média de souzalite do granito moscovítico de Segura

	Média	D. pad.
CaO	0.67	0.37
MgO	0.92	0.37
FeO	22.54	1.02
MnO	1.48	0.20
Al ₂ O ₃	24.93	0.33
TiO ₂	0.02	0.01
P ₂ O ₅	38.64	0.62
H ₂ O ⁽¹⁾	10.80	0.73
Total	100.00	
N	6	

D. pad. - desvio padrão. N - número de análises

⁽¹⁾ - valor estimado por cálculos.

Analista: I. M. H. R. Antunes.

4.9.3. AMBLIGONITE-MONTEBRASITE

Os membros da série da ambligonite-montebbrasite são frequentes em pegmatitos, sendo abundantes no pegmatito granítico de Cabeço Queimado, Segura. Esta série de fosfatos tem fórmula geral $[(Li,Na)Al(PO_4)(F,OH)]$. A ambligonite tem $Li \gg Na$ e $F \gg OH$, enquanto a montebbrasite e natromontebbrasite possuem $OH \gg F$ e, na última, $Na \gg Li$. Esta série varia entre amb_0 e amb_{92} sendo raros os termos mais ricos em F que amb_{65} (Greiner & Donald, 1987). Embora o termo ambligonite seja o mais utilizado sempre que é referido qualquer membro desta série, a maioria dos cristais existentes são de montebbrasite (Loh & Wise, 1976). As composições químicas obtidas para os fosfatos do pegmatito granítico de Segura são de montebbrasite e natromontebbrasite (Tabela XXIII), com fórmula química média de $[(Li_{0.90}, Na_{0.10})_{1.00} Al_{1.08} (P_{1.12} O_4)(OH_{0.91}, F_{0.09})]_{1.00}$ e $[(Na_{0.51}, Li_{0.49})_{1.00} Al_{1.00} (P_{1.03} O_4)(OH_{0.64}, F_{0.36})_{1.00}]$, respectivamente. A montebbrasite apresenta teores mais elevados de Li, Al, P, OH e teores mais baixos de Na e F do que a natromontebbrasite (Tabela XXIII e Fig. 38).

O teor de F da natromontebbrasite de Segura, que não ultrapassa o máximo de 4.93 peso %, aproxima este fosfato da montebbrasite primária, de cor amarela que ocorre na zona intermédia baixa dos pegmatitos de Tanco (Černý & Ferguson, 1972).

Tabela XXIII - Composições químicas e fórmulas estruturais de montebbrasite e natromontebbrasite do pegmatito granítico de Cabeço Queimado, Segura

	1		2	
	Média	D. pad.	Média	D. pad.
Al ₂ O ₃	34.60	0.02	33.30	0.13
FeO	0.02	-	0.05	0.01
MgO	0.01	0.02	-	-
MnO	-	-	-	-
CaO	0.01	0.01	-	-
Na ₂ O	1.94	0.12	10.32	0.32
P ₂ O ₅	50.15	1.21	47.91	0.18
F	1.11	0.60	4.53	0.01
Total	87.83		96.09	
O=F	0.47		1.91	
Total	87.36		94.18	
Li	0.900	0.001	0.493	0.014
Na	0.100	0.001	0.507	0.014
Al	1.075	0.010	0.995	0.006
P	1.117	0.007	1.028	0.002
F	0.089	0.047	0.363	0.001
OH	0.911	0.047	0.637	0.001
N	30		6	

1 - Montebbrasite; 2 - natromontebbrasite. D. pad. - desvio padrão.
- valor abaixo do limite de detecção. Óxidos em peso %. Número de cátions calculado com base em 4.5 átomos de oxigénio.

Analista: I. M. H. R. Antunes.

A montebbrasite do pegmatito granítico de Segura possui teores mais baixos de Al e mais elevados de P que a montebbrasite de pegmatitos litíferos da região da Fregeneda (Salamanca) (Robles, 1993). As composições químicas obtidas indicam a presença de maiores quantidades de Na associadas a menores quantidades de P que as ambligonites-montebbrasites do Seixo Amarelo (Ramos, 1998).

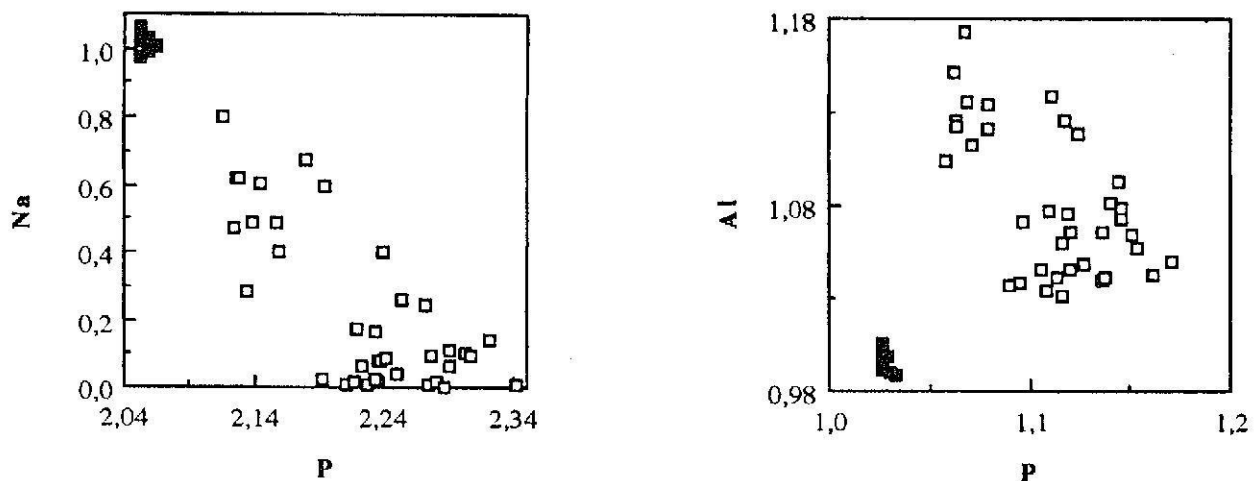


Fig. 38 - Diagramas de variação da montebrasite e natromontebrasite do pegmatito granítico de Segura.

Símbolos: □ - montebrasite; ■ - natromontebrasite.

Nos minerais da série ambligonite-montebrasite, o Na pode substituir apreciáveis quantidades de Li, mas as ambligonites sódicas são raras, enquanto as natromontebrasites (fermontites) apenas são conhecidas em quatro localidades (London & Burt, 1982b). Os termos da série ambligonite-montebrasite são constituintes comuns nas zonas mais internas e ricas em quartzo dos pegmatitos litíferos zonados; pelo que é um mineral tardio na sequência de cristalização pegmatítica. Segundo vários autores, estes minerais tardios estão frequentemente associados a albite, lepidolite, polucite e elbaite, mas em Segura não foram encontrados polucite e elbaite. Dado que são minerais sensíveis às mudanças das condições físico-químicas de cristalização, constituem um bom indicador das condições sub-sólidos dos pegmatitos (London & Burt, 1982b). A montebrasite forma-se por substituição da ambligonite nos estádios terminais de deposição quando ocorre diminuição da actividade do F e aumento da concentração de vapor de água (Charoy & Noronha, 1995). Contudo em Segura não foi encontrada ambligonite e interpreta-se a montebrasite e natromontebrasite como primárias.

4.10. SULFURETOS E SULFOSAIS

4.10.1. PIRROTITE

A pirrotite ocorre sob a forma de pequenos cristais inclusos em arsenopirite e pirite do filão de quartzo com cassiterite e volframite de Santa Marina, Segura. A identificação de pirrotites hexagonal e monoclinica poderia ser feita através de difracção de raios-x, mas as pequenas dimensões destes cristais não permitem esta determinação (Scott & Kissin, 1973). Com base na composição química (Tabela XXIV e Anexo III), foi encontrada apenas pirrotite monoclinica de composição média $(\text{Fe}_{0.82}, \text{Zn}_{0.01})_{0.83}\text{S}_{1.00}$.

Tabela XXIV - Análises químicas médias obtidas para alguns sulfuretos da região de Segura

	M	Cu	Ag	Zn	Fe	Mn	Cd	Sb	As	Bi	Pb	Sn	Ni	Co	Mo	Se	Te	S	Total	N
PIRROTITE	FQCV (Santa Marina)	-	0.03	0.51	56.31	0.02	0.02	0.04	0.02	na	na	na	-	0.03	na	na	na	42.69	99.67	6
COBALTITE	Pórfiro granodiorítico	-	-	-	5.27	-	-	-	40.53	-	na	-	2.19	29.16	-	na	na	22.34	99.49	6
	FQBGB (Eiras do Gordo)	-	-	-	6.77	-	-	-	38.54	-	na	-	0.05	24.13	-	na	na	30.02	99.51	6
ARSENOPIRITE	FQCV (Santa Marina e Papa Queijo)	-	-	-	35.26	-	-	0.01	44.71	-	na	-	0.02	0.03	-	na	na	19.52	99.55	35
PIRITE	Pórfiro granodiorítico	-	-	-	47.71	-	-	-	0.92	-	na	na	0.50	0.32	-	na	na	50.07	99.52	10
	FQCV (Santa Marina)	-	-	-	47.54	-	-	-	0.05	-	na	na	0.02	0.05	-	na	na	51.87	99.53	6
	FQBGB (Vale Lobos e Eiras do Gordo)	-	-	-	48.21	-	-	-	0.16	-	na	na	0.03	0.07	-	na	na	51.21	99.68	14
BLENDA	FQCV (Santa Marina)	0.03	-	54.89	9.15	0.16	1.44	-	-	na	na	na	na	0.01	na	na	na	34.10	99.78	8
	FQCV (Santa Marina) ⁽¹⁾	0.09	-	60.37	4.07	0.11	0.96	-	-	na	na	na	na	0.01	na	na	na	34.37	99.98	6
	FQBGB (Vale Lobos e Eiras do Gordo)	0.11	-	61.79	2.56	0.02	0.75	-	-	-	0.16	na	na	0.01	0.09	na	na	34.53	100.02	34
CALCOPIRITE	Pórfiro granodiorítico	32.79	0.02	-	30.66	-	-	-	-	-	na	-	-	-	-	na	na	36.11	99.58	6
	FQCV (Santa Marina e Papa Queijo)	34.10	0.27	-	29.24	-	-	-	-	na	na	-	-	-	na	na	na	36.03	99.64	17
	FQBGB (Vale Lobos)	34.62	0.08	-	29.51	-	-	-	-	na	na	na	na	na	na	na	na	35.41	99.62	6
MATILDITE	FQCV (Santa Marina)	0.40	27.81	0.34	0.12	-	0.13	0.04	-	52.87	1.22	na	-	-	na	0.36	0.14	16.49	99.95	10
SCHAPBACHITE	FQCV (Santa Marina)	0.73	18.12	0.35	0.40	-	0.11	0.06	-	34.22	30.49	na	-	-	na	0.26	0.03	15.42	100.17	6
GALENA	FQBGB (Vale Lobos, F-Rib ^c -B-Paulo, Per-H, Calçada)	0.04	0.01	0.08	0.04	0.01	0.14	0.01	-	0.01	85.95	-	-	-	-	na	na	13.78	100.07	49
ESTANITE	FQCV (Santa Marina)	28.59	-	3.18	10.30	-	-	na	-	na	na	27.59	-	-	na	na	na	29.91	99.57	11

FQCV - Filões de quartzo com cassiterite e volframate; FQBGB - filões de quartzo com barite, galena e blenda. N - número de análises. - valor abaixo do limite de detecção. na - não analisado. M - monoclínica. ⁽¹⁾ - blenda associada a volframate. F-Rib^c-B-Paulo - Filão de Ferranheira-Ribeira do Calvário-Bouchal do Paulo; Per.-H. Calçada - Filão de Pereiro - Horta da Calçada. Análises: I. M. H. R. Antunes.

4.10.2. COBALTITE

A cobaltite ocorre no pórfiro granodiorítico e filão de quartzo com barite, galena e blenda de Eiras do Gordo, Segura (Tabela XXIV e Anexo III). As suas fórmulas químicas médias são: $(\text{Co}_{0.71}, \text{Fe}_{0.14}, \text{Ni}_{0.05})_{0.90} \text{As}_{0.78} \text{S}_{1.00}$ e $(\text{Co}_{0.44}, \text{Fe}_{0.13})_{0.57} \text{As}_{0.55} \text{S}_{1.00}$ para as cobaltites do pórfiro granodiorítico e filão de quartzo, respectivamente. A cobaltite do filão de quartzo com barite, galena e blenda possui menos Co, Ni e As do que a cobaltite do pórfiro granodiorítico (Fig. 39). Na cobaltite de Segura, os intervalos de variação para os teores de Fe e Co são maiores, enquanto para As e Ni são menores do que para cobaltite de Jales (Cotelo Neiva & Neiva, 1990).

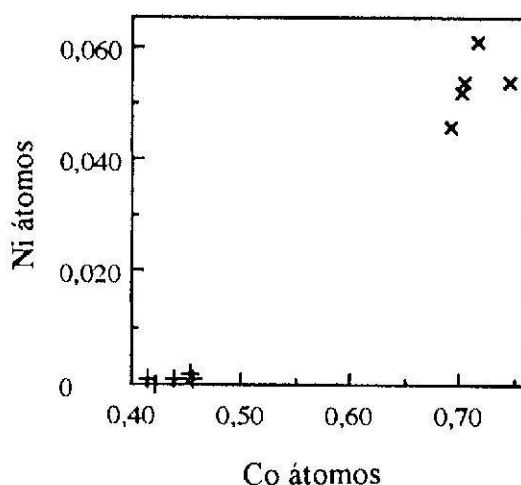


Fig. 39 - Diagrama de variação para a cobaltite do pórfiro granítico e filão de quartzo com barite, galena e blenda (Eiras do Gordo).

Símbolos: x - pórfiro granítico; + - filão de quartzo com barite, galena e blenda.

4.10.3. ARSENOPIRITE

A arsenopirite foi encontrada apenas nos filões de quartzo com cassiterite e volframite de Segura (Filão de Santa Marina e de Papa Queijo). A sua fórmula química média é $\text{Fe}_{1.04} \text{As}_{0.98} \text{S}_{1.00}$ (Tabela XXIV, Fig. 40 e Anexo III).

Os cristais de arsenopirite destes filões não são homogêneos pelo que foram realizadas análises em perfis sequenciais desde o bordo ao núcleo do mesmo cristal (Tabela XXV), havendo uma tendência para aumentar o Fe do bordo para o núcleo dos cristais. O teor de S da arsenopirite do filão de Santa Marina é maior no núcleo que no bordo de grãos individuais (Cotelo Neiva & Neiva, 1990; Neiva, 1994; Gomes, 1996). As pequenas diferenças químicas encontradas entre núcleo e bordo dos cristais de arsenopirite não permitem a definição de um zonamento químico bem definido.

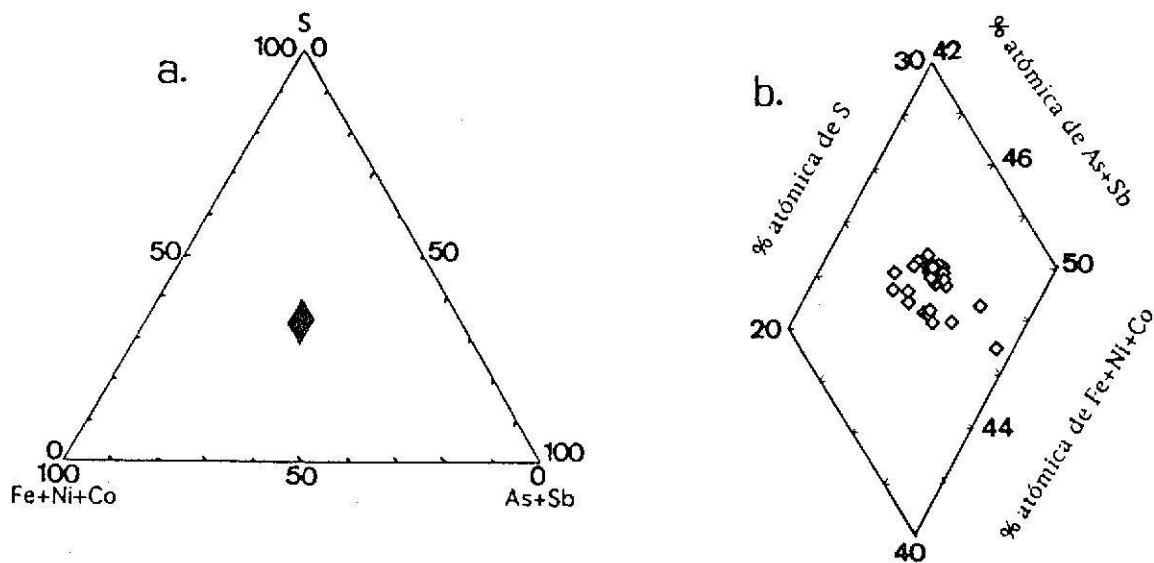


Fig. 40 - Composições químicas de arsenopirites de filões de quartzo com cassiterite e volframite de Segura. a. Diagrama S-(Fe+Ni+Co)-(As+Sb) e localização do diagrama (b) ampliado na figura seguinte. b. ampliação de parte do diagrama S-(Fe+Ni+Co)-(As+Sb). Símbolos: \diamond - arsenopirite (Santa Marina e Papa Queijo).

Tabela XXV - Variação da composição química de cristais isolados de arsenopirite dos filões de quartzo com cassiterite e volframite de Segura.

	1				2			
	bordo	→		núcleo	bordo	→		núcleo
Cu	0.15	0.05	0.01	-	0.07	0.13	-	0.06
Ag	0.01	-	0.08	0.03	0.07	0.14	-	0.01
Zn	0.22	-	-	0.11	0.06	0.05	-	-
Fe	33.88	33.99	33.92	34.46	33.95	33.77	34.19	34.14
Mn	-	-	-	0.03	-	0.02	-	0.09
Cd	-	0.42	0.05	0.04	-	0.02	-	-
Sb	-	-	-	-	-	0.06	0.01	-
As	45.22	45.42	45.17	45.23	46.19	46.06	46.06	46.42
Bi	-	-	-	-	-	-	-	-
Sn	-	-	-	-	-	0.02	-	0.02
Ni	0.04	0.09	-	-	0.09	-	0.01	-
Co	-	0.01	-	-	-	-	-	-
Mo	-	-	-	-	-	-	-	-
S	20.37	20.17	20.64	20.61	19.88	20.27	19.82	19.77
Total	99.89	100.15	99.87	100.51	100.31	100.54	100.09	100.51

1 - Filão de Santa Marina; 2 - Filão de Papa Queijo. - valor abaixo do limite de detecção.
Analista: I. M. H. R. Antunes.

4.10.4. PIRITE

A pirite foi encontrada no pórfiro granodiorítico, filão de quartzo com cassiterite e volframite de Santa Marina e nos filões de quartzo com barite, galena e blenda de Vale de Lobos e de Eiras do Gordo. As fórmulas estruturais médias para as pirites são: a) $(\text{Fe}_{1.09}, \text{Ni}_{0.01}, \text{Co}_{0.01})_{1.11}(\text{S}_{2.00}, \text{As}_{0.02})_{2.02}$ para a do pórfiro granodiorítico; b) $\text{Fe}_{1.05}\text{S}_{2.00}$ para a do filão de quartzo com cassiterite e volframite (Santa Marina) e c) $\text{Fe}_{1.08}\text{S}_{2.00}$ para a pirite dos filões de quartzo com barite, galena e blenda (Vale de Lobos e Eiras do Gordo) (Tabela XXIV e Anexo III). Gericamente a pirite dos filões de quartzo com barite, galena e blenda é a mais rica em S e a mais pobre em As+Sb (Fig. 41b).

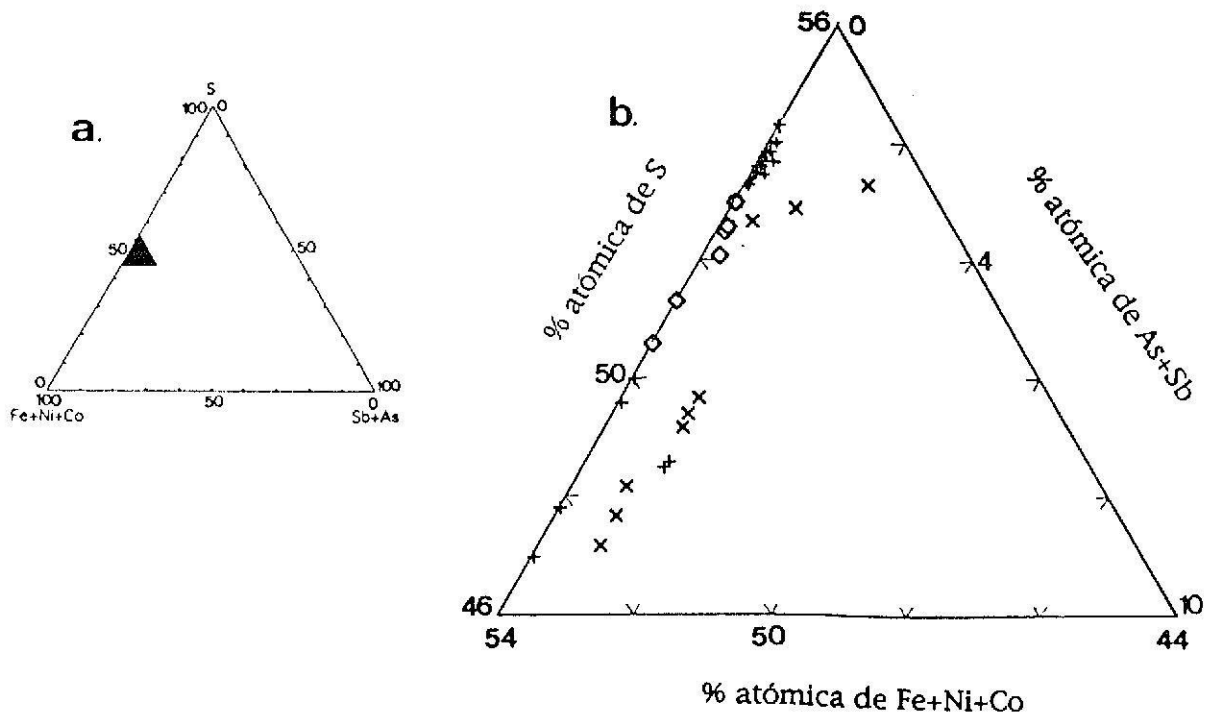


Fig. 41 - a. Diagrama S-(Fe+Ni+Co)-(As+Sb) para pirites do pórfiro granodiorítico e filões de quartzo de Segura e localização do diagrama (b) ampliado na figura seguinte; b. ampliação de parte do diagrama de S-(Fe+Ni+Co)-(As+Sb).

Simbolos: x - pórfiro granítico; \diamond - filão de quartzo com cassiterite e volframite (Santa Marina); + - filão de quartzo com barite, galena e blenda (Vale de Lobos e Eiras do Gordo).

4.10.5. BLENDA

A blenda concentra-se nos filões de quartzo com barite, galena e blenda. Ocorre, também, em menor abundância, no filão de quartzo com cassiterite e volframite de Santa Marina, Segura. As suas composições químicas médias (Tabela XXIV) são: $(\text{Zn}_{0.79}, \text{Fe}_{0.15}, \text{Cd}_{0.01})_{0.95}\text{S}_{1.00}$ para a blenda do filão de quartzo com cassiterite e volframite, $(\text{Zn}_{0.86}, \text{Fe}_{0.07}, \text{Cd}_{0.01})_{0.94}\text{S}_{1.00}$ para a blenda associada à volframite deste filão e $(\text{Zn}_{0.88}, \text{Fe}_{0.04}, \text{Cd}_{0.01})_{0.93}\text{S}_{1.00}$ para a blenda dos filões de quartzo com barite, galena e blenda (Vale de Lobos e Eiras do Gordo). A blenda dos filões de quartzo de Segura apresenta composição química variada. A blenda do filão de quartzo com cassiterite e volframite (Santa Marina) tende a ser uma das mais ricas em Fe (Fig. 42 b). Neste filão, a blenda

associada à volframite é a mais rica em Zn e a mais pobre em Fe e provavelmente é posterior à outra blenda (Matos & Sousa, 1994). O teor de FeS em moles da blenda dos filões de quartzo com cassiterite e volframite (Santa Marina) diminui do bordo para o núcleo de cada cristal, enquanto que no filão de quartzo com barite, galena e blenda este teor aumenta do bordo para o núcleo de cada cristal, o que está de acordo com o encontrado por Neiva (1994) na blenda dos filões de quartzo auríferos de Jales e Gralheira.

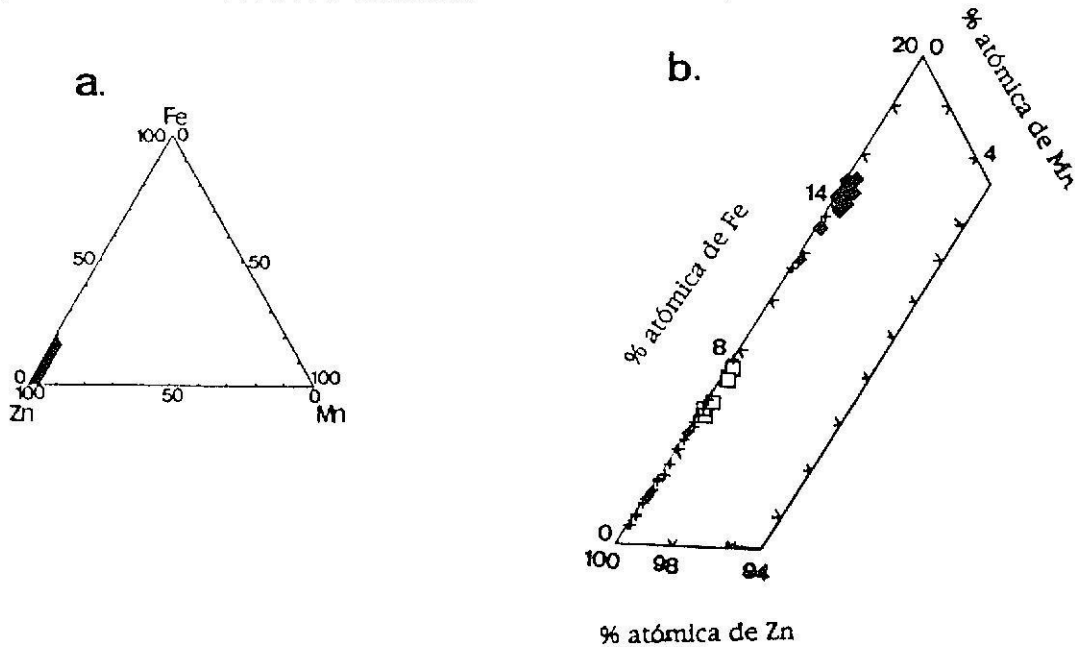


Fig. 42 - a. Diagrama Fe-Zn-Mn para blendas de filões de quartzo de Segura e localização do diagrama (b) ampliado na figura seguinte; b. ampliação de parte do diagrama Fe-Zn-Mn.
 Símbolos: ◆ - blenda de filão de quartzo com cassiterite e volframite; □ - blenda associada à volframite; + - filões de quartzo com barite, galena e blenda (Vale de Lobos e Eiras do Gordo).

A presença de Cu na blenda atinge o valor médio de 0.18 peso % no filão de quartzo com barite, galena e blenda (Eiras do Gordo), pode ser explicada pela solução sólida de calcopirite-blenda. O Cd pode ter alguma influência nas cores apresentadas pela blenda. Este elemento químico nas blendas de Segura não ultrapassa o máximo de 1.82 peso %, à semelhança dos valores médios obtidos na blenda da região de Jales. Contudo os teores de Cu e Mn da blenda dos filões de quartzo de Segura são inferiores aos valores médios registados para a blenda dos filões de quartzo de Jales (Cotelo Neiva & Neiva, 1990).

Na blenda do filão de quartzo com barite, galena e blenda de Eiras do Gordo regista-se um enriquecimento em Cu e Zn na zona de bordadura do cristal (Tabela XXVI); o que está de acordo para o Cu com o encontrado na blenda do filão de Vale de Figueiras (Sousa & Ramos, 1987).

4.10.6. CALCOPIRITE

A calcopirite de Segura ocorre no pórfiro granodiorítico, filões de quartzo com cassiterite e volframite e filões de quartzo com barite, galena e blenda (Tabela XXIV e Anexo III). As suas fórmulas químicas médias são dadas por $Cu_{0.92}Fe_{0.98}S_{2.00}$, $Cu_{0.96}Fe_{0.93}S_{2.00}$ e $Cu_{0.99}Fe_{0.96}S_{2.00}$ para as calcopirites dos pórfiro granodiorítico, filões de quartzo com cassiterite e volframite (Santa Marina e Papa Queijo) e filão de quartzo com barite, galena e blenda (Vale de Lobos), respectivamente. A calcopirite do pórfiro granodiorítico é a mais rica em Fe e a mais pobre em Cu (Fig. 43).

Tabela XXVI - Variação da composição química de cristais isolados de blenda do filão de quartzo com barite, galena e blenda (Eiras do Gordo, Segura)

	bordo		núcleo	
Cu	0.39	0.26	0.05	0.08
Ag	-	-	-	-
Zn	62.37	62.12	61.43	60.78
Fe	1.45	1.26	2.59	3.00
Mn	-	-	-	-
Cd	0.07	0.17	0.23	0.19
Sb	0.05	0.01	0.02	0.01
As	-	-	-	-
Bi	0.03	0.17	0.07	0.05
Pb	-	0.52	0.20	-
Co	-	-	-	-
Mo	0.11	0.10	0.12	0.16
S	35.06	35.12	35.19	35.42
Total	99.53	99.73	99.90	99.69

- valor abaixo do limite de detecção. na - não analisado.
Analista: I. M. H. R. Antunes.

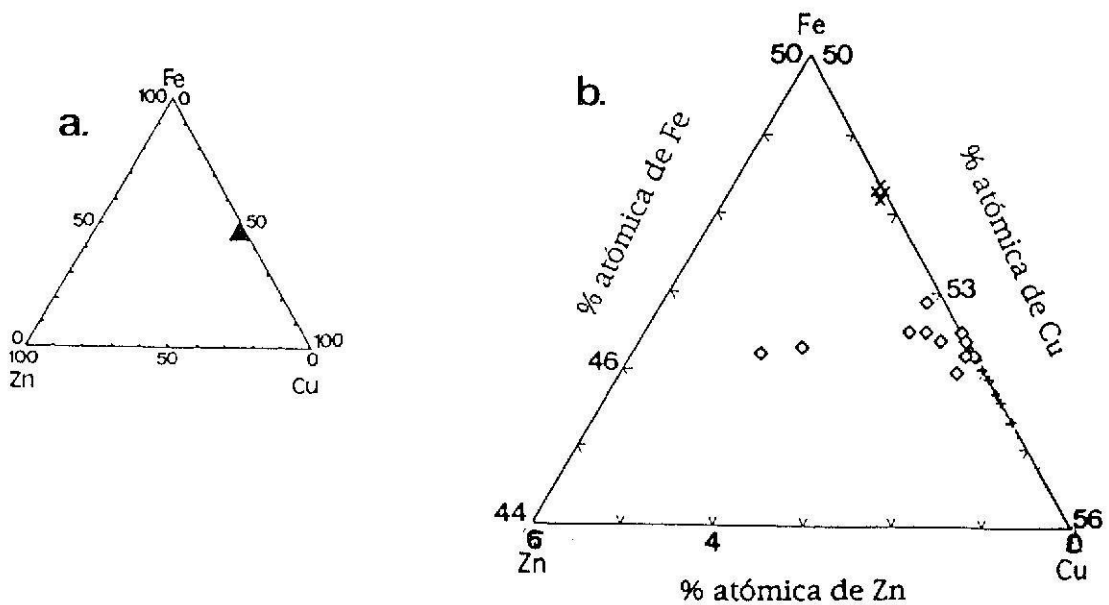


Fig. 43 - Diagrama composicional de Fe-Zn-Cu para a calcopirite; b. composição de calcopirites de pórfiro granodiorítico e filões de quartzo de Segura.

Símbolos: x - pórfiro granodiorítico; ◇ - filões de quartzo com cassiterite e wolframite; + - filões de quartzo com barite, galena e blenda.

4.10.7. MATILDITE E SCHAPBACHITE

A matildite e schapbachite constituem os sulfosais de Ag e Bi do filão de quartzo com cassiterite e wolframite de Santa Marina, Segura (Tabela XXIV e Anexo III). A matildite possui mais Ag e Bi e menos Pb do que a schapbachite (Fig. 44 a, b).

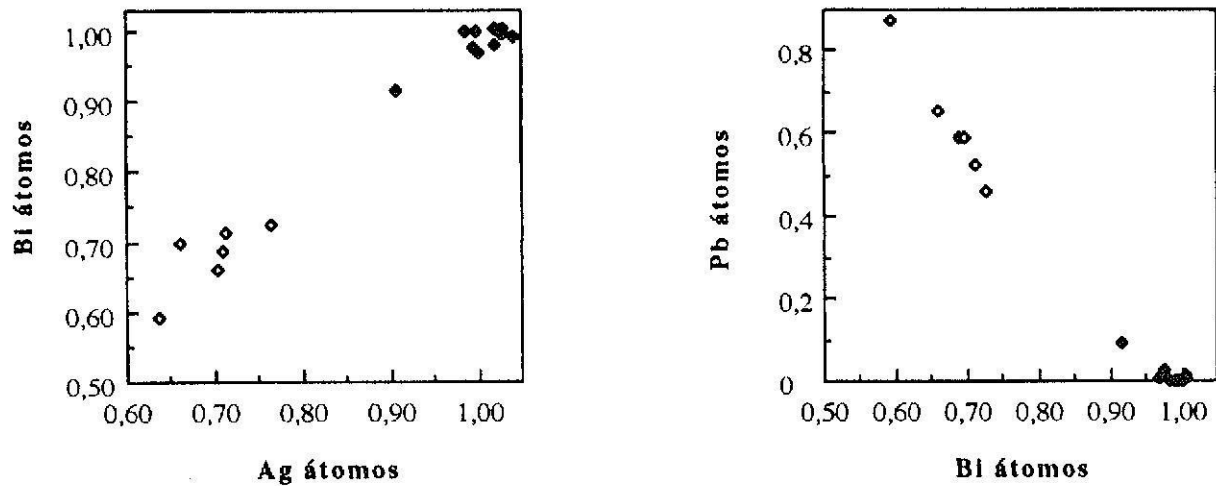


Fig. 44 - Correlação entre Ag-Bi e Bi-Pb para matildite e schapbachite do filão de quartzo com cassiterite e volframite de Segura. Símbolos: \blacklozenge - matildite; \diamond - schapbachite.

Na matildite do filão de Santa Marina foram obtidos teores mais elevados de Ag e menos elevados de Pb que os encontrados na matildite da mina de Vale das Gatas (Gaspar et al., 1987).

4.10.8. GALENA

A galena ocorre exclusivamente nos filões de quartzo com barite, galena e blenda. Tem uma composição química sensivelmente homogênea nos cristais analisados dos vários filões de quartzo (Tabela XXIV e Anexo III) e fórmula química média $Pb_{0,96}S_{1,00}$.

A composição da galena, representada no diagrama Bi(+Sb)-Ag-Pb concentra-se no vértice do Pb, na sua maioria com 100% de Pb; correspondente à área da ligação galena-matildite. A galena dos filões de quartzo com barite, galena e blenda relaciona-se com a associação galena-matildite ao contrário da galena dos filões hidrotermais de sulfuretos e sulfossais dos depósitos de Barquilla (Salamanca) que ocorre associada a sulfossais de Pb-Bi-Ag, uma vez que esta é enriquecida em Bi relativamente à Ag (Pascua et al., 1997).

Os teores de Ag e Bi presentes na galena podem ser explicados pela reacção de substituição: $Ag^+ + Sb^{3+} (Bi^{3+}) \rightarrow 2Pb^{2+}$ (Gaspar et al., 1987; Pascua et al., 1997). A substituição do Pb por Ag e Bi é frequente, particularmente, em sistemas com baixos teores de Cu, Zn e Sb. Se a Ag e Sb estão disponíveis durante a cristalização e Bi é raro, pode ser formada uma série sólida completa entre a galena e a matildite (Foord & Shawe, 1989).

4.10.9. ESTANITE

Constitui um dos sulfuretos menos abundantes na região de Segura e ocorre apenas no filão de quartzo com cassiterite e volframite de Santa Marina.

A estanite tem fórmula geral A_2BCS_4 , com A ocupado por Cu, Ag; B por Fe, Zn, Cd e C por Sn, Ge. Neste grupo existe uma solução sólida formada por diferentes membros de acordo com os elementos dominantes. Em Segura estão apenas representados minerais de estanite, pois a

razão $Cd/(Cd+Fe+Zn)$ é sensivelmente inferior a 0.5. A composição química média determinada para a estanita de Segura apresenta-se na Tabela XXIV (Anexo III) à qual corresponde a fórmula química $Cu_{1.93}(Fe_{0.79},Zn_{0.21})_{1.00}Sn_{1.00}S_{4.00}$, que se revela bastante próxima da composição química teórica para a estanita $Cu_{2.00}(Fe,Zn)_{1.00}Sn_{1.00}S_{4.00}$.

A estanita do filão de quartzo com cassiterite e volframite de Santa Marina apresenta teores mais elevados de Zn, mas mais baixos de Mn e Cd que a estanita dos depósitos hidrotermais de Barquilla. Ainda em Segura, a estanita tende a concentrar teores mais elevados de Fe (Pascua et al., 1997). Entre o Zn e Cd da estanita foi encontrada uma correlação positiva por Černý & Harris (1978), mas nas estanites de Segura, tal como nas da região de Barquilla, esta não é obtida. Na estanita é frequente a substituição de Fe por Zn e Cd (Pascua et al., 1997).

4.11. BARITE

Em Segura, a barite foi apenas encontrada nos filões de quartzo com barite, galena e blenda. A sua composição química é bastante semelhante nos quatro filões onde este mineral foi encontrado (Tabela XXVII). Nos sulfatos é possível estabelecer uma solução sólida completa entre a barite ($BaSO_4$) e a celestinite ($SrSO_4$), com as espécies naturais próximas das composições dos termos finais (Chang et al., 1996). Os teores de Sr encontrados nas barites de Segura são baixos. A barite ideal, $BaSO_4$, tem uma composição com 65.70% de BaO e 34.30% de SO_3 (Chang et al., 1996), pelo que os valores inferiores de BaO obtidos na barite dos filões de quartzo de Segura indicam a entrada de elementos como o Ca e Sr na estrutura da barite por substituição do Ba (Tabela XXVII). A correlação negativa entre Sr e Ba da barite (Fig. 45 a) é

Tabela XXVII - Composições químicas e fórmulas estruturais de barite dos filões de quartzo com barite, galena e blenda de Segura

	1		2		3		4	
	Média	D. pad.	Média	D. pad.	Média	D. pad.	Média	D. pad.
SiO ₂	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.13	0.05
FeO	0.02	0.01	0.01	0.03	0.03	0.04	0.01	0.03
MgO	-	-	-	-	-	-	0.01	0.01
CaO	0.04	0.06	-	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
SrO	0.79	0.04	0.87	0.48	1.30	0.53	1.82	0.76
PbO	-	-	-	-	-	-	-	-
BaO	64.65	5.55	64.92	0.65	64.36	0.85	64.70	0.82
SO ₃	34.58	2.94	34.20	0.30	34.12	0.39	33.58	0.41
Total	100.11		100.01		99.85		100.26	
Ca	0.002	0.002	-	-	0.001	0.001	0.001	0.001
Sr	0.017	0.001	0.020	0.011	0.029	0.012	0.041	0.017
Pb	-	-	-	-	-	-	-	-
Ba	0.975	-	0.988	0.014	0.986	0.019	0.994	0.019
Σ	0.994		1.008		1.001		1.036	
S	1.002	0.001	0.997	0.003	0.996	0.004	0.988	0.004
N	55		9		8		6	

1 - Filão de Vale de Lobos; 2 - Eiras do Gordo; 3 - Ferranheira-Ribeira do Calvário-Bouchal do Paulo; 4 - Pereiro-Horta da Calçada. D. pad. - desvio padrão. - valor abaixo do limite de detecção. N - número de análises. Óxidos em peso %. Número de catiões calculado com base em 4 átomos de oxigénio.

Analista: I. M. H. R. Antunes.

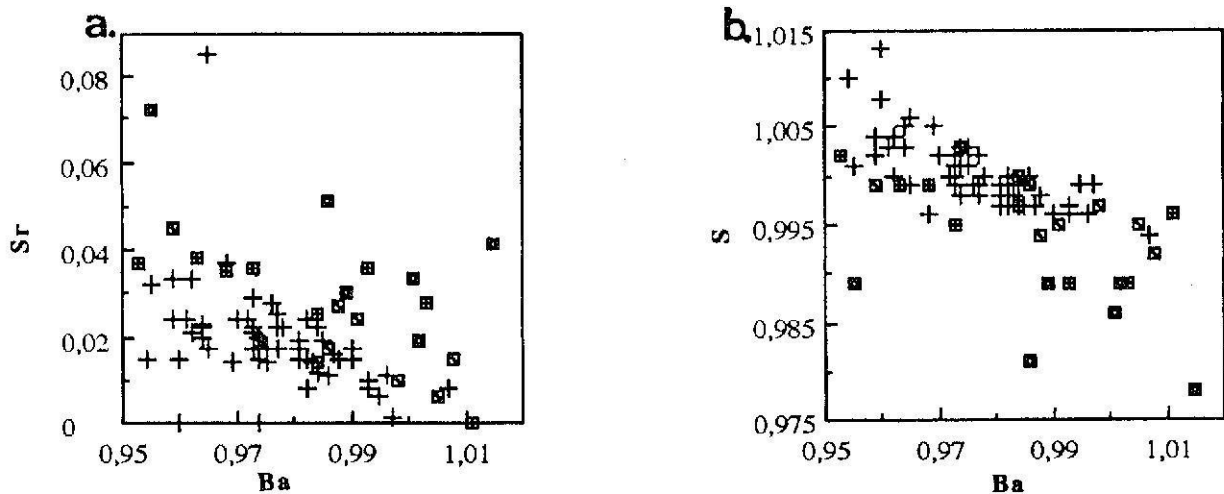


Fig. 45 - Diagramas de correlação: a. Sr-Ba; b. S-Ba da barite dos filões de quartzo com barite, galena e blenda.

Símbolos: + - Vale de Lobos; □ - Eiras do Gordo; ⊕ - Ferranheira - Ribeira do Calvário - Bouchal do Paulo; ■ - Pereiro - Horta da Calçada.

explicada através da substituição do Ba pelo Sr, mas a correlação negativa entre S e Ba (Fig. 45 b) deve-se a que estes elementos se situam em posições estruturais distintas.

As características físico-químicas da barite permitem que esta seja solúvel em águas mais profundas e que não exista qualquer dificuldade no transporte de grandes quantidades de Ba em fluidos mineralizados. Quando estes fluidos entram em equilíbrio com a água meteórica, a actividade do Ba decresce e a barite pode precipitar abruptamente nos locais de intersecção de fluidos mineralizados com água subterrânea oxidada (Plumber, 1971)

4.12. PRODUTOS DE ALTERAÇÃO

Os minerais de alteração supergénica são vários e resultam, preferencialmente, da alteração de sulfuretos.

4.12.1. FARMACOSIDERITE

A arsenopirite do filão de quartzo com cassiterite e volframite (Santa Marina e Papa Queijo) é substituída por massas irregulares de arsenatos de Fe hidratados com composição química média apresentada na Tabela XXVIII (Anexo IV).

Tabela XXVIII - Composição química de farmacosiderite dos filões de quartzo com cassiterite e volframite de Segura

	Média	D. pad.
Fe ₂ O ₃	32.28	0.86
As ₂ O ₅	46.55	1.34
H ₂ O ⁽¹⁾	21.17	1.56
Total	100.00	
N	8	

D. pad. - desvio padrão. ⁽¹⁾ - valor estimado através de cálculos. N - número de análises.

Analista: I. M. H. R. Antunes.

Este arsenato de Fe hidratado aproxima-se mais da farmacosiderite do que qualquer outro mineral secundário, mais comum, resultante da alteração da arsenopirite.

4.12.2. ANGLESITE, PIROMORFITE, FOSFATO DE Fe E Pb

Associados à alteração da galena dos filões de quartzo com barite, galena e blenda, surgem anglesite, piromorfite e fosfato de Fe e Pb. Estes minerais dispõem-se em filamentos que atravessam aleatoriamente os cristais de galena ou delimitando-a e, por vezes, substituem-na na totalidade. Têm cor acinzentada com tonalidade variada, entre cinzento escuro a branco acinzentado. A anglesite é um sulfato de Pb, enquanto a piromorfite corresponde a um clorofosfato-arsenato de Pb (Tabela XXIX).

Estes materiais correspondem a uma fase secundária resultante da oxidação da galena; pelo que são frequentes em zonas oxidadas de depósitos de Pb. A anglesite é um dos minerais mais abundantes, sendo facilmente encontrada em todos os estádios de desenvolvimento e ocorre em massas compactas que invadem rapidamente as zonas não alteradas da galena, tanto no seu interior como no exterior. A piromorfite está incluída na série com o mesmo nome e distingue-se da mimetite pelos seus teores mais elevados de P. É mais abundante que a mimetite (Dana & Dana, 1951). Na piromorfite, o Ca substitui frequentemente o Pb.

Tabela XXIX - Composições químicas de produtos de alteração da galena dos filões de quartzo com barite, galena e blenda de Segura

Óxidos	1		Óxidos	2		Óxidos	3	
	Média	D. pad.		Média	D. pad.		Média	D. pad.
SO ₃	25.42	3.03	PbO	74.46	2.23	PbO	31.16	1.58
P ₂ O ₅	0.41	0.70	CaO	1.26	1.11	CuO	0.08	0.04
CaO	0.05	0.11	P ₂ O ₅	7.26	0.46	Fe ₂ O	32.21	2.01
PbO	71.21	1.71	As ₂ O ₅	12.12	0.83	P ₂ O ₅	19.58	0.85
ZnO	0.02	0.02	Cl	3.10	0.10	SO ₃	1.68	0.99
CuO	0.01	0.02	Total	100.20		H ₂ O ⁽¹⁾	15.29	0.37
Total	97.12		O=Cl	0.68		Total	100.00	
			Total	99.52				
N	6			7			6	

1 - anglesite; 2 - piromorfite; 3 - fosfato de Fe e Pb. D. pad. - desvio padrão. ⁽¹⁾ - valor estimado através de cálculos. N - número de análises.

Analista: I. M. H. R. Antunes.

O fosfato de Fe e Pb associado aos dois minerais anteriores, não se enquadra em nenhum dos fosfatos de Fe e Pb já classificados embora se encontre mais próximo da kintoreite. A kintoreite é um mineral da família jarosite-alunite, grupo da lusungite, correspondente a uma série de Pb-Fe³⁺ com fórmula química geral PbFe₃[(As, P, S)O₄](OH, H₂O)₆ e S<0.5. Estende-se desde os membros finais de As, segnitite, até aos membros finais de Pb, comumente designados de lusungite. Ocorre em zonas oxidadas de depósitos de Pb-Zn, na presença de soluções com elevada razão P/(As+S) (Pring et al., 1995). As composições químicas do fosfato de Fe e Pb de Segura conferem-lhe a fórmula química média: Pb_{1.01}(Fe_{2.92},Cu_{0.01})_{2.93}(PO₄)_{2.00}(SO₄)_{0.15}(OH)_{4.51}3.84H₂O, calculada na base de 17 átomos de oxigénio. Esta composição aproxima-se dos membros finais puros, tal como a fórmula química média obtida para a kintoreite Pb_{0.97}(Fe_{2.95},Zn_{0.13},Cu_{0.02})_{3.10}[(PO₄)_{1.30}(AsO₄)_{0.39}(SO₄)_{0.18}(CO₃)_{0.11}]_{1.98}(OH)_{5.45}0.74H₂O, com base em

14 átomos de oxigénio (Pring et al., 1995). No entanto, o fosfato de Fe e Pb dos filões de quartzo com barite, galena e blenda de Segura tende a apresentar teores mais elevados de P e de H₂O do que a kintoreite que possui Zn e As na sua composição química.

4.12.3. LIMONITE

Nos filões de quartzo com barite, galena e blenda de Segura (Vale de Lobos) são, também, frequentes zonas com óxidos de Fe de aspecto fibroso que correspondem a cristais de limonite. Tem composição a química média apresentada na Tabela XXX (Anexo IV).

Tabela XXX - Composição química de limonite dos filões de quartzo com barite, galena e blenda (Vale de Lobos, Segura)

	<u>Média</u>	<u>D. pad.</u>
MgO	0.15	0.15
MnO	0.15	0.09
ZnO	1.13	1.61
Al₂O₃	1.00	1.75
Fe₂O₃	79.60	5.04
TiO₂	-	0.01
SiO₂	3.23	1.59
Total	84.92	
N	25	

D. pad. - desvio padrão. - valor abaixo do limite de detecção. N - número de análises.

Analista: I. M. H. R. Antunes.

5 GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE LINHAS DE ÁGUA E DE SOLOS

Nas escombrelas da mina e em seu redor, o conteúdo mineralógico resulta dos minerais explorados, de materiais inertes constituintes da ganga das mineralizações ou dos minerais constituintes das rochas encaixantes (Maroto et al., 1997). Nestas zonas há produção de concentrações anómalas de elementos químicos relativamente ao fundo geoquímico, que afectam os solos e águas, bem como, todos os que destes dependem directa ou indirectamente.

A lixiviação dos elementos químicos a partir das escombrelas e a sua dispersão química é condicionada pela capacidade de migração durante o processo de dispersão, ou seja, da sua mobilidade. Contudo, os metais nos solos são fortemente adsorvidos pelos minerais de argila, matéria orgânica e óxidos de Fe e Mn (Cardoso Fonseca et al., 1995).

A presença de anomalias de alguns elementos químicos nas zonas vizinhas das escombrelas ou áreas mineralizadas indicam a acção de agentes eólicos no transporte de finas poeiras das camadas mais superficiais da escombrela (Santos Oliveira et al., 1998).

5.1. GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE LINHAS DE ÁGUA

No estudo geoquímico dos sedimentos de linhas de água, o Serviço de Fomento Mineiro (IGM, 1988) colheu cerca de 717 amostras da fracção fina superficial destes sedimentos, ao longo de uma área com cerca de 190 km². Na selecção dos locais de recolha de sedimentos consideraram a sua localização mais de 50 metros a montante e de 100 metros a jusante do ponto de confluência de linhas de água. As amostras foram sujeitas a um conjunto de processos de preparação que incluem redução, secagem e moagem. Os processos de determinação das concentrações totais dos elementos químicos analisados por espectrofotometria de emissão de plasma teve por limite de precisão 20 ppm para o As e 10 ppm para o B, Cu, Ba, Pb e Zn. Sn e W foram analisados por fluorescência de Raios-x e por espectrofotometria de emissão de plasma, e tiveram como limite de detecção 4%.

O Fomento Mineiro (IGM, 1988) tratou as concentrações totais obtidas estatisticamente utilizando os programas informáticos: *STATGRAPHICS - V 2.6* da Grafic Software Systems, Inc, folha de cálculo da *Microsoft EXCEL - V 4.0* da Microsoft e *SURFER - V 3.0* da Golden Software, Inc. Após obtidos os parâmetros estatísticos para cada elemento químico analisado definiram três intervalos de anomalias correspondentes à média mais o desvio padrão, média mais duas vezes o desvio padrão e média mais três vezes o desvio padrão; por ordem crescente de valores anómalos.

Na elaboração da carta de teores foram definidas duas classes de intervalos de variação distintos de acordo com as litologias onde foram colhidos os sedimentos. Para os sedimentos de linhas de água colhidos em xistos, o intervalo de concentração para os vários elementos químicos está compreendido entre 2.5 e 1100 ppm, enquanto nos sedimentos graníticos os teores variam entre 2 e 840 ppm.

As anomalias dos sedimentos de linhas de água para o Sn, W, B, As, Cu, Ba, Pb e Zn estão representadas nas Figuras 46 a - h. De um modo geral, os valores anómalos mais elevados ocorrem nos sedimentos de linhas de água de drenagem da área a norte do plutão granítico de Segura (Zona das Tapadas) onde se concentram diversas mineralizações em Sn-W e Ba-Pb-Zn.

Os sedimentos de linhas de água apresentam valores anómalos de Sn por toda a área acompanhando as linhas de água em longos percursos (Fig. 46 a). O Sn é um elemento abundante nos sedimentos e, provavelmente, bastante móvel, dispersando-se facilmente ao longo destes. Assume, no entanto, concentrações mais elevadas nos sedimentos colhidos nas linhas de água de escorrência provenientes das zonas com estruturas mineralizadas em Sn-W; tanto nos sedimentos de linhas de água em xistos como em granitos. Na zona Este da área concentra-se com valores anómalos associados ao pegmatito estanífero-litínifero de Cabeço Queimado.

O W assume valores anómalos dispersos por toda a área, embora os teores mais elevados tivessem sido encontrados nos sedimentos das linhas de água de uma zona com volframite (Fig. 46 b). Apresenta alguma semelhança com a distribuição do Sn, nomeadamente, nos valores anómalos encontrados na zona do Cabeço Queimado e a Oeste do granito de Segura. Este elemento parece concentrar-se preferencialmente nos sedimentos de linhas de água que atravessam os xistos, pois os filões de quartzo com cassiterite e volframite predominam a cortar os xistos. Há sedimentos de linhas de água junto do filão de quartzo, barite, galena e blenda de Vale de Lobos que têm concentrações anómalas de W, mas certamente são provenientes de filões de quartzo com volframite.

O boro ocorre predominantemente nos sedimentos de linhas de água de drenagem da zona mineralizada em Sn e W (Fig. 46 c) e apresenta alguma mobilidade, pois é encontrado em sedimentos afastados desta. Contudo parece, também, estar relacionado com os filões de quartzo com barite, galena e blenda, embora em menor intensidade.

Os teores de As encontrados em sedimentos de linhas de água apresentam valores mais elevados na zona das Tapadas (Fig. 46 d); onde ocorrem os filões de quartzo com cassiterite e volframite que têm arsenopirite. Aparece, também, nos sedimentos de linhas de água junto dos filões de quartzo com barite, galena e blenda, embora com teores mais baixos. O As ocorre indiferentemente em sedimentos de linhas de água de xistos e granitos.

Com ocorrências anómalas idênticas ao As pode ser referido o Cu (Fig. 46 e) embora, aparentemente, possua menor mobilidade, pois as concentrações mais elevadas estão menos dispersas.

O Ba não apresenta elevada dispersão nos sedimentos de linhas de água da área e tende a concentrar-se com teores mais elevados junto aos filões com barite, galena e blenda, bem como, nos sedimentos de linhas de água provenientes destes locais (Fig. 46 f). Os valores anómalos são encontrados tanto em sedimentos de linhas de água colhidas em xistos como em granitos. No entanto, nos sedimentos de linhas de água de granitos parece apresentar maior mobilidade, pois estende-se ao longo de toda a linha de água que atravessa o maciço enquanto nos xistos, a contaminação concentra-se em redor dos filões mineralizados.

O Zn e o Pb apresentam valores anómalos mais dispersos pela área comparativamente ao observado para o Ba (Fig. 46 g, h), provavelmente por se tratarem de elementos com maior mobilidade nos sedimentos. Os teores mais elevados são encontrados preferencialmente nos sedimentos de linhas de água de drenagem dos filões de quartzo com barite, galena e blenda; tanto em sedimentos de linhas de água de xistos como de granitos. Localmente, a Nordeste do granito de Segura, os sedimentos de linhas de água apresentam teores de Ba e Zn considerados anómalos, o que sugere a existência de possíveis filões de quartzo idênticos.

As observações referidas para valores anómalos de As, Pb e Zn dos sedimentos de linhas de água de Segura estão de acordo com o encontrado por Santos Oliveira et al. (1998) nos sedimentos de corrente da mina de Jales, com concentrações superiores às definidas para ambientes geológicos sem influências antropogénicas. As concentrações anómalas estendem-se ao longo de uma grande extensão embora tendam a confinar-se às zonas mineralizadas.

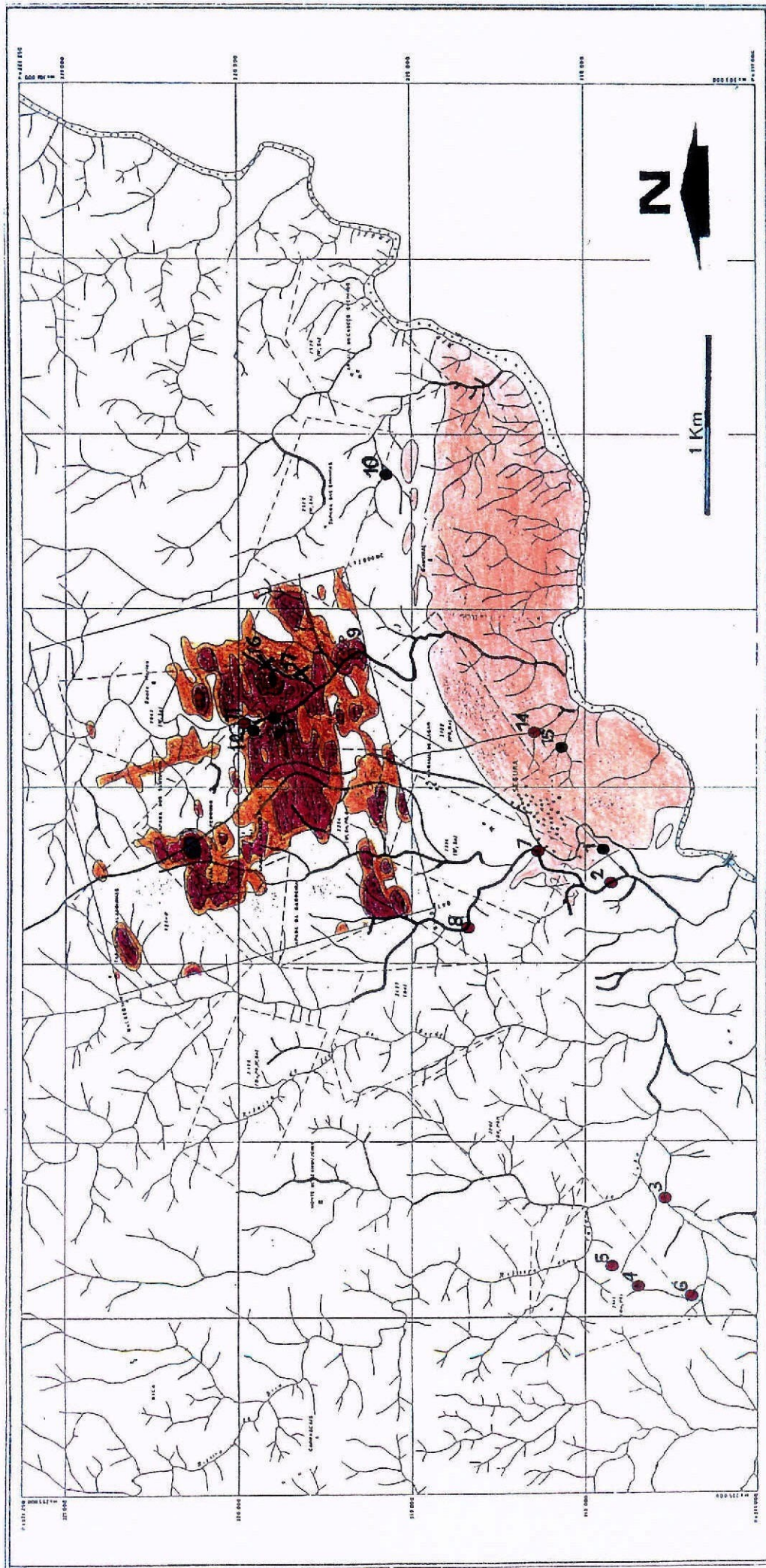


Fig. 46 a. Teores de Sn em solos e sedimentos de linhas de água. Solos:

Sedimentos de linhas de água em: xistos < 2.5 12.5 20 >

Pontos de água em: X - poços; ● - nascentes; ● - linhas de água desta tese. □ -Complexo Xisto-Metagrauvaquico, ■ - granito



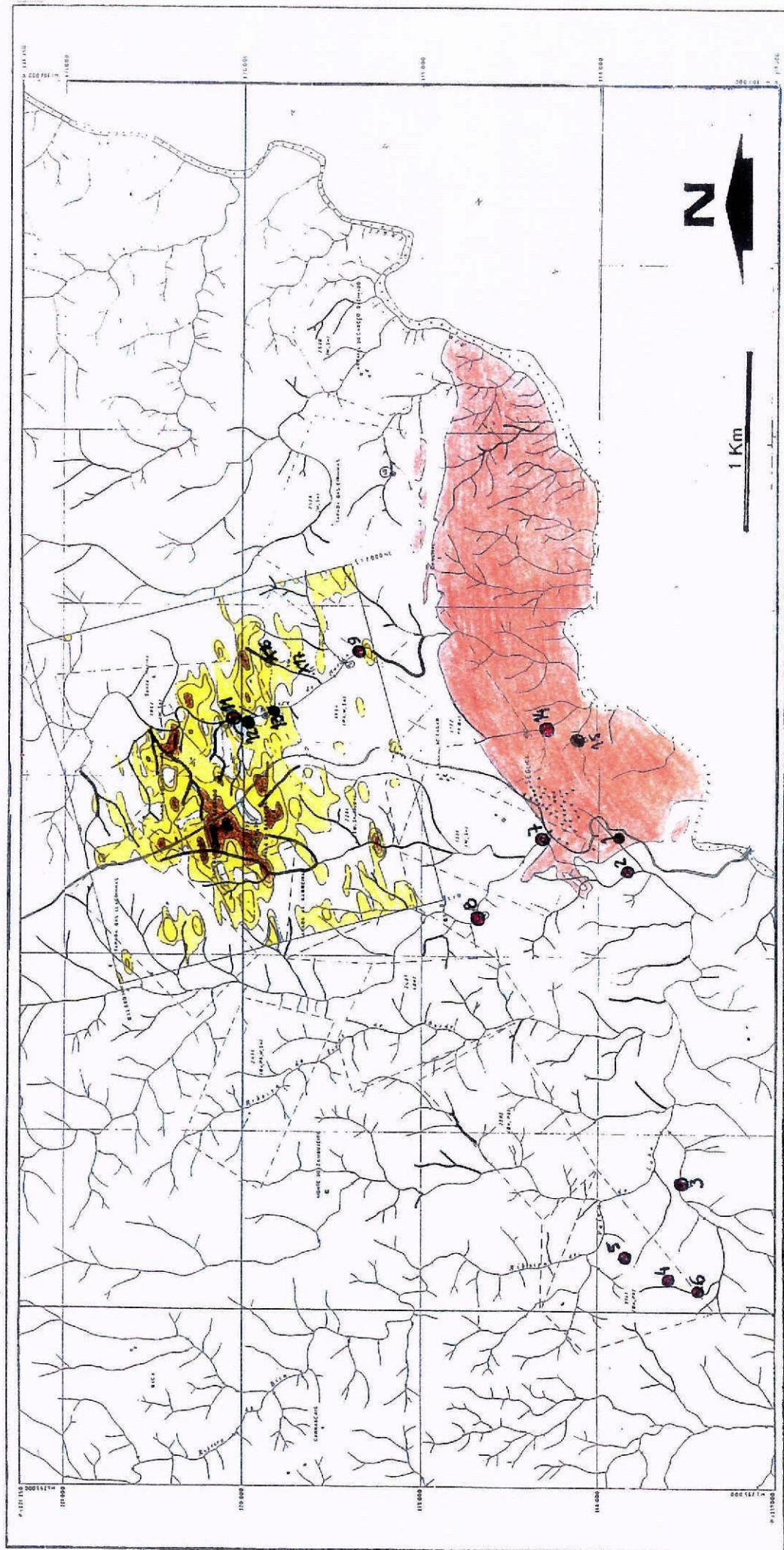


Fig. 46 b. Teores de W em solos e sedimentos de linhas de água. Solos:

Sedimentos de linhas de água em: xistos < 3.0 > 5.0 > 10 > 30 > 45 > ppm; granito < 10 > 15 > 25 > 45 > ppm

Pontos de água em: X - poços; ● - nascentes; □ - Complexo Xisto-Metagrauvaquico, ■ - granito (IGM, 1988)

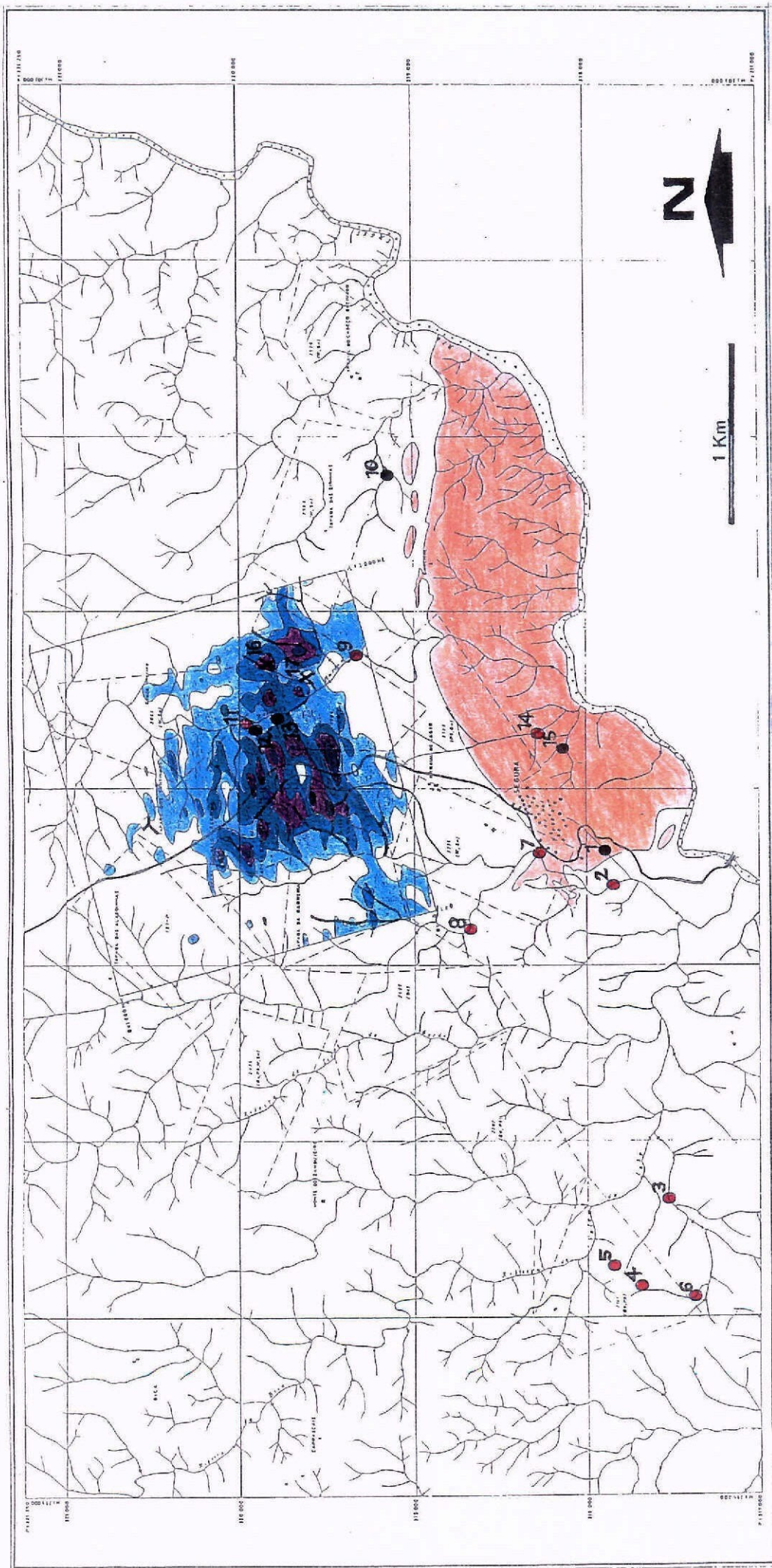


Fig. 46 c. Teores de B em solos e sedimentos de linhas de água. Solos:

Sedimentos de linhas de água em: xistos < 46 100 175 > ppm; granito

Pontos de água em: X - poços; ● - nascentes; ● - linhas de água desta tese. □ - Complexo Xisto-Metagrauváquico, ■ - granito

(IGM, 1988)

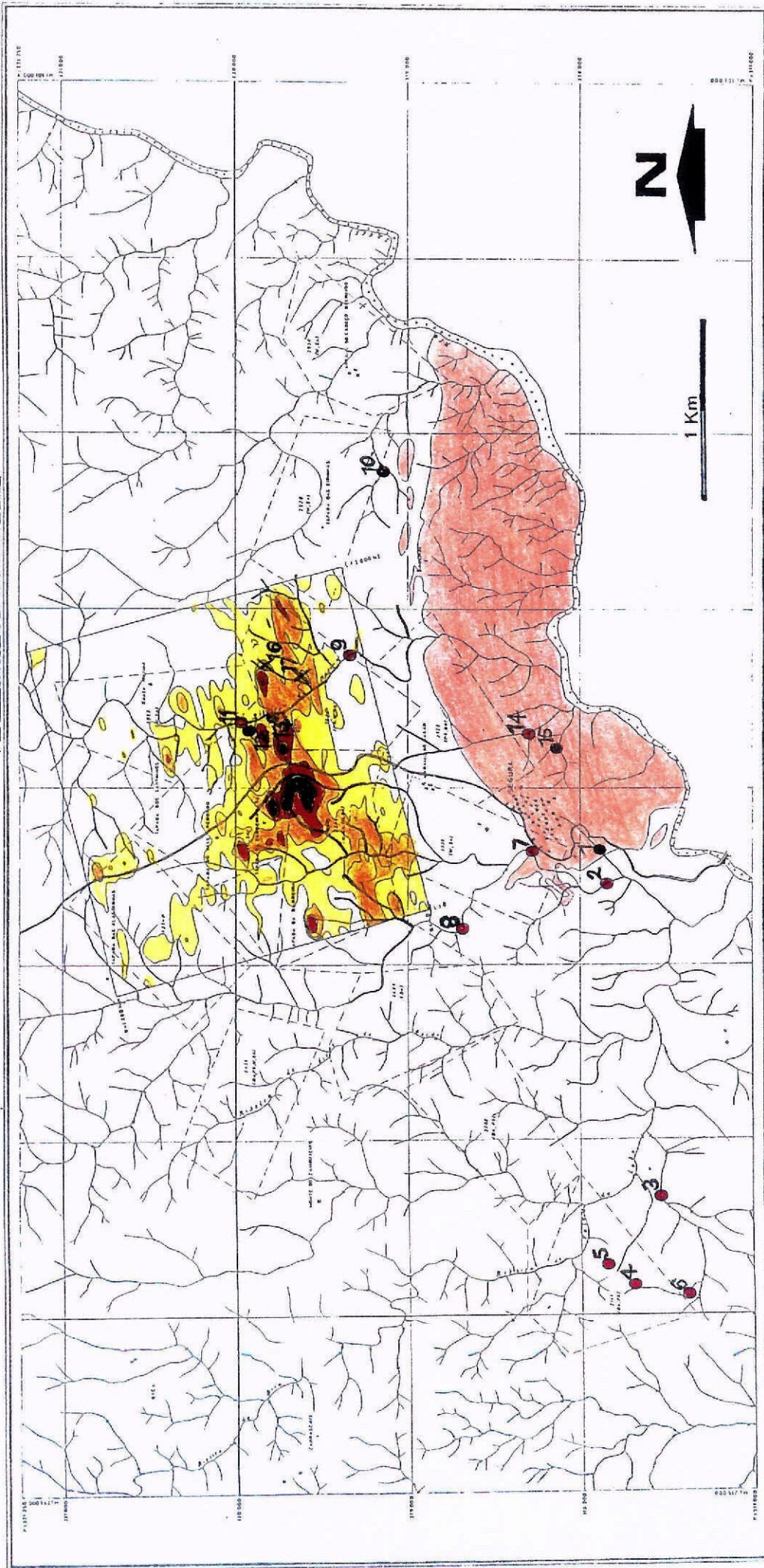


Fig. 46 d. Teores de As em solos e sedimentos de linhas de água. Solos:
 Sedimentos de linhas de água em: xistos < 20 65 175 > ppm; granito < 20 35 45 > ppm
 Pontos de água em: X - poços; ● - nascentes; ● - linhas de água desta tese. □ - Complexo Xisto-Metagrauvaquico, ■ - granito
 (IGM, 1988)

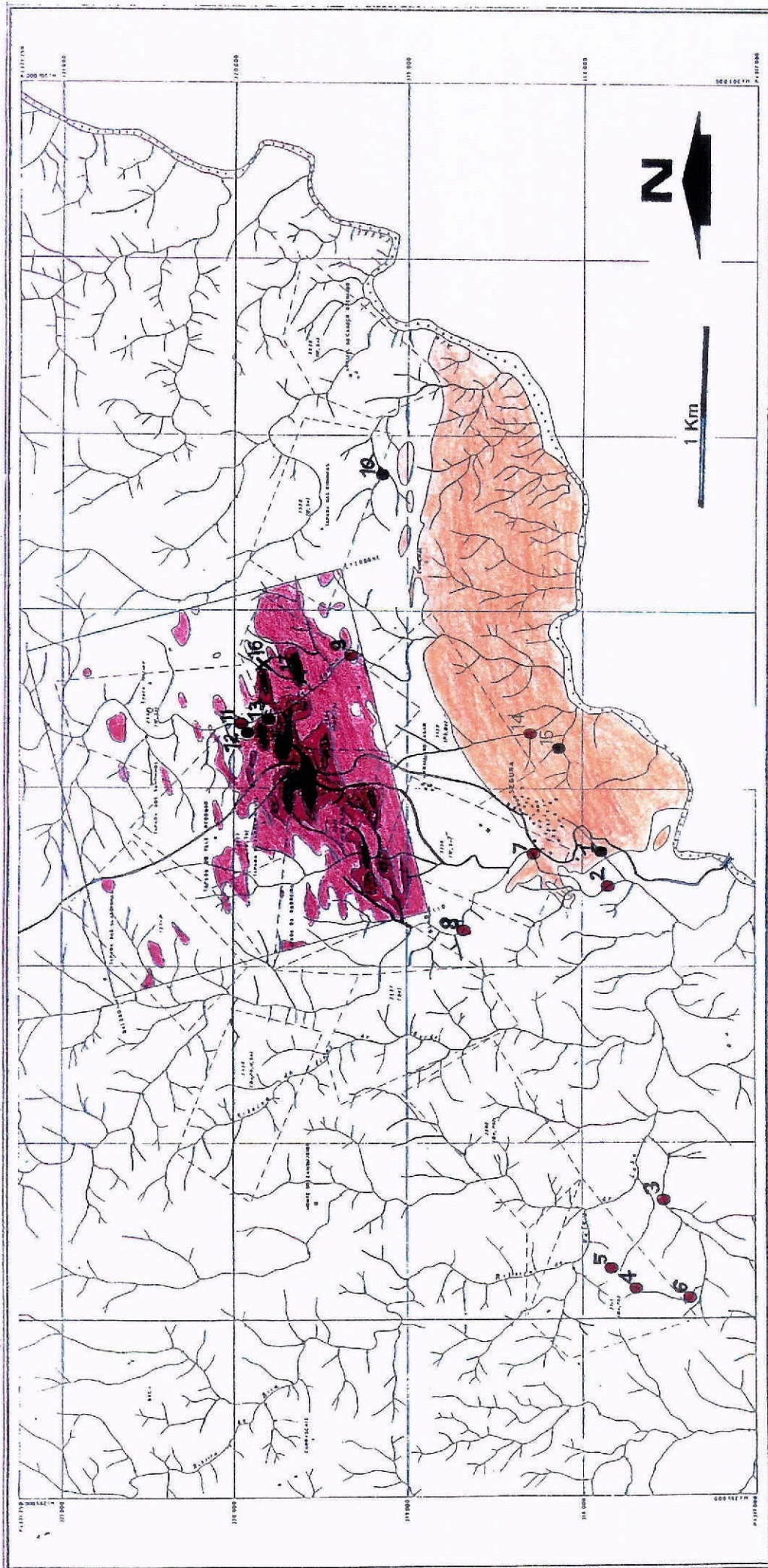


Fig. 46 e. Teores de Cu em solos e sedimentos de linhas de água. Solos: Sedimentos de linhas de água em: xistos < 39 50 60 > ppm, granito < 40 60 75 100 > ppm Complexo Xisto-Metagrauvaquico, - granito

Pontos de água em: X - poços; ● - nascentes; ● - linhas de água desta tese. □ - Complexo Xisto-Metagrauvaquico, ■ - granito (IGM, 1988)

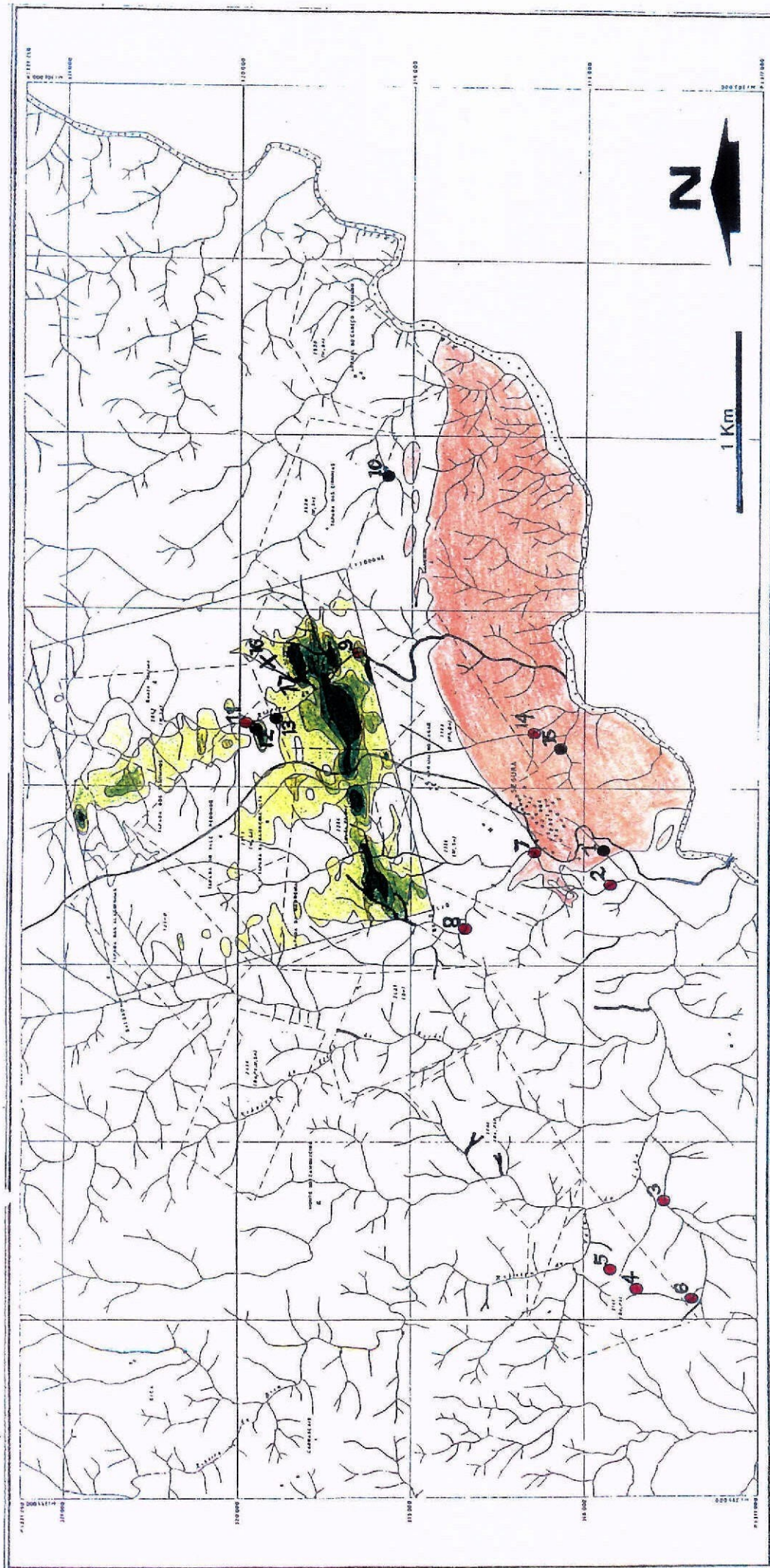


Fig. 46 f. Teores de Ba em solos e sedimentos de linhas de água. Solos: < 675 850 1100 1500 $>$ ppm
 Sedimentos de linhas de água em: < 625 840 1100 $>$ ppm; granito < 500 640 840 $>$ ppm
 Pontos de água em: X - poços; ● - nascentes; ● - linhas de água desta tese. □ -Complexo Xisto-Metagrauvaquico, ■ - granito
 (IGM, 1988)

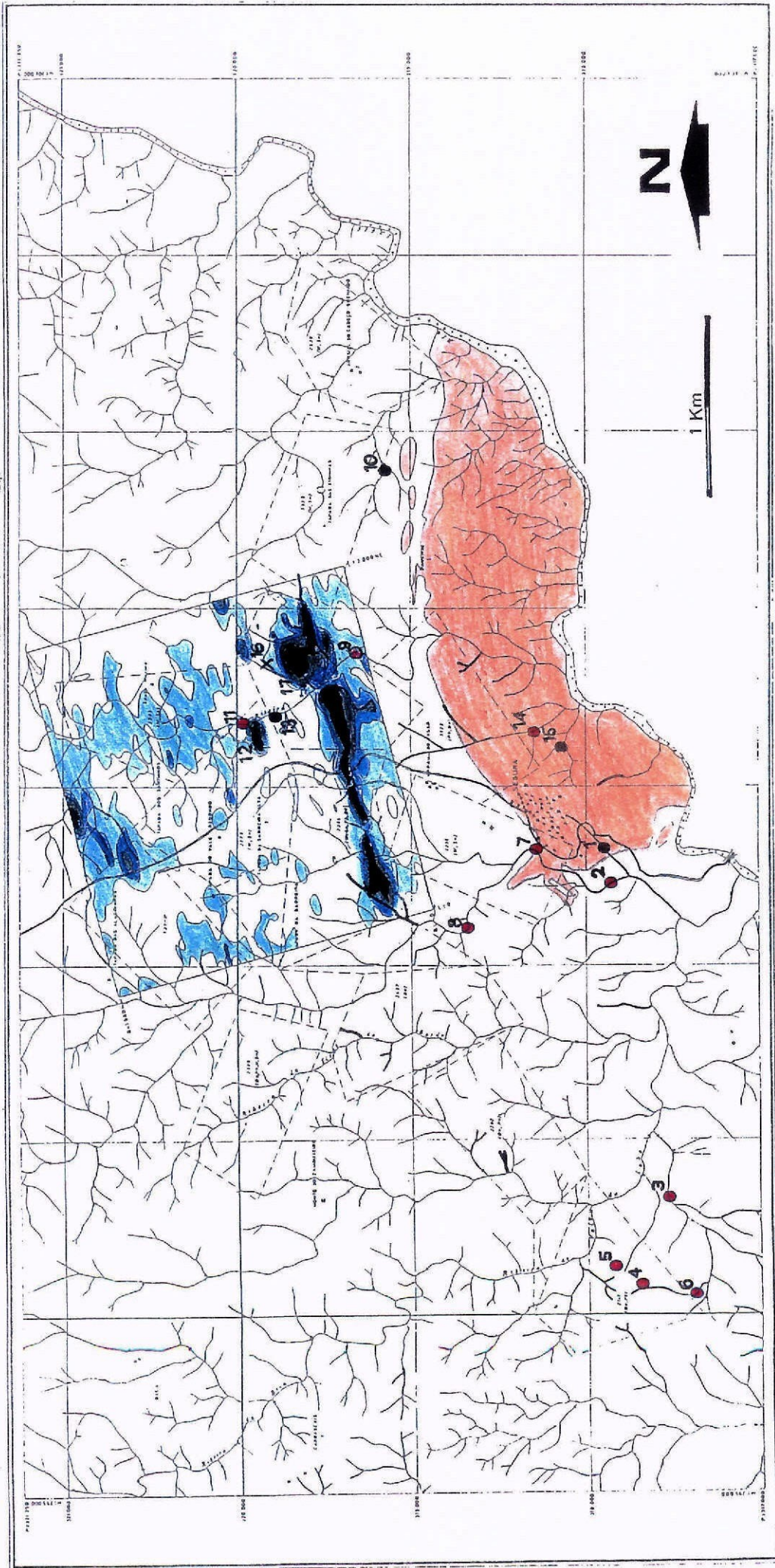


Fig. 46 g. Teores de Pb em solos e sedimentos de linhas de água. Solos:
 Sedimentos de linhas de água em: xistos
 Pontos de água em: X - poços; ● - nascentes; ● - linhas de água desta tese. □ - Complexo Xisto-Metagrauváquico, ■ - granito
 (IGM, 1988)

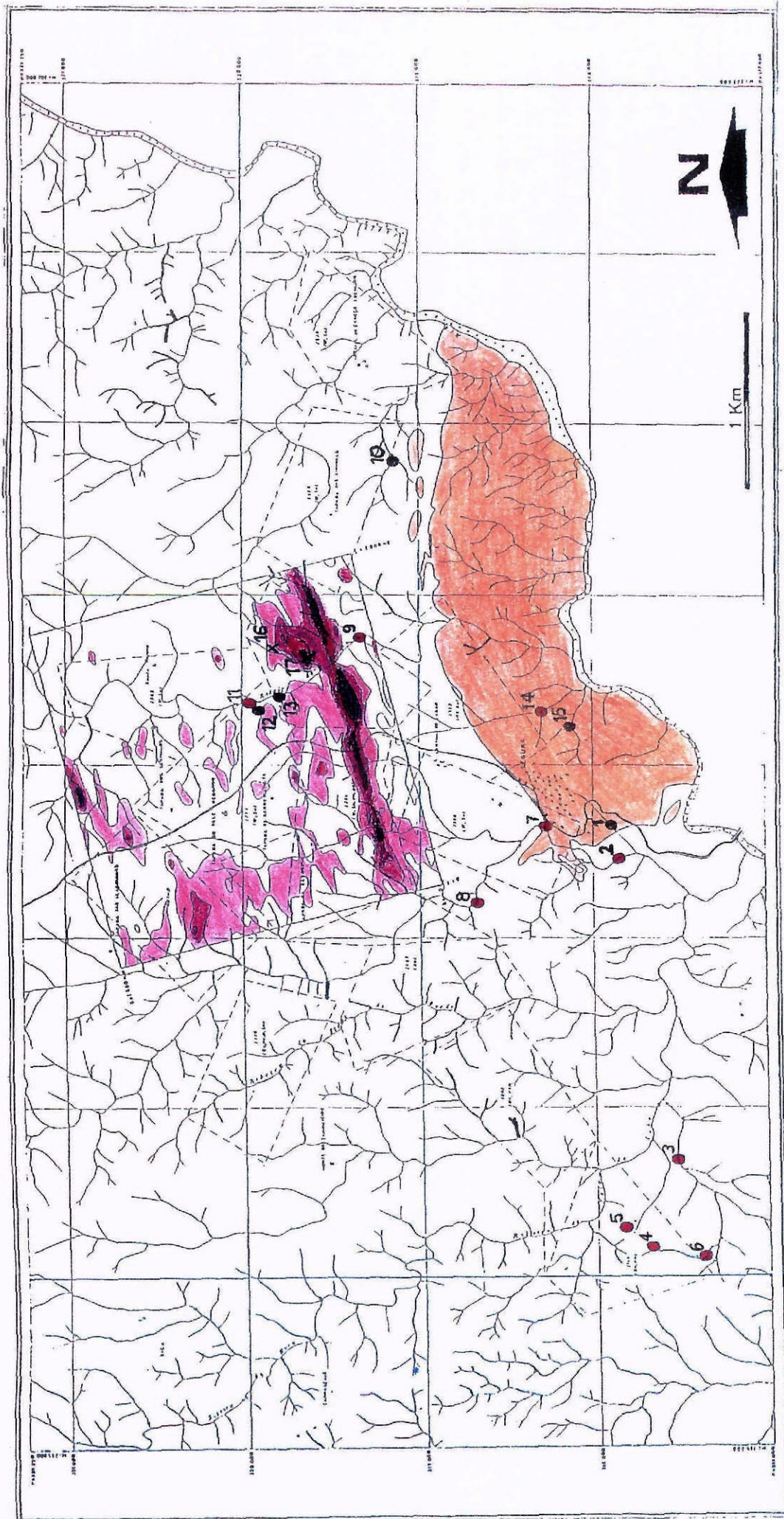


Fig. 46 h. Teores de Zn em solos e sedimentos de linhas de água. Solos:

Sedimentos de linhas de água em: xistos < 125 155 225 >

Pontos de água em: X - poços; ● - nascentes; ○ - linhas de água desta tese.

(IGM, 1988)

5.2. GEOQUÍMICA DE SOLOS

No estudo da geoquímica dos solos da área de Segura, realizado pelo Fomento Mineiro (IGM, 1988), tendo como objectivo a definição de zonas de teores anómalos para os elementos químicos estudados e sua distribuição pela área em estudo, foram recolhidas cerca de 1995 amostras de solo. A selecção de amostragem teve por base o elevado número de zonas mineralométricas anómalas e de sedimentos de linhas de água, numa área situada a norte da povoação de Segura e ao longo de uma malha de amostragem de solos com, aproximadamente, 3,8 km². As amostras de solos colhidas até cerca de 30 cm de profundidade foram sujeitas aos processos e determinações referidas para os de sedimentos de linhas de água da área. As amostras analisadas são apenas de solos de xistos.

As anomalias de solos para o Sn, W, B, As, Cu, Ba, Pb e Zn estão representadas nas cartas de isoteores (Figs. 46 a, b, c, d, e, f, g, h).

Os teores de Sn e W nos solos de Segura definem anomalias que se sobrepõem às zonas mineralizadas em cassiterite e volframite presentes na área (Figs. 46 a, b). Embora a maior parte das anomalias coincidam com antigas explorações mineiras, a sua distribuição pela área fornece indicações da existência de possíveis filonetes locais de cassiterite e volframite não cartografados. Salienta-se como exemplo, as duas anomalias mais intensas em Sn (Fig. 46 a), bem como, as localizadas mais a Norte destas com valores anómalos de W (Fig. 46 b). As anomalias de Sn e W não têm uma orientação definida possivelmente devido à atitude subhorizontal das estruturas mineralizadas.

Os teores destas anomalias nos solos são geralmente superiores aos teores de Sn em solos (Adriano, 1986) e teores médios de 4 a 6 ppm de Sn em solos de xistos (Alloway, 1990). O Sn acumula-se, preferencialmente, nas raízes das plantas e tem um baixo grau de volatilidade dependente do pH do solo (Cardoso Fonseca et al., 1996).

As anomalias de B situam-se junto das anomalias de Sn e W (Figs. 46 a, b, c) e terão como principal fonte a turmalina.

Ainda directamente relacionadas com as mineralizações de Sn e W, ocorrem as anomalias de As e Cu (Figs. 46 d, e). Particularmente para as anomalias de As, pode ser referido que se encontram directamente associadas à arsenopirite das bolsadas centimétricas no quartzo do filão de cassiterite e volframite de Santa Marina (Fig. 46 d), enquanto as anomalias de Cu resultam da calcopirite existente nas mineralizações em Sn-W de Papa Queijo (Fig. 46 e).

O As é um elemento que pode ocorrer na natureza em três estados de oxidação distintos que lhe conferem diferentes mobilidades, geralmente dependentes do pH (Cardoso Fonseca et al., 1995; Moreno et al., 1999). Na superfície do solo é imóvel, embora possa ser transportado nas águas de lixiviação. É acumulado nos solos através do uso de pesticidas com este elemento e, por vezes, concentra-se em elevadas quantidades. É tóxico tanto para humanos como para animais podendo provocar efeitos agudos nos sistemas respiratório, gastrointestinal, cardiovascular e nervoso particularmente quando está sob a forma de compostos orgânicos ou inorgânicos (Cardoso Fonseca et al., 1995). O principal mecanismo que controla a sua distribuição no solo é a adsorção na superfície dos óxidos e hidróxidos de Fe. Contudo a sua adsorção depende do pH do solo, com o qual varia inversamente (Carillo & Drever, 1998).

O teor de Cu nas anomalias de Segura é elevado, pois o Cu será provavelmente proveniente da mineralização. Além disso, o teor de Cu em solos de xistos ocorre com concentrações variáveis entre 39 e 50 ppm e persiste facilmente no solo, pois é fixado pela matéria orgânica, óxidos de Fe, Al e Mn e minerais de argila (Adriano, 1986). A sua mobilidade depende do pH do solo, bem como, da sua quantidade e tipo de matéria orgânica.

As anomalias dos solos de Segura em Ba, Pb e Zn (Fig. 46 f, g, h) apresentam-se praticamente coincidentes entre si, alongadas na direcção E-W e subparalelas aos filões de quartzo com barite, galena e blenda (Filão de Ferranheira-Ribeira do Calvário-Bouchal do Paulo).

A Norte da área de amostragem, junto à ribeira de Santa Marina, estes elementos químicos apresentam, também, valores anómalos embora com uma auréola de dispersão mais pequena; provavelmente relacionados com possíveis filonetes de sulfuretos não cartografados, pois são de pequenas dimensões.

As anomalias de Ba em Segura (675 a » 1500 ppm) atingem valores muito superiores aos indicados de 84-838 ppm em solos (McBride, 1994). O Ba é um elemento pouco móvel, pois precipita facilmente sob a forma de barite e tende a acumular-se nas concreções de Mn e P ou ser adsorvido pelas argilas dos solos.

O Pb e Zn são elementos que apresentam fraca mobilidade ao passar para o solo (Maroto et al., 1997). Destes elementos, provavelmente, para o Zn é ainda menor a mobilidade porque apresenta uma menor auréola de dispersão (Fig. 46h) ou, então, porque as quantidades de blenda nestes filões são inferiores às de galena. Os teores de Pb em solos de xisto variam entre 20 e 23 ppm, enquanto que de Zn variam entre 100 a 120 ppm (Cardoso Fonseca et al., 1996). Contudo nos solos da região de Segura ocorrem valores anómalos para estes elementos, o que confirma deverem-se essencialmente às mineralizações. Contudo as actividades agrícolas nomeadamente em fertilizantes, pesticidas e criação intensiva de animais, que são frequentes na região de Segura, podem ter contribuído parcialmente para o teor de Zn dos solos (Silva et al., 1998).

Portanto as anomalias em Sn, W, B, As, Cu, Ba, Pb e Zn são essencialmente atribuídas às mineralizações existentes em Segura.

6 GEOQUÍMICA DAS ÁGUAS

6.1. MÉTODOS DE AMOSTRAGEM

A selecção dos pontos de amostragem para água e a metodologia seguida nas suas colheitas teve em atenção a localização dos filões explorados e suas escombrelas, bem como, os locais potencialmente contaminados nas linhas de água distribuídas ao longo da região estudada.

As amostras foram colhidas junto dos locais com maior probabilidade de contaminação e onde se supunha que a concentração de elementos provenientes das zonas mineralizadas atingisse valores mais elevados e significativos. Contudo também se seleccionaram pontos de amostragem em diferentes unidades litológicas. De referir, no entanto, que a climatologia da região, com uma época estival bastante seca, levou, em certos locais, à impossibilidade de recolha de amostras; com possível interesse.

Na Fig. 47 encontram-se assinalados os dezassete pontos de amostragem de água seleccionados e analisados no decurso do trabalho realizado. Contudo no ponto de água 14 foi impossível fazer duas colheitas devido à seca, sendo amostrado na colheita de chuva mais intensa (Dezembro/96) e de seca menos intensa (Outubro/96).

Relativamente à frequência da recolha de amostras optou-se pela realização de quatro colheitas no decurso de um ano, correspondendo a primeira ao final da época de seca (Outubro de 1996), seguida de uma outra em época de chuva abundante (Dezembro de 1996), outra em época também de chuvas mas menos abundante (Março de 1997) e, por fim, início da época de seca (Julho de 1997). Com estas colheitas realizadas em épocas climatológicas distintas foi possível obter uma caracterização físico-química das águas ao longo do ano e analisar o modo como os elementos químicos se dispersam na área em estudo.

A caracterização geoquímica dos diferentes pontos de água exige a realização de determinações no local de recolha, bem como, análises laboratoriais. Assim, os parâmetros hidroquímicos e hidrofísicos mais susceptíveis de qualquer alteração por serem mais instáveis e sofrerem modificações quando em contacto com o oxigénio e outros gases atmosféricos, são determinados no local e no momento de recolha das amostras de água. Neste grupo incluem-se determinações da quantidade de oxigénio dissolvido, concentração hidrogeniônica (pH), potencial de oxidação-redução (Eh), temperatura e condutividade específica.

Para realização das análises laboratoriais, as amostras de água são recolhidas em recipientes de polietileno, limpos, secos e sujeitos a diferentes tratamentos de modo que as suas características químicas não sejam modificadas com o decurso do tempo e retirada do seu meio natural. As amostras transportadas para o laboratório foram bem acondicionadas e muito bem rolhadas ficando totalmente isoladas do meio exterior; evitando-se qualquer tipo de contaminação e/ou alteração por contacto com o ar. No laboratório, as amostras com turvação indicadora de suspensões de materiais húmicos foram filtradas de imediato e as suas análises determinadas no filtrado.

Em cada ponto procedeu-se à recolha de uma amostra tripla de água em recipientes distintos, tendo o cuidado de o encher totalmente não deixando entrar ar. Seguiu-se, então, a metodologia de Brown et al. (1970) para as várias análises laboratoriais a realizar.

① A amostra não tratada foi recolhida e utilizada nas determinações de: resíduo seco, quantidades de cloretos, bicarbonatos, sulfatos e, ainda, de Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ ; determinados por absorção atómica. A determinação do ião bicarbonato teve de ser feita imediatamente a seguir à recolha das amostras, pois facilmente se modificam os seus valores com o decurso do tempo.

② A amostra acidificada com ácido nítrico (1.5 ml de HNO_3 1:1) que torna o ambiente ácido ($\text{pH} < 2.4$) minimiza a perda de solutos por precipitação e/ou adsorção às paredes do

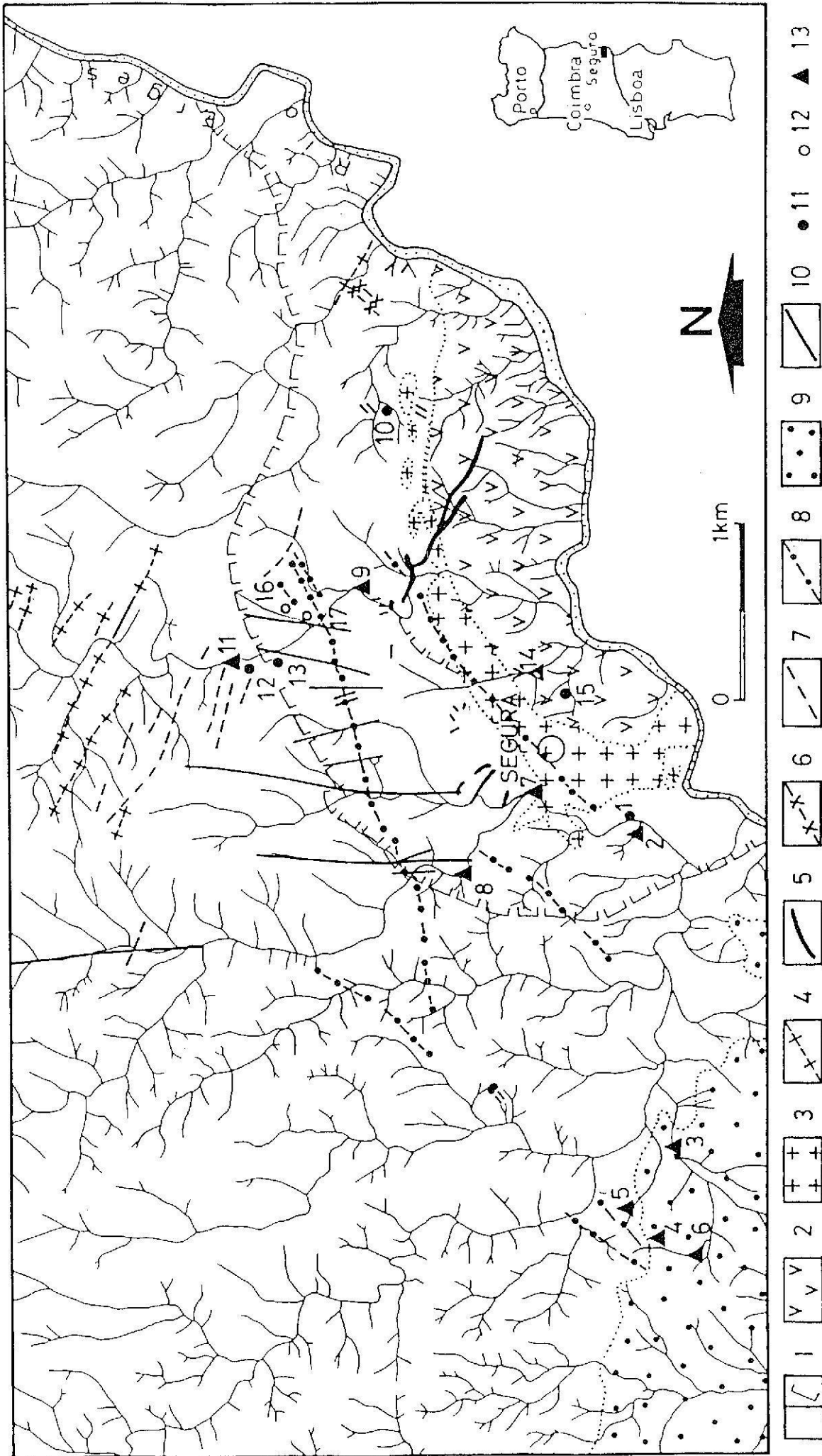


Fig. 47 - Localização dos pontos de amostragem de água na região de Segura

1. Complexo Xisto-Metagrauvaquico, limite das zonas interna e externa de metamorfismo de contacto; 2. granito de duas micas; 3. Granito moscovítico; 4. pórfiros granodioríticos; 5. aplito granítico; 6. filões apilito-pegmatíticos; 7. filões de quartzo com cassiterite e volframite; 8. filões de quartzo com barite, galena e blenda; 9. Arcoses; 10. falhas.
- Águas colhidas em: 11 - nascentes; 12 - poços; 13 - linhas de água e pequenas retenções.

recipiente. Com a acidificação da amostra todos os iões permanecem em solução e podem ser quantificados. Na amostra acidificada são analisados os catiões: Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Li^+ , Pb^{2+} , Cu^{2+} , As^{5+} e Hg^{2+} , por absorção atómica e por emissão de plasma: Ba^{2+} , B^+ , Cu^{2+} , Pb^{2+} e Sn^{4+} .

③ A amostra tratada com clorofórmio é utilizada na análise de nitratos, nitritos e fosfatos. Através deste tratamento é impedida a possível proliferação de microorganismos e a transformação dos iões a pesquisar noutras espécies. Esta amostra deve ser conservada a baixas temperaturas para reforçar a acção do clorofórmio e sempre que este, por qualquer motivo, não seja suficiente, os microorganismos são impedidos de sobreviver nestas condições.

6.2. MÉTODOS ANALÍTICOS

As amostras de água após recolhidas foram analisadas e as operações realizadas estão de acordo com as definidas no Decreto Lei 236/98, resultante da revogação do Decreto-Lei nº 74/90, relativo às “Normas de Qualidade da Água” e seguem a metodologia referida por Brown et al. (1970). Esta metodologia foi seleccionada após estudo comparativo de vários métodos de determinação de parâmetros químicos referidos por Friedman e Fishman (1989). Na determinação de sulfatos foi utilizada a metodologia referida por Carvalho (1961).

As determinações “*in situ*” foram efectuadas com aparelhos específicos e no momento de recolha das amostras. As aniónicas e maioria das catiónicas que incluem o Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Li, Pb, Cu, As e Hg, bem como o residuo seco, foram determinados no Laboratório Químico do Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra. Os teores de bário, boro, chumbo, cobre e estanho, por sua vez, foram determinados por espectrofotometria de emissão por plasma indutivo no Laboratório do Instituto Geológico e Mineiro, S. Mamede de Infesta.

6.2.1. ANÁLISES “*IN SITU*”

Os métodos utilizados na determinação dos parâmetros fisico-químicos, realizados no momento de recolha de amostragem, juntamente com as unidades de medida em que são expressos, encontram-se representados na Tabela XXXI.

Tabela XXXI - Parâmetros físico-químicos determinados “*in situ*”, métodos de determinação e suas unidades de medida

Parâmetro físico-químico	Método de determinação	Unidades de medida
Condutividade específica	Electrometria com condutímetro	MicroSiemens por cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Temperatura	Termometria com condutímetro	Graus centígrados ($^{\circ}\text{C}$)
Concentração hidrogeniónica (pH)	Electrometria	Escala de Sørensen
Potencial de oxidação - redução (Eh)	Electrometria	Milivolts (mV)
Oxigénio dissolvido	Electrometria com oxímetro	Miligramas por litro (mg/l)

Os aparelhos utilizados nas determinações foram previamente calibrados utilizando condições distintas consoante o parâmetro que analisam. Deste modo, o condutímetro é

calibrado com cloreto de potássio (0.00702N), à temperatura de 25°C e com uma condutividade específica de 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e o oxímetro por electrometria a uma saturação de 102%. Para a determinação do potencial de oxidação - redução, o aparelho é calibrado por electrometria utilizando o padrão de Zobel e quando se pretende determinar a concentração hidrogeniônica, a calibração é feita usando padrões pH 4 e 7.

Na determinação dos erros analíticos dos diversos métodos utilizados seguiu-se a metodologia referida por Roubault et al. (1970) relativa ao estudo da precisão de padrões internacionais. Para tal, após a obtenção da totalidade de valores relativos às amostras para cada parâmetro analisado, seleccionaram-se três amostras com diferentes teores e repetiu-se o método cinco vezes para cada uma destas. Obteve-se, então, para cada uma das amostras, um conjunto de valores de variação do qual se considerou apenas os incluídos no intervalo compreendido entre a diferença da média e o desvio padrão e a soma da média com o desvio padrão; tendo sido eliminados todos os restantes. Com os valores considerados aceitáveis determinou-se a média e o desvio padrão utilizados, posteriormente, no cálculo do coeficiente de variação. Esta metodologia foi aplicada em todas as determinações tentando-se com ela avaliar a reprodutibilidade ou erro das diversas metodologias utilizadas (Tabela XXXII).

Tabela XXXII - Erros analíticos nas determinações "in situ"

Parâmetro físico-químico	Número de amostras	Intervalo de valores obtido	Valores aceitáveis	Média	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)
Condutividade específica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	5	1900 - 1910	1900 - 1910	1906	5.48	0.3
	5	570 - 580	570 - 570	570	5.48	0
	5	35 - 35	35 - 35	35	0	0
Temperatura (°C)	5	5.8 - 6.1	5.8 - 6.1	5.9	0.13	2.2
	5	5.6 - 6.0	5.6 - 6.0	5.8	0.19	3.3
	5	15.2 - 16.0	15.3 - 15.9	15.6	0.23	1.5
Concentração hidrogeniônica (pH)	5	7.78 - 7.90	7.78 - 7.87	7.81	0.03	0.4
	5	6.15 - 6.23	6.14 - 6.22	6.17	0.03	0.5
	5	5.82 - 6.56	5.76 - 6.43	5.94	0.15	2.5
Potencial de oxidação-redução (mV)	5	183 - 185	183 - 185	184.0	1.0	0.5
	5	165 - 169	165 - 169	167.0	1.0	0.6
	5	164 - 168	164 - 168	165.2	1.5	0.9
Oxigênio dissolvido (mg/l)	5	68.0 - 70.0	68.6 - 72.2	70.7	0.58	0.8
	5	64.0 - 68.0	64.0 - 67.6	65.3	1.50	2.3
	5	62.0 - 67.0	62.0 - 66.4	63.5	1.73	2.7

6.2.2. DETERMINAÇÃO DOS ANIÕES

A quantidade de nitratos, nitritos e fosfatos foram determinados por espectrofotometria de absorção molecular utilizando um espectrofotómetro PERKIN ELMER Modelo LAMBDA 2. Os iões bicarbonato e cloreto foram determinados por titulação e o ião sulfato por gravimetria. Na Tabela XXXIII estão referenciados os métodos de determinação utilizados, seus limites de detecção e unidades em que são expressos os resultados, enquanto na Tabela XXXIV são dados os valores médios, desvio padrão e coeficientes de variação.

Tabela XXXIII - Metodologia utilizada na determinação dos aniões, seus limites de detecção e unidades dos resultados

Anião	Metodologia	Limite de detecção (mg/l)	Unidades
Bicarbonato	Titulação com H ₂ SO ₄ 0.01639 N	0.2	mg/l de HCO ₃ ⁻
Cloreto	Método de Mohr - Titulação com AgCl	0.2	mg/l de Cl ⁻
Sulfato	Dosagem ponderal - Gravimetria	0.15	mg/l de SO ₄ ²⁻
Nitrato	Método da brucina com $\lambda = 410.0$ nm	0.05	mg/l de NO ₃ ⁻
Nitrito	Método de diazotização com $\lambda = 535.0$ nm	0.005	mg / l de NO ₂ ⁻
Fosfato	Método do molibdato com $\lambda = 700.0$ nm	0.01	mg/l de PO ₄ ³⁻

Tabela XXXIV - Erros analíticos na determinação dos aniões

Anião	Número de amostras	Intervalo de valores (mg/l)	Valores aceitáveis (mg/l)	Média (mg/l)	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)
Bicarbonato	5	172.0 - 176.4	171. - 175.4	173.0	1.01	0.6
	5	105.6 - 108.4	105.9 - 108.0	106.6	0.77	0.7
	5	3.2 - 4.0	3.4 - 4.1	3.8	0.19	5.0
Cloretos	5	39.9 - 40.5	40.1 - 40.4	40.3	0.08	0.2
	5	6.3 - 6.4	6.3 - 6.4	6.4	0.50	0.5
	5	3.6 - 4.2	3.6 - 4.1	3.7	0.12	3.1
Sulfatos	8	78.1 - 82.1	77.8 - 80.7	78.9	0.95	1.2
Nitratos	5	367.50- 391.80	367.30- 385.60	372.60	3.77	1.0
	5	21.35 - 22.60	21.48 - 22.34	21.90	0.22	1.0
	5	0.26 - 0.35	0.28 - 0.34	0.31	0.02	4.9
Nitritos	5	1.56- 1.69	1.56- 1.66	1.59	0.020	1.5
	5	0.07 - 0.09	0.08 - 0.09	0.09	0.002	2.1
	5	0.03 - 0.04	0.03 - 0.04	0.03	0.001	4.4
Fosfatos	5	7.58 - 7.86	7.66 - 7.88	7.82	0.037	0.5
	5	2.32 - 2.71	2.36 - 2.71	2.59	0.140	5.4
	5	0.03 - 0.09	0.04 - 0.10	0.09	0.006	6.7

Nos aniões determinados por espectrofotometria de absorção molecular, foram utilizadas soluções padrão conhecidas, juntamente com um branco, com os resultados dos quais se traçaram curvas de calibração indicadoras da absorvância característica para cada padrão. Por comparação desta curva com a absorvância registada para cada uma das amostras de água analisada obtêm-se, directamente, as suas concentrações. Sempre que nas amostras de água a concentração registada era superior à de possível detecção com o método utilizado procedeu-se à sua diluição.

Na determinação da quantidade de sulfatos, por gravimetria, obteve-se um precipitado de sulfato de bário cujo peso foi transformado no ião sulfato. As concentrações dos aniões determinados por titulação (HCO₃⁻ e Cl⁻) foram obtidas por conversão do volume de titulante utilizado até ser atingido o ponto de viragem.

6.2.3. DETERMINAÇÃO DOS CATIÕES

Os catiões identificados nas amostras de água foram detectados por espectrofotometria de absorção atômica utilizando um espectrofotómetro PERKIN ELMER Modelo 303. Alguns destes elementos químicos são analisados a partir da sua aspiração directa para a chama do espectrofotómetro (Método directo); enquanto outros exigem a adição, às amostras de água, de supressores de interferência específicos e de ionização para eliminar possíveis interferências de outros elementos e diminuir a ionização. Os resultados são dados na Tabela XXXV. O arsénio e o mercúrio foram, também, doseados por absorção atômica pelo método dos hidretos, com um espectrofotómetro de absorção atômica de maior sensibilidade - PERKIN ELMER Modelo 330

Tabela XXXV - Condições de operação utilizadas na absorção atômica, limites de detecção e unidades dos catiões

Catião	Comprimento de onda (nm)	Abertura (nm)	Lâmpada	Corrente (nA)	Supressor de interferência / ionização	Limite de detecção (mg/l)	Unidades
Sódio	395.0/ visível	4	Cátodo oco	8	Cloreto de céσιο	0.05	mg/l de Na ⁺
Potássio	383.7/visível c/ filtro vermelho	4	Cátodo oco	12	Cloreto de céσιο	0.05	mg/l de K ⁺
Cálcio	211.8/ visível	4	Cátodo oco	15	Cloreto de lantânio	0.05	mg/l de Ca ²⁺
Magnésio	285.2/ visível	4	cátodo oco	15	Cloreto de lantânio	0.05	mg/l de Mg ²⁺
Ferro	248.3/ ultravioleta	3	Cátodo oco	30	-	0.01	mg/l de Fe _{total} ⁽¹⁾
Manganésio	279.8/ ultravioleta	3	Cátodo oco	20	-	0.01	mg/l de Mn ²⁺
Zinco	214.0/ ultravioleta	4	Cátodo oco	10	-	0.02	mg/l de Zn ²⁺
Lítio	336.0/visível c/ filtro vermelho	4	Emissão	15	-	0.01	mg/l de Li ⁺
Chumbo	283.0/ultravioleta	4	Cátodo oco	10	-	0.02	mg/l de Pb ²⁺
Cobre	325/ ultravioleta	4	Cátodo oco	15	-	0.05	mg/l de Cu ²⁺
Arsénio	193.7	0.7	Descarga	8	-	0.001	mg/l de As ⁵⁺
Mercúrio	253.6/ infravermelho	0.7	Cátodo oco	10	-	0.0001	mg/l de Hg ²⁺

- não é utilizado. ⁽¹⁾ na absorção atômica indica-se a quantidade de Ferro total pois com a acidificação da amostra todo o ferro ferroso é transformado em ferro férrico.

O mercúrio não foi detectado nas águas analisadas.

Na Tabela XXXVI são reproduzidos os coeficientes de variação, valores médios e de desvio padrão. Nas amostras com concentrações mais baixas, os coeficientes de variação atingem, por vezes, valores mais elevados, embora não possam ser considerados como significativos.

O chumbo e cobre foram analisados, com o bário, boro e estanho, por espectrofotometria de emissão por plasma indutivo. As suas concentrações foram determinadas com um Espectrometro PU 7000 ICP, utilizando o manganésio como optimizador.

Tabela XXXVI - Erros analíticos nas determinações dos cátions por absorção atômica

Catão	Número de amostras	Intervalo de valores (mg/l)	Valores aceitáveis (mg/l)	Média (mg/l)	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)
Sódio	5	84.4 - 86.0	84.5- 86.0	85.5	0.66	0.8
	5	18.7- 19.5	18.8- 19.5	19.3	0.30	1.6
	5	3.1 - 3.2	3.1 - 3.2	3.1	0.04	1.4
Potássio	5	64.3-64.6	64.3 -64.6	64.5	0.13	0.2
	5	37.2 - 37.4	37.2 - 37.4	37.3	0.10	0.3
	5	1.7 - 1.7	1.7 - 1.7	1.7	0	0
Cálcio	5	142.0-142.9	141.9-142.9	142.4	0.49	0.4
	5	7.9 - 7.9	7.9 - 7.9	7.9	0	0
	5	1.9 - 2.1	1.9 - 2.1	2.0	0.08	4.2
Magnésio	5	40.0 - 40.5	40.1- 40.4	40.2	0.06	0.1
	5	14.1- 14.4	14.2 - 14.4	14.3	0.05	0.3
	5	1.1 - 1.1	1.1 - 1.1	1.1	0	0
Ferro	5	6.27 - 6.44	0.29 - 6.42	6.40	0.03	0.5
	5	0.60 - 0.68	0.59 - 0.66	0.61	0.02	3.3
	5	0.33 - 0.38	0.30 - 0.37	0.34	0.01	2.9
Manganésio	5	0.62 - 0.66	0.62 - 0.65	0.63	0.01	0.9
	5	0.25 - 0.30	0.25 - 0.29	0.27	0.02	5.6
	5	0.13 - 0.15	0.13 - 0.15	0.14	0.01	7.7
Zinco	5	1.25 - 1.29	1.26 - 1.28	1.27	0	0
	5	0.16 - 0.20	0.17 - 0.20	0.19	0.01	2.6
	5	0.05 - 0.05	0.05 - 0.05	0.05	0	0
Lítio	5	0.60 - 0.07	0.60 - 0.07	0.07	0.01	8.3
	5	0.70- 0.04	0.30 - 0.04	0.03	0.01	16.1
	5	0.02 - 0.02	0.02 - 0.02	0.02	0	0
Arsénio	8	0.910 - 1.00	0.940 - 1.00	0.980	0.020	1.9
	7	0.350- 0.40	0.360- 0.40	0.390	0.010	2.1
	8	0.025 - 0.029	0.025 - 0.028	0.030	0.001	4.2

Os elementos apresentam diferentes linhas tendo sido seleccionadas as indicadas na Tabela XXXVII; juntamente com os limites de quantificação para cada um destes e unidades dos resultados obtidos. Os erros analíticos obtidos nestes resultados não ultrapassam um afastamento máximo entre ensaios duplicados de 5% e a percentagem de recuperação situa-se entre 90 a 110 %.

Tabela XXXVII - Condições de operação, limites de detecção e unidades dos cátions determinados por emissão de plasma

Elemento / linha	Comprimento de onda (nm)	Ião/átomo a emitir	Pico de fundo	Limite de quantificação (mg/l)	Unidades
Bário 1	455.403	II	23000	0.07	mg/l de Ba ²⁺
Boro 2	249.678	I	5300	0.34	mg/l de B ⁺
Cobre 1	324.754	I	5600	0.31	mg/l de Cu ²⁺
Chumbo 1	220.353	II	700	0.21	mg/l de Pb ²⁺
Estanho 1	189.926	II	1200	0.19	mg/l de Sn ²⁺
Manganésio 1	257.610	II	22000	-	-

sendo: I - átomo a emitir e II - ião a emitir

6.2.4. DETERMINAÇÃO DO RESÍDUO SECO

O resíduo sêco, correspondendo à quantidade total de sólidos dissolvidos, foi determinado por evaporação à secura a 180° e o seu resultado é expresso em miligramas por litro. O limite de detecção deste método coincide com o limite de precisão da balança utilizada no decurso das pesagens, de 0.00001gramas. Os erros analíticos associados ao método utilizado relacionam-se directamente com as pesagens efectuadas e posteriores repetições sucessivas em três amostras com diferentes resultados (Tabela XXXVIII).

Tabela XXXVIII - Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação obtidos em três intervalos de valores na determinação do resíduo sêco

Determinação	Número de amostras	Intervalo de valores (mg/l)	Valores aceitáveis (mg/l)	Média (mg/l)	Desvio padrão	Coeficiente de variação (%)
Resíduo seco	5	435.5 - 456.0	439.4 - 455.7	448.8	4.77	1.1
	5	98.5 - 105.1	98.5 - 104.2	100.4	2.19	2.2
	5	56.4 - 60.0	56.6 - 59.4	57.9	0.81	1.4

6.3. ANÁLISES QUÍMICAS DAS ÁGUAS

Nas Tabelas XXXIX, XL, XLI e XLII são apresentados os resultados das análises químicas para as quatro colheitas efectuadas. Na Tabela XLIII, encontram-se os resultados obtidos nas análises realizadas por plasma indutivo para a colheita de seca menos intensa (Outubro/1996), pois os baixos teores presentes nas águas analisadas não justificaram a sua determinação nas restantes colheitas. Foram apenas analisados os elementos bário, boro, cobre, chumbo e estanho, pois são os mais directamente relacionados com as mineralizações da área.

6.3.1. BALANÇO ANIÃO - CATIÃO

Numa análise química completa de água, a totalidade das cargas eléctricas positivas é idêntica ou balançada pela totalidade das cargas negativas; expressas em miliequivalentes por litro. Este balanço de cargas ou princípio da electroneutralidade das soluções permite estimar a percentagem de erro envolvido numa determinada amostra através da relação (Appelo & Postma, 1993):

$$\text{Electroneutralidade (EN) \%} = \frac{|\sum \text{catiões} - \sum \text{aniões}|}{\sum \text{catiões} + \sum \text{aniões}} * 100$$

Nos procedimentos utilizados na verificação dos resultados, os iões são expressos em miliequivalentes por litro de solução, pelo que se procedeu à conversão dos teores obtidos em miligramas por litro para esta unidade, utilizando os respectivos factores de conversão (Appelo & Postma, 1993).

Tabela XXXIX - Resultados obtidos nas águas da região de Segura durante a seca mais intensa (Julho, 1997)

Pontos de água

Parâmetro / lão	°1	▲2	▲5	▲8	▲9	°10	▲11	°12	°13	°16	°17	▲7	▲14	°15	▲3	▲4	▲6
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	2421	764	111	328	194	133	244	237	318	183	177	345	a	687	196	47	c
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	23.7	29.2	28.6	25.6	32.2	22.9	28.3	20.7	20.6	22.6	26.2	26.6	a	22.2	30.7	22.5	c
pH	7.10	7.12	7.88	7.08	7.14	6.90	7.07	6.95	7.39	6.96	7.13	6.85	a	6.66	8.0	7.55	c
Eh (mV)	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	a	b	b	b	b
Oxigênio dissolvido (mg/l)	9.27	5.10	9.31	5.35	13.16	5.58	11.77	3.43	5.34	14.39	6.10	5.29	a	8.37	11.33	6.21	c
Sódio (mg/l)	116.2	57.1	5.5	24.2	15.0	13.6	21.4	20.7	24.4	16.3	14.8	28.6	a	41.9	18.2	5.7	13.8
Potássio (mg/l)	47.5	16.4	2.3	3.8	2.7	1.2	1.6	1.4	2.8	0.5	1.1	1.8	a	7.9	9.6	1.3	22.3
Cálcio (mg/l)	201.5	34.4	5.0	13.0	7.1	3.6	7.0	6.4	10.8	4.2	5.0	11.1	a	58.2	5.4	0.5	10.8
Magnésio (mg/l)	55.7	29.4	6.5	17.1	8.8	4.2	4.1	11.6	17.5	7.5	7.5	17.6	a	12.1	7.8	0.7	6.4
Ferro (mg/l)	*	1.84	0.33	2.97	0.54	0.23	3.41	3.69	0.62	0.10	4.20	2.77	a	*	2.12	0.14	9.92
Manganésio (mg/l)	0.14	1.03	0.20	0.19	0.12	0.05	0.41	0.57	0.33	*	0.22	1.35	a	0.03	0.27	0.17	1.09
Zinco (mg/l)	1.92	0.29	0.09	0.12	0.07	0.08	0.09	0.04	0.07	0.08	0.09	0.19	a	0.37	0.12	*	0.15
Lítio (mg/l)	0.06	0.07	0.01	0.09	0.02	0.03	0.01	0.06	0.06	0.03	0.02	0.04	a	0.07	*	*	0.01
Arsênio (mg/l)	0.010	0.040	0.005	0.050	0.011	0.009	0.047	0.081	1.111	0.007	0.122	0.051	a	0.014	0.045	*	0.009
Bicarbonato (mg/l)	99.8	155.7	58.3	94.2	58.3	30.3	50.3	73.1	115.8	27.2	58.3	97.8	a	63.1	79.9	5.6	97.4
Cloreto (mg/l)	349.9	102.4	5.7	14.2	17.1	9.4	28.5	11.4	17.1	19.9	17.1	31.3	a	74.0	18.6	5.3	27.3
Sulfato (mg/l)	85.3	54.7	2.4	60.1	20.9	13.1	18.4	34.9	40.8	31.3	10.9	34.8	a	42.6	4.1	5.7	6.2
Nitrato (mg/l)	448.50	0.70	0.18	0.50	0.61	13.03	0.67	0.48	0.77	0.70	0.95	0.20	a	107.28	0.61	0.26	2.56
Nitrito (mg/l)	1.14	0.06	0.02	0.03	0.02	0.03	0.04	0.01	0.02	0.01	0.04	0.02	a	0.04	0.04	0.02	0.22
Fosfato (mg/l)	2.98	0.33	0.06	0.48	0.09	0.16	0.21	0.06	0.44	0.05	1.47	0.13	a	5.50	0.14	0.09	0.73
Resíduo seco (mg/l)	1676.0	460.7	83.9	283.1	125.9	106.8	173.8	181.0	218.3	125.0	117.4	211.3	a	503.4	157.3	38.5	142.9

* Valores abaixo do limite de detecção. a. ponto de água seco; b. parâmetro não determinado por falta de aparelho; c. impossível determinação "in situ" pois a amostra estava bastante turva. Os elementos mercúrio, cobre e chumbo não foram detectados por se encontrarem abaixo do limite de detecção. Águas colhidas em: Complexo Xisto-Metagrauquico (pontos de água 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 e 17); corneana (ponto de água 7); granito (pontos de água 14 e 15); arcoses (pontos de água 3, 4 e 6). O ponto de água 1, embora com água colhida em nistos, é de escorrência granítica. Os pontos de água 4 e 5 recebem água de escorrência de filões de quartzo com barite, galena e blenda.

Águas recolhidas em: ○ - poços, ● - nascentes, ▲ - linhas de água e pequenas retenções.

Análisa: I. M. H. R. Antunes.

Tabela XL - Resultados obtidos nas águas da região de Segura durante a seca menos intensa (Outubro, 1996)

Pontos de água

Parâmetro / Ião	●1	▲2	▲5	▲8	▲9	●10	▲11	●12	●13	●16	●17	▲7	▲14	●15	▲3	▲4	▲6
Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	1980	620	181	236	162	77	58	180	230	130	130	280	250	550	175	51	279
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	16.7	16.7	16.5	15.8	14.2	17.0	13.0	14.0	13.0	15.0	12.0	14.6	15.0	16.0	18.4	16.7	16.1
pH	7.85	7.50	8.25	7.40	7.50	6.20	6.50	6.40	6.80	5.90	6.60	7.35	6.70	6.20	7.55	5.95	5.90
Eh (mV)	b	b	b	b	b	346	355	189	284	405	340	b	362	377	b	b	b
Oxigênio dissolvido (mg/l)	4.90	5.20	5.42	6.78	5.44	10.40	9.70	7.80	8.20	9.10	7.80	6.01	6.90	7.90	5.17	2.42	5.67
Sódio (mg/l)	116.7	75.3	8.3	23.6	15.1	9.9	7.4	19.0	25.4	16.2	13.9	29.0	12.5	46.4	13.9	6.5	22.0
Potássio (mg/l)	43.2	20.1	6.4	2.9	3.4	0.9	0.6	1.6	2.1	0.9	1.0	1.7	7.2	6.3	8.1	1.8	25.3
Cálcio (mg/l)	251.3	39.7	12.5	11.0	9.1	2.8	2.3	7.0	9.7	4.8	6.4	7.8	21.9	63.6	15.5	0.9	7.8
Magnésio (mg/l)	61.2	34.0	13.8	16.6	10.0	4.0	3.2	12.1	17.8	8.3	8.8	18.7	8.7	12.3	8.8	1.3	4.2
Ferro (mg/l)	*	0.21	0.38	0.67	0.43	0.13	0.43	5.76	4.80	0.35	2.10	0.32	0.16	0.16	1.26	1.22	1.24
Manganêsio (mg/l)	*	0.06	0.37	*	0.06	*	*	0.52	0.45	*	0.37	0.18	0.03	0.09	0.50	1.27	0.77
Zinco (mg/l)	1.74	0.08	0.03	0.04	*	0.01	0.01	*	0.01	0.01	0.06	0.06	0.01	0.08	0.08	*	0.06
Lítio (mg/l)	0.05	0.08	0.03	0.08	0.02	0.02	*	0.06	0.06	0.01	0.02	0.03	*	0.08	*	*	0.02
Arsênio (mg/l)	0.046	0.006	0.005	0.017	0.039	0.006	0.002	0.409	0.636	0.017	0.082	0.008	0.053	0.033	0.012	0.004	0.001
Bicarbonato (mg/l)	100.0	87.2	130.8	70.8	52.4	10.6	15.2	77.6	101.6	16.8	41.6	44.0	53.2	56.0	107.2	7.2	6.0
Cloreto (mg/l)	393.6	163.0	8.7	20.4	19.7	7.7	9.1	12.6	13.5	25.0	14.5	35.6	25.0	85.5	16.0	9.9	43.9
Sulfato (mg/l)	191.1	116.9	5.9	69.1	25.9	12.0	10.5	34.5	57.4	25.3	34.9	87.1	26.4	43.4	9.9	11.0	57.9
Nitrato (mg/l)	426.70	7.00	0.60	0.60	3.10	22.7	4.00	0.30	1.30	14.30	6.00	0.10	43.40	117.40	1.30	1.10	6.40
Nitrito (mg/l)	0.01	0.02	0.10	0.01	0.01	0.10	0.02	0.01	0.02	0.02	0.07	*	0.04	0.01	0.20	0.03	0.14
Fosfato (mg/l)	3.20	0.08	0.05	0.13	0.06	0.39	0.15	0.37	1.65	0.25	0.45	0.02	3.38	4.48	0.23	0.09	0.29
Resíduo Seco (mg/l)	1645.2	560.2	141.3	216.7	155.7	112.3	69.0	190.9	236.1	544.6	132.7	241.7	253.8	137.1	149.7	59.0	225.8

* Valores abaixo do limite de detecção. b. parâmetro não analisado por falta de aparelho. Os elementos mercúrio, cobre e chumbo não foram detectados por se encontrarem abaixo do limite de detecção. Águas colhidas em: Complexo Xisto-Metagrauáquico (pontos de água 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 e 17); cornéana (ponto de água 7); granito (pontos de água 14 e 15); arcosses (pontos de água 3, 4 e 6). O ponto de água 1, embora com água colhida em xistos, é de ocorrência granítica. Os pontos de água 4 e 5 recebem água de escorrência de filões de quartzo com barite, galena e blenda.

Águas recolhidas em: ○ - poços, ● - nascentes, ▲ - linhas de água e pequenas retenções.

Análisis: J. M. H. R. Antunes.

Tabela XLI - Resultados obtidos nas águas da região de Segura durante a chuva menos intensa (Março, 1997)

Pontos de água

Parâmetro / lão	°1	▲2	▲5	▲8	▲9	°10	▲11	°12	°13	°16	°17	▲7	▲14	°15	▲3	▲4	▲6
Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	1910	294	61	121	132	105	130	210	245	122	118	165	a	580	70	35	55
Temperatura (°C)	16.0	12.8	20.0	24.0	19.0	16.0	24.0	20.0	19.0	17.0	19.5	20.0	a	17.1	18.0	17.0	20.0
pH	7.80	7.50	7.20	7.80	7.10	6.50	7.30	6.80	7.20	6.60	6.70	7.40	a	6.70	7.20	5.60	6.80
Eh (mV)	176	173	178	128	165	188	171	192	181	185	189	168	a	183	177	210	180
Oxigênio dissolvido (mg/l)	6.90	7.00	6.30	6.30	7.10	6.70	6.20	4.70	5.10	6.90	8.70	6.00	a	3.50	6.50	4.90	6.40
Sódio (mg/l)	113.9	30.3	3.6	12.5	13.0	14.0	12.9	19.3	23.8	13.8	12.1	16.5	a	39.5	6.9	5.1	3.8
Potássio (mg/l)	49.4	8.7	1.3	0.3	0.3	0.8	0.3	1.2	1.2	0.6	0.9	0.4	a	9.4	0.8	1.4	2.7
Cálcio (mg/l)	211.8	18.9	3.7	3.5	5.1	3.7	4.0	6.3	8.4	3.6	3.3	6.6	a	61.5	4.4	0.5	3.4
Magnésio (mg/l)	57.4	15.0	3.5	4.8	7.0	4.7	5.4	12.1	15.0	5.9	5.3	8.8	a	12.9	3.1	0.8	2.1
Ferro (mg/l)	*	*	0.31	0.04	0.13	0.04	*	5.35	4.38	0.17	0.44	0.09	a	*	0.35	0.26	1.70
Manganésio (mg/l)	0.08	0.03	*	*	*	0.03	*	0.62	0.15	*	0.18	*	a	0.03	0.05	0.05	0.10
Zinco (mg/l)	2.14	0.12	0.03	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.01	a	0.22	0.04	0.01	0.01
Lítio (mg/l)	0.06	0.03	*	0.01	0.01	0.04	0.01	0.06	0.07	0.02	0.03	0.03	a	0.08	*	*	*
Arsênio (mg/l)	0.011	0.003	*	0.002	0.002	0.003	0.003	0.130	0.326	0.009	0.007	0.006	a	0.013	0.002	*	*
Bicarbonato (mg/l)	107.2	78.0	36.0	33.2	40.4	28.0	32.0	73.2	90.0	24.4	30.8	45.2	a	77.2	38.2	4.8	30.0
Cloreto (mg/l)	395.9	57.7	2.0	4.4	8.3	10.3	7.8	10.0	10.5	14.4	10.4	10.6	a	78.6	3.0	3.2	2.7
Sulfato (mg/l)	86.9	43.6	4.0	23.1	24.8	16.2	22.6	39.7	50.2	21.4	17.8	35.4	a	42.0	9.0	8.6	5.3
Nitrato (mg/l)	458.20	47.65	0.32	0.13	0.68	10.39	0.11	0.21	0.33	4.80	0.36	0.33	a	120.80	0.19	0.79	0.68
Nitrito (mg/l)	0.41	0.12	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	a	0.01	0.02	0.07	0.04
Fosfato (mg/l)	3.78	0.48	0.05	0.03	0.05	0.30	0.06	0.29	0.06	0.15	0.28	0.06	a	6.60	0.07	0.23	0.15
Resíduo seco (mg/l)	1650.4	253.5	58.4	90.1	90.2	120.2	80.1	175.2	208.7	107.2	89.1	128.8	a	491.5	61.4	83.9	59.7

* Valores abaixo do limite de detecção. a: ponto de água seco. Os elementos mercúrio, cobre e chumbo não foram detectados por se encontrarem abaixo do limite de detecção.

Águas colhidas em: Complexo Xisto-Metagrauáquico (pontos de água 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 e 17); cornéana (ponto de água 7); granito (pontos de água 14 e 15); arcoses (pontos de água 3, 4 e 6). O ponto de água 1, embora com água colhida em xistos, é de escorrência granítica. Os pontos de água 4 e 5 recebem água de escorrência de filões de quartzo com barrite, galena e blenda.

Águas recolhidas em: ○ - poços, ● - nascentes, ▲ - linhas de água e pequenas retenções.

Analista: I. M. H. R. Antunes.

Tabela XLII - Resultados obtidos nas águas da região de Segura durante a chuva mais intensa (Dezembro, 1996)

Pontos de água

Parâmetro / Ião	°1	°2	°5	°8	°9	°10	°11	°12	°13	°16	°17	°7	°14	°15	°3	°4	°6
Condutividade (µS/cm)	1400	800	32	62	72	100	75	165	195	72	80	180	128	410	22	30	40
Temperatura (°C)	13.0	11.5	11.0	9.0	10.0	15.5	12.0	12.5	11.0	12.5	12.0	7.5	10.1	13.0	6.0	10.5	10.0
pH	7.45	7.40	6.80	6.90	6.72	6.10	6.80	6.80	7.00	6.05	6.70	7.10	7.40	6.90	6.60	5.20	6.50
Eh (mV)	275	281	283	286	263	294	259	284	281	299	294	284	277	315	271	296	308
Oxigênio dissolvido (mg/l)	7.30	4.50	8.20	9.60	8.90	7.40	6.60	4.70	6.40	6.50	6.10	9.70	8.90	6.20	8.00	7.80	10.30
Sódio (mg/l)	100.0	77.2	3.8	9.5	9.8	11.7	10.4	19.8	21.3	9.8	9.9	19.2	10.1	20.8	6.8	5.1	3.1
Potássio (mg/l)	70.5	35.0	1.6	0.5	0.9	1.0	0.9	1.2	1.3	1.1	0.6	1.8	4.4	11.9	0.9	3.5	1.7
Cálcio (mg/l)	168.0	90.4	2.4	2.4	3.0	3.4	3.2	6.4	8.1	2.8	3.1	12.5	14.3	56.6	1.8	0.6	1.9
Magnésio (mg/l)	43.0	28.9	2.5	3.5	3.8	4.4	4.2	11.9	14.2	3.5	4.7	12.6	5.5	13.7	1.2	1.1	1.1
Ferro (mg/l)	*	*	0.37	0.33	0.21	0.29	0.33	5.60	5.94	0.08	0.12	0.08	*	*	0.17	0.37	0.53
Manganésio (mg/l)	0.07	*	0.07	*	*	*	0.05	0.68	0.63	*	0.02	*	0.02	*	*	0.16	0.07
Zinco (mg/l)	1.29	0.26	0.03	0.02	*	*	*	*	0.02	*	0.15	0.04	0.06	0.18	*	*	*
Lítio (mg/l)	0.05	0.04	*	*	0.01	0.04	*	0.06	0.07	0.02	0.03	0.05	*	0.04	*	*	*
Arsênio (mg/l)	0.063	0.056	0.001	0.001	0.001	0.003	0.001	0.490	1.190	0.014	0.015	0.012	0.034	0.041	*	0.002	*
Bicarbonato (mg/l)	106.8	171.2	24.4	21.2	19.2	22.0	26.4	74.8	88.8	18.0	22.4	48.0	48.8	101.6	14.0	2.6	16.4
Cloreto (mg/l)	299.5	160.1	2.4	8.4	8.7	10.2	9.2	12.7	11.7	9.5	10.5	21.9	13.0	35.6	3.9	3.9	3.4
Sulfato (mg/l)	80.3	85.4	4.4	11.8	16.2	13.2	16.3	39.8	43.2	15.0	14.3	34.1	15.4	38.1	9.0	9.2	0.8
Nitrato (mg/l)	377.10	173.0	0.73	5.62	4.32	15.64	2.12	0.11	0.10	5.54	4.95	23.48	12.22	118.10	0.38	5.23	0.49
Nitrito (mg/l)	0.07	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0.02	*	*	*	*	*
Fosfato (mg/l)	14.48	9.10	0.18	0.01	0.04	0.33	*	0.45	1.20	0.19	0.16	1.10	3.57	10.60	0.08	0.52	0.15
Resíduo seco (mg/l)	1254.3	772.5	68.2	79.5	89.8	115.5	77.1	167.1	192.4	461.7	100.4	198.0	138.3	101.3	62.2	163.0	67.7

* Valores abaixo do limite de detecção. Os elementos mercúrio, cobre e chumbo não foram detectados por se encontrarem abaixo do limite de detecção.

Águas colhidas em: Complexo Xisto-Metagrauáquico (ponto de água 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 e 17); comeana (ponto de água 7); granito (pontos de água 14 e 15); arcoses (pontos de água 3, 4 e 6). O ponto de água 1, embora com água colhida em xistos, é de ocorrência granítica. Os pontos de água 4 e 5 recebem água de ocorrência de filões de quartzo com barite, galena e blenda.

Águas recolhidas em: ○ - poços, ● - nascentes, ▲ - linhas de água e pequenas retenções.

Análise: I. M. H. R. Antunes.

Tabela XLIII - Resultados de alguns elementos analisados por plasma indutivo em águas da região de Segura durante a seca menos intensa (Outubro, 1996)

Pontos de água \ Iões (mg/l)	Ba ²⁺	Cu ²⁺
*1	0.23	*
▲2	0.10	*
▲5	1.60	*
▲8	0.09	*
▲9	0.11	*
*10	*	*
▲11	*	*
*12	0.12	*
*13	0.09	*
○16	0.07	*
○17	*	*
▲7	0.07	*
▲14	0.07	*
*15	*	*
▲3	0.22	*
▲4	0.41	*
▲6	0.20	0.19

Os elementos B, Pb e Sn não foram detectados.

Águas colhidas em: Complexo Xisto-Metagrauváquico (pontos de água 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 e 17); calciana (ponto de água 7); granito (pontos de água 14 e 15); arcoses (pontos de água 3, 4 e 6). O ponto de água 1, embora com água colhida em xistos, é de escorrência granítica. Os pontos de água 4 e 5 recebem água de escorrência de filões de quartzo com barite, galena e blenda.

Águas recolhidas em: ○ - poços, ● - nascentes, ▲ - linhas de água e pequenas retenções.

A percentagem de erro admissível não deve exceder os 5% e sempre que tal acontece exige-se uma revisão cuidadosa das amostras e dos métodos utilizados (Appelo & Postma, 1993). Este conceito de avaliação é quimicamente bom, mas pode não ser eficiente pois considera-se que a água não tem espécies não determinadas e que a carga de todos os iões é conhecida (Hem, 1970). Nas águas com turvação surgem aniões orgânicos não quantificados ou quantificados erradamente que vão formar complexos com metais e originar balanço de cargas diferentes dos reais.

Nas análises químicas realizadas, os valores de erro de fecho não ultrapassam os 5% admissíveis pelo que podem ser consideradas sem problemas de veracidade e correctas (Tabela XLIV e Anexo 5, Tabela 1).

Salienta-se, o ponto de água 2, na colheita de chuva menos intensa (Março/97), com um excesso considerável de aniões comparativamente aos catiões presentes na amostra. Nesta amostra de água é notável uma coloração acentuada mesmo após filtrada e foi detectado um elevado teor de nitratos (ponto de água 2, Tabela XXXI) arrastados até esta linha de água, provavelmente provenientes de fertilizantes e adubos aplicados nos campos de culturas agrícolas. O ião amónia (NH₄⁺) sendo um ião abundante nos produtos químicos agrícolas, quando em contacto com a água e microorganismos, oxida rapidamente e transforma-se em nitrato segundo a reacção I ou II termodinamicamente favoráveis (Manahan, 1994):

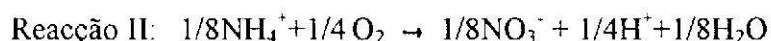
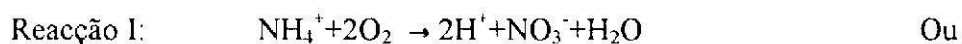


Tabela XLIV - Balanço de massas entre catiões e aniões nas águas da região de Segura

Ponto de água	Colheita em			
	Julho/97	Outubro/96	Março/97	Dezembro/96
●1	0.8	0.2	1.5	0.8
▲2	4.3	0.1	10.5	4.4
▲5	2.6	4.2	4.0	1.9
▲8	2.6	2.0	1.2	3.9
▲9	1.3	1.1	0.4	2.3
●10	3.4	4.5	2.2	4.3
▲11	4.3	3.6	0.2	3.2
●12	4.0	4.3	3.9	2.6
●13	0.2	1.8	2.9	4.2
○16	3.4	2.2	1.5	4.3
○17	1.7	3.2	0.1	2.0
▲7	4.3	4.1	0.2	0.5
▲14	a	2.1	a	2.1
●15	0.3	1.0	3.2	4.9
▲3	3.6	1.0	5.0	1.8
▲4	1.3	4.4	0.7	1.4
▲6	4.6	4.3	1.7	0.1

a. Valor não determinado por inexistência de dados. Electroneutralidade (%) = $((\sum \text{catiões} - \sum \text{aniões}) / (\sum \text{catiões} + \sum \text{aniões})) * 100$. Os iões são expressos em meq/l.

Águas colhidas em: Complexo Xisto-Metagrauváquico (pontos de água 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 e 17); corneana (ponto de água 7); granito (pontos de água 14 e 15); arcoses (pontos de água 3, 4 e 6). O ponto de água 1, embora com água colhida em xistos, é de escorrência granítica. Os pontos de água 4 e 5 recebem água de escorrência de filões de quartzo com barite, galena e blenda.

Águas recolhidas em: ○ - poços, ● - nascentes, ▲ - linhas de água e pequenas retenções.

O excesso de nitratos indica provavelmente a oxidação do ião amónia e o excesso de catiões, comparativamente aos aniões, pode ser atribuído à presença de teores apreciáveis do mesmo que não foi quantificado e vai alterar o balanço de massas.

Outra metodologia utilizada na análise dos resultados químicos obtidos consiste na comparação do residuo seco determinado por evaporação a 180°C com o residuo seco calculado. O residuo seco calculado obtém-se do somatório de todas as substâncias dissolvidas na água, em miligramas por litro de solução, subtraído de metade do teor de bicarbonato, em miligramas por litro (Anexo V, Tabela 2); pois este corresponde, aproximadamente, à fracção de HCO_3^- que resta após a secagem, sendo a restante volatilizada.

Estes valores, determinado e calculado, devem assumir valores semelhantes e para diferenças superiores a 30% ou 40% considera-se a existência de erros nas análises químicas ou a presença de elementos químicos não quantificados (Custodio & Llamas, 1983). No entanto, estes limites de veracidade não são totalmente credíveis, pois a ocorrência de certas reacções químicas podem promover a sua variação, assim como a presença de materiais voláteis.

Nas análises realizadas e da comparação do residuo seco calculado com o determinado obtiveram-se valores bastante variados embora, no geral, apresentem diferenças inferiores a 40% (Tabela XLV). Em quatro pontos de água registam-se diferenças entre os resíduos secos superiores aos limites considerados como admissíveis (ponto de água 16 em Outubro/96 e Dezembro/96; ponto de água 15 em Outubro/96 e Dezembro/96; ponto de água 4, em Março/97 e Dezembro/96 e ponto de água 6 em Dezembro/96, Tabela XLV). Estas diferenças podem ser atribuídas à existência de elementos químicos não doseados que são quantificados no residuo seco determinado ou à presença de materiais coloidais, como sejam ácidos húmicos e flúvicos, que

fixam elementos químicos e impedem a sua permanência em solução e, conseqüente, quantificação exacta. Estes materiais são responsáveis pela coloração amarelada apresentada pelas amostras de água (pontos de água 4, 6 e 16) mesmo após filtradas. Se ocorre uma quantificação excessiva de algumas partículas em suspensão na água, ela traduz-se num valor de resíduo seco calculado superior à mesma propriedade determinada (ponto de água 15, Tabela XLV). Não nos parece necessária a eliminação destes pontos de água, pois o equilíbrio das cargas iónicas destas análises encontram-se com valores inferiores ao dos erros admissíveis.

Tabela XLV - Relação entre resíduo seco calculado e resíduo seco determinado nas águas da região de Segura

Ponto de água	Época de											
	Secas						Chuvvas					
	Julho/97			Outubro/96			Março/97			Dezembro/96		
	Rs	R's	R	Rs	R's	R	Rs	R's	R	Rs	R's	R
●1	1670.0	1360.8	10.2	1645.2	1538.9	3.3	1650.4	1433.6	7.0	1254.3	1207.8	1.9
▲2	460.7	376.7	10.0	560.2	500.1	5.7	253.5	261.6	1.6	772.5	745.1	1.8
▲5	83.0	57.5	18.1	141.3	122.6	7.0	58.4	36.8	22.7	68.2	30.7	37.9
▲8	283.1	183.9	21.2	216.7	180.5	9.1	90.1	65.4	15.9	79.5	52.7	20.3
▲9	125.9	102.3	10.3	155.7	113.1	15.8	90.2	79.6	6.2	89.8	56.6	22.7
●10	106.8	73.9	18.2	112.3	66.0	26.0	120.2	74.5	23.5	115.5	71.2	23.7
▲11	173.8	111.1	22.0	69.0	45.3	20.7	80.1	69.2	7.3	77.1	59.9	12.6
●12	181.0	128.0	17.2	190.9	133.0	17.9	175.2	131.9	14.1	167.1	136.6	10.0
●13	218.3	174.7	11.1	236.1	185.6	12.0	208.7	159.4	13.4	192.4	153.4	11.3
○16	125.0	94.3	14.0	544.6	103.9	70.0	107.2	77.1	16.3	461.7	56.5	78.2
○17	117.4	92.7	22.4	132.7	109.5	9.6	89.1	66.6	14.4	100.4	59.7	25.4
▲7	211.3	178.9	8.3	241.7	202.6	8.8	128.8	101.4	11.9	198.0	150.9	13.5
▲14	a	a	a	253.8	181.4	16.6	a	a	a	138.3	103.0	14.6
●15	503.4	381.6	13.8	137.1	407.8	49.7	491.5	410.3	9.0	101.3	356.5	55.7
▲3	157.3	106.9	19.1	149.7	129.4	7.3	61.4	47.0	13.3	62.2	31.2	33.2
▲4	38.5	22.7	25.8	59.0	55.4	3.1	83.9	23.4	56.4	163.0	31.0	68.0
▲6	142.9	150.2	2.5	225.8	173.0	13.2	59.7	37.7	22.6	67.7	21.4	52.0

a. Valor não determinado por inexistência de dados. Rs - resíduo seco determinado (mg/l); R's - resíduo seco calculado (mg/l); R - relação entre Rs e R's = $\left(\frac{|R's-Rs|}{R's+Rs}\right) \cdot 100$ expresso em %.

Águas colhidas em: Complexo Xisto-Metagrauáquico (pontos de água 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 e 17); corneana (ponto de água 7); granito (pontos de água 14 e 15); arcoses (pontos de água 3, 4 e 6). O ponto de água 1, embora com água colhida em xistos, é de escorrência granítica. Os pontos de água 4 e 5 recebem água de escorrência de fíldes de quartzo com barite, galena e blenda.

Águas recolhidas em: ○ - poços, ● - nascentes, ▲ - linhas de água e pequenas retenções.

6.3.2. PARÂMETROS HIDROFÍSICOS

As águas analisadas apresentam resultados bastante variados tanto ao longo das quatro colheitas, bem como, nos diversos pontos de água amostrados numa mesma colheita (Tabelas XXXIX a XLII). No entanto, o pH das águas pode ser considerado como o parâmetro que revela uma variação menos acentuada (Tabelas XXXIX a XLII). As variações temporais e espaciais das águas, das diferentes litologias, não apresentam um comportamento regular e progressivo, embora possa ser constatado que os valores de condutividade específica e temperatura geralmente aumentam com o grau de secura (Fig. 48 a, b e Tabelas XXXIX a XLII).

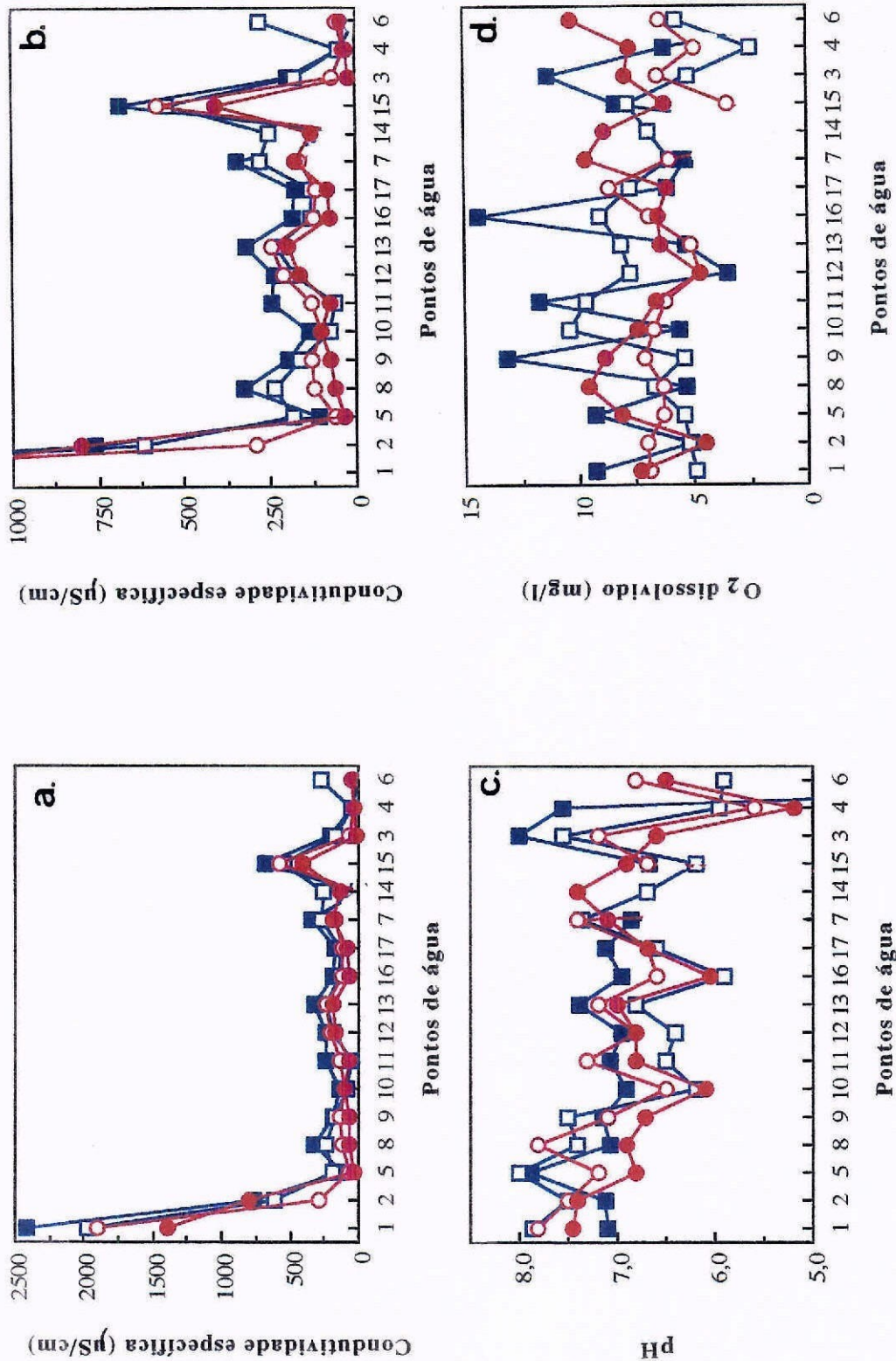


Fig. 48 - Variação sazonal de condutividade específica e oxigênio dissolvido nas águas da região de Segura

a. Condutividade específica ($\mu\text{S}/\text{cm}$); b. ampliação de a.; c. pH (escala de Sorensen); d. oxigênio dissolvido (mg/l). Águas colhidas em: Complexo Xisto-Metagrauvaquico (pontos de água 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 e 17); granito (pontos de água 14 e 15); arcoses (pontos de água 3, 4 e 6). O ponto de água 1, embora com água colhida em xistos, é de escorrência granítica. Os pontos de água 4 e 5 recebem águas de escorrência de filões de quartzo com barite, galena e blenda. Águas colhidas no mês de: ■ - Julho/97; □ - Outubro/96; ○ - Março/97; ● - Dezembro/96.

Considerando apenas a época de chuvas verifica-se, ainda, um aumento geral do pH da água e uma diminuição da quantidade de oxigénio dissolvido com a diminuição da intensidade da chuva (Fig. 48 c, d e Tabelas XLI e XLII).

6.3.2.1. CONDUTIVIDADE ESPECÍFICA

As águas da região são, no geral, pouco mineralizadas (Fig. 48 a, b). A maior mineralização das águas (pontos de água 1, 2 e 15, Fig. 48 a, b) parece estar directamente associada à contribuição antrópica face aos elevados teores de Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , nestas águas, particularmente através dos cultivos agrícolas e aglomerados de gado existentes próximo destes locais de recolha de água. Nos pontos de água 1 e 15, tratando-se de águas não superficiais, é possível a contribuição de águas transportadas a partir de diversos locais, nomeadamente da povoação de Segura onde o saneamento básico é bastante deficiente ou mesmo inexistente. A água do ponto 2, correspondente a uma linha de água superficial, recebe também água de drenagem dos campos agrícolas e da povoação.

A condutividade eléctrica específica traduzindo a facilidade com que uma determinada água conduz a corrente eléctrica é um indicador da presença de cargas iónicas em solução e da mobilidade iónica (Brown et al., 1970). A condução de corrente eléctrica exige a transferência de cargas eléctricas em solução, de tal modo que ao aumentar o número de iões por unidade de volume diminui o grau com que cada ião se pode mover individualmente; devido à atracção interiónica e/ou a outros efeitos que se fazem sentir. Assim, pode ser justificada a relação linear entre condutividade específica e concentração de iões, apenas em soluções diluídas (Brown et al., 1970).

Dado que a condutividade específica de uma água depende, maioritariamente, das substâncias dissolvidas mais abundantes, é possível estabelecer uma boa correlação entre os elementos mais característicos destas águas e a sua condutividade específica; praticamente em todas as colheitas. Nas águas naturais puras e nas que contactam com materiais de baixa solubilidade e elevada precipitação, a condutividade assume valores mais baixos (pontos de água 4 e 5, Fig. 48 a, b). As águas de precipitação face à dissolução de gases e partículas assumem, geralmente, valores mais elevados de condutividade específica em zonas de poluição onde a concentração de substâncias dissolvidas é elevada (pontos de água 1, 2 e 15, Fig. 48 a, b).

6.3.2.2. TEMPERATURA

A temperatura é um parâmetro bastante variável com a hora do dia a que foi determinado e tem uma distribuição espacial aleatória. Nas águas superficiais pouco profundas analisadas, as variações térmicas registadas são o reflexo directo das temperaturas ambientais (Tabelas XXXIX a XLII).

A solubilidade das substâncias tende a aumentar com a temperatura (Hem, 1970) o que, de um modo geral, pode ser observado nos resultados obtidos (resíduo seco/temperatura; Tabelas XXXIX a XLII). O aumento da temperatura das águas, com o aumento do grau de secura ambiental, está directamente associado a um aumento de substâncias dissolvidas e, conseqüentemente, de condutividade específica, em praticamente todas as litologias, com excepção das águas de escorrência de filões de quartzo com barite, galena e blenda (pontos de água 4 e 5, Tabelas XL e XXXIX), provavelmente por serem águas muito pouco mineralizadas e a quantidade de sais dissolvidos ser praticamente idêntica e sem grandes variações.

6.3.2.3. pH

O pH não apresenta uma tendência espacial, parecendo não ter relação directa com as litologias onde as águas foram colhidas nem com a profundidade das mesmas. Salienta-se, no entanto, os valores mais baixos de pH de cerca de 5.20 obtidos no ponto que recebe água de escorrência de filões de quartzo com barite, galena e blenda (ponto de água 4, Fig. 48 c e Tabelas XXXIX a XLII).

O pH de uma solução é uma característica dependente de vários factores que determina a ocorrência de algumas reacções e condiciona a vida de certos organismos, tanto plantas como animais.

A temperatura ambiental pode justificar algumas variações do pH ao longo das quatro colheitas no mesmo ponto de água (pontos de água 1, 2, 5, 8, 9, 7 e 6, Fig. 48 c e Tabelas XXXIX a XLII) (Hem, 1970). Esta linearidade nem sempre se verifica pois depende, também, da natureza das substâncias dissolvidas.

As águas de escorrência de filões de quartzo com barite, galena e blenda tendem a assumir os valores mais ácidos das águas da região com excepção da época de seca mais intensa (Julho/97); (ponto de água 4, Fig. 48 c e Tabelas XXXIX a XLII).

Um aumento de CO₂ associado à actividade dos animais e à oxidação da matéria orgânica pelos microorganismos desencadeia uma diminuição do pH das águas (Krauskopf & Bird, 1995). Este fenómeno é, particularmente, observado nas águas superficiais em contacto directo com o ar atmosférico e bastante ricas em algas verdes e microorganismos (pontos de água 7, 8 e 9, Tabelas XXXIX a XLII). No ponto de água 6, um local de água parada que serve de abastecimento ao gado bovino circulante pela área, registam-se os valores mais ácidos, provavelmente, devido à elevada quantidade de excrementos e de produtos da actividade do gado (Fig. 48 c e Tabelas XXXIX a XLII) tal como, o ponto de água 15 (Fig. 48 c e Tabelas XXXIX a XLII) que recebe água de escorrência de um local de guarda de gado.

6.3.2.4. Eh

O Eh, ou potencial redox, de um determinado sistema mede a estabilidade de um ião num dado nível de oxidação. É, geralmente, atribuído às espécies iónicas dominantes na água (Hem, 1970), mas as determinações "*in situ*" têm limitações associadas à variedade de pares redox possíveis de encontrar na água natural (Raymahashay, 1996). Os resultados apresentam valores semelhantes aos encontrados em águas naturais que contactam com o oxigénio atmosférico.

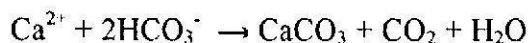
6.3.2.5. OXIGÉNIO DISSOLVIDO

A quantidade de oxigénio dissolvido numa água é incrementada por um aumento da temperatura desta (Hem, 1970). Os valores obtidos não apresentam uma variação sazonal constante, mas verifica-se um aumento do oxigénio dissolvido com o da temperatura na época seca, em algumas amostras de água (pontos de água 1, 5, 9, 11, 16, 15, 3 e 4, Fig. 48 d).

6.3.3. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS ÁGUAS

As águas em contacto com as rochas do Complexo Xisto-Metagrauváquico, corneana e arcoses, têm geralmente valores mais elevados de Na, Ca, Mg, Mn, Zn e As na época seca do que na época de chuva (Fig. 49 e Tabelas XXXIX a XLII). Além disso nestas águas, há geralmente aumento em Fe, Mn, Zn e As e decréscimo em Ca e Mg com o aumento do grau de secura dentro da época seca, enquanto que na época de chuva, há aumento em Na, Ca e Mg e decréscimo em Fe e As com o aumento de secura (Tabelas XXXIX, XL, XLI, XLII, e Fig. 49). Nas águas em contacto com o granito e com os filões de quartzo com barite, galena e blenda também se verifica decréscimo em Ca e Mg com aumento do grau de secura na época seca.

O Na, Ca e Mg são os iões dominantes nas águas. O Na é geralmente o catião mais abundante nas águas analisadas, pois permanece facilmente em solução sem precipitar. O Ca é também abundante nas águas analisadas, mas a quantidade dissolvida é controlada pelo pH. Um aumento do pH da água por consumo de H^+ , desencadeia a precipitação de $CaCO_3$ e a, conseqüente, diminuição do HCO_3^- em solução de acordo com a reacção (Hem, 1970):



Esta situação nem sempre é observável, pois a quantidade de HCO_3^- dissolvido na água pode não ser unicamente utilizado na reacção de precipitação de carbonato de cálcio. A fracção de formação dependendo da quantidade de água e dióxido de carbono atmosférico disponível, indica que uma maior quantidade de HCO_3^- pode resultar de um aumento dos outros dois constituintes químicos. Pode ser alterada quando as amostras estão contaminadas. O Mg está muitas vezes associado ao Ca, pois ambos intervêm na dureza de uma água embora apresentem comportamentos bastante diferentes. Nas águas analisadas os teores de Mg e K são mais baixos do que de Na e Ca, pois são facilmente reincorporados nos produtos de alteração ou adsorvidos pelos minerais, não sendo abundantes em solução (Hem, 1970). Estes quatro principais catiões das águas estão associados à poluição antrópica assumindo concentrações mais elevadas nos pontos de água 1, 2, 14 e 15 correspondentes a águas em contacto com as rochas graníticas e do Complexo Xisto-Metagrauváquico (Fig. 49 a, b, c).

Dos aniões analisados observam-se as maiores concentrações de Cl na época seca do que na época de chuva, nas diferentes litologias (Fig. 49 g). Tende a dominar nas águas onde predomina o ião cálcio (Hem, 1970); tal como pode ser observado nas águas em contacto com as rochas graníticas (pontos de água 1, 14 e 15, Fig. 49 g). As águas com maior contaminação orgânica (pontos de água 1, 2 e 15, Tabelas XXXIX a XLII) são as mais ricas em Cl (Brown et al., 1970).

Considerando apenas a época seca, verifica-se um aumento de HCO_3^- e de PO_4^{3-} (Tabelas XXXIX e XL) acompanhado de um decréscimo de Cl^- , NO_3^- e SO_4^{2-} (Fig. 49 g e Tabelas XXXIX e XL) com o aumento do grau de secura. Estas variações são observadas, fundamentalmente, nas águas em contacto com as rochas do Complexo Xisto-Metagrauváquico, corneana, filões de quartzo com barite, galena e blenda e arcoses, enquanto que nas que contactam com os granitos apenas podem ser detectadas as variações de Cl^- e SO_4^{2-} .

Na época de chuva, as águas que contactam com o Complexo Xisto-Metagrauváquico, corneana e arcoses apresentam teores mais elevados de HCO_3^- , NO_2^- e SO_4^{2-} (Tabelas XLI e XLII) e menores de NO_3^- e de PO_4^{3-} ao aumentar o grau de secura. A ocorrência de SO_4^{2-} pode relacionar-se, directamente, com as estruturas mineralizadas distribuídas pela área, mas pode, também, ser atribuída a contaminação local por lixiviação de terrenos com fertilizantes sulfatados (Walton, 1982) e presença de bactérias, especialmente nas águas com maior contaminação antrópica. As águas de mina possuem, geralmente, elevadas concentrações de SO_4^{2-} (Walton, 1982), mas nas águas de escorrência de filões de quartzo com barite, galena e blenda não são

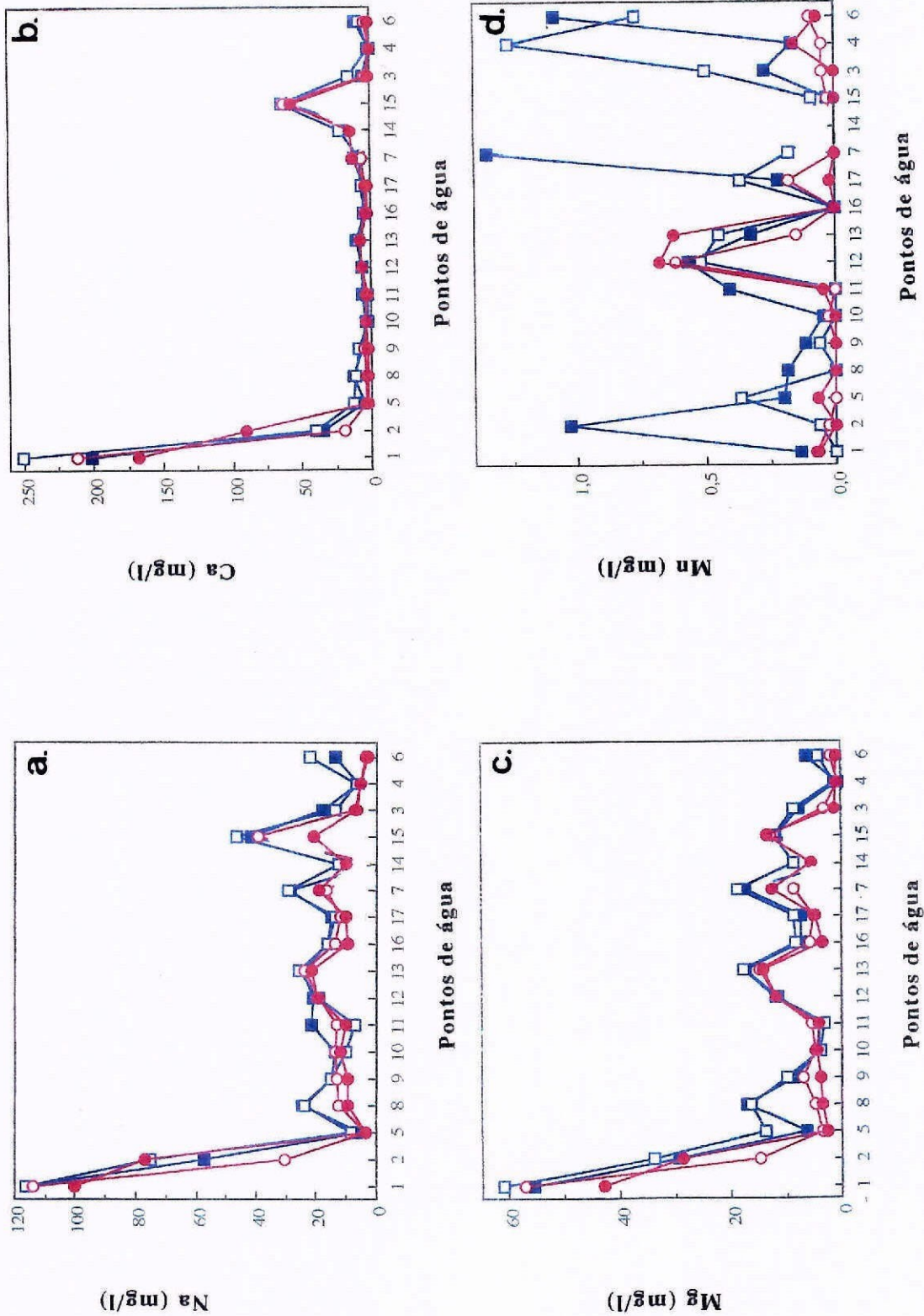


Fig. 49 - Variação sazonal da composição química das águas da região de Segura

a. Na (mg/l); b. Ca (mg/l); c. Mg (mg/l); d. Mn (mg/l).
 Águas colhidas em: Complexo Xisto-Metagrauvaquico (pontos de água 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 e 17); comeana (ponto de água 7); granito (pontos de água 14 e 15); arcoses (pontos de água 3, 4 e 6). O ponto de água 1, embora com água colhida em xistos, é de escorrência granítica. Os pontos de água 4 e 5 recebem águas de escorrência de filões de quartzo com barite, galena e blenda.
 Águas colhidas no mês de: ■ - Julho/97; □ - Outubro/96; ● - Março/97; ○ - Dezembro/96.

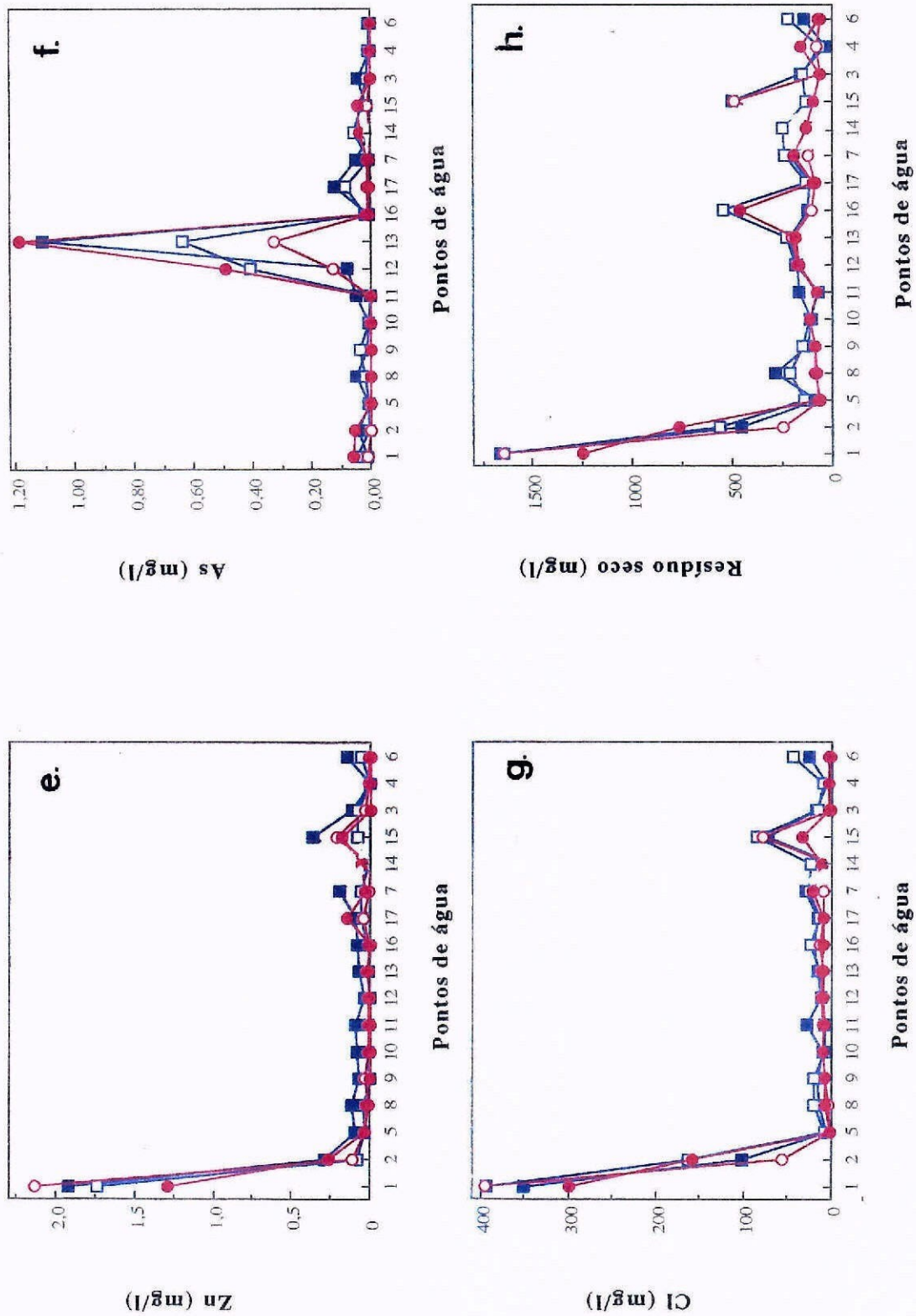


Fig. 49 - Variação sazonal da composição química das águas da região de Segura (continuação)
 e. Zn (mg/l); f. As (mg/l); g. Cl (mg/l); h. resíduo seco (mg/l).

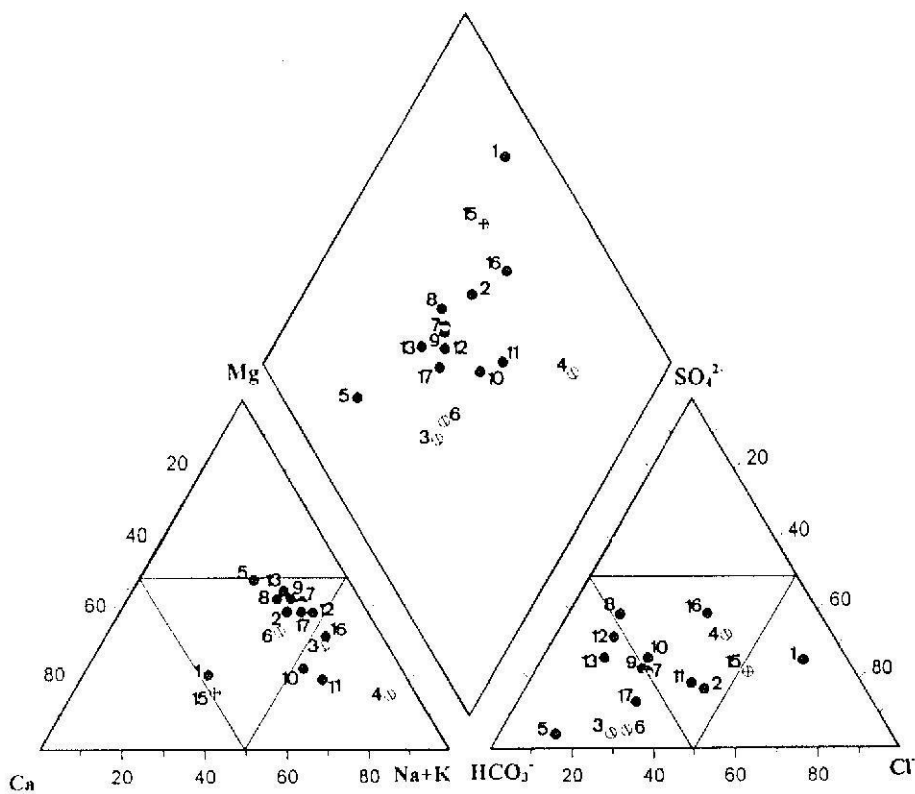
observados elevados teores (pontos de água 4 e 5, Tabelas XXXIX a XLII) pois a barite é o sulfato menos solúvel (Chang et al., 1996). Os aniões NO_3^- e PO_4^{3-} apresentam um comportamento químico semelhante sendo ambos macronutrientes das plantas, embora o NO_3^- domine nas águas. A sua presença na água relaciona-se directamente com a actividade antrópica, em particular, pela utilização de fertilizantes; levando a um incremento nas zonas agrícolas. Considera-se mesmo que os valores destes aniões nas águas não apresentam qualquer controlo geológico, apenas humano (Walton, 1982). O anião NO_2^- é um elemento que existe em pequena quantidade nas águas analisadas sendo um importante indicador de poluição orgânica (Hem, 1970).

Os teores mais elevados de Fe, Zn e As relacionam-se com as mineralizações de sulfuretos distribuídas pela área e a partir das quais recebem águas de escorrência (pontos de água 2, 8, 11, 12, 13, 3 e 6, Tabelas XXXIX a XLII, Fig. 49 e, f). São dependentes do pH e Eh, bem como, da quantidade de oxigénio dissolvido; responsáveis pela ocorrência de reacções de oxidação-redução e pela distribuição irregular destes elementos. Ao Fe associa-se o Mn com solubilidade dependente preferencialmente das condições pH/Eh do meio e da redução da matéria orgânica e bactérias (Brown et al., 1970). A grande proliferação de bactérias está na origem das concentrações mais elevadas de Mn nas águas, principalmente na seca mais intensa (pontos de água 2, 11, 12, 13, 7 e 6, Fig. 49 d). À contaminação agrícola associa-se o Zn (Cardoso Fonseca et al., 1996), assumindo os teores mais elevados nas águas em contacto com as rochas do Complexo Xisto-Metagrauváquico e granitos onde é intenso este efeito (pontos de água 1, 2 e 15, Fig. 49 e). Os teores de As diminuem desde as nascentes, para poços e linhas de água (pontos de água 12 e 13, 16 e 17 e 9, Fig. 49 f) e podem depender, também, da concentração de substâncias dissolvidas e solubilidade dos catiões. De um modo geral, verifica-se que as concentrações de sódio, ferro, cloratos e sulfatos, entre outros elementos, apresentam valores mais elevados na época seca em diferentes pontos de amostragem, dependentes da fonte poluidora mais directa, pH da água, fluxo de drenagem e efeito de diluição ligado à pluviosidade (Nascimento et al., 1996). O Li ocorre preferencialmente nas águas em contacto com os granitos e com alguma contaminação agrícola (pontos de água 1 e 15, Tabelas XXXIX a XLII). O Ba associado às mineralizações deste elemento químico (pontos de água 4 e 5, Tabela XLIII) e ocorrendo precipitado nem sempre assume concentrações elevadas na água. O Hg, B, Pb, Sn e W presente nas mineralizações da área e detritos desta actividade não foram detectados nas águas face à sua baixa solubilidade e fácil retenção nos minerais do solo.

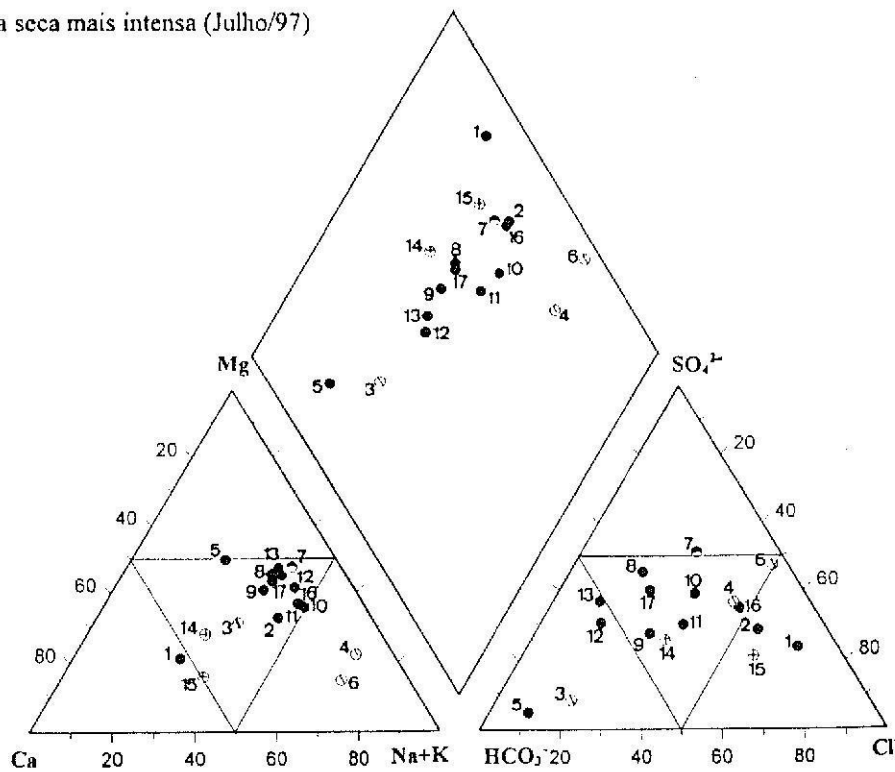
6.3.3.1. DIAGRAMAS DE PIPER

Estes diagrama permitem a projecção simultânea de um elevado número de análises, identificar águas quimicamente semelhantes quando agrupadas em áreas definidas, indicar a possível existência de mistura de águas, precipitações e dissoluções, bem como, estabelecer uma classificação hidroquímica (Custodio & Llamas, 1983). Tanto nos aniões como nos catiões e em qualquer época, a dispersão é acentuada (Fig. 50 e Anexo VI, Tabela 1). A maioria das águas correspondem a fácies mistas, pois caem no tipo não dominante podendo ser consideradas de tipo não definido nas diferentes litologias. Os aniões distribuem-se indiferentemente pelo tipo bicarbonatado, clorotado e sulfatado em qualquer época do ano. Para os catiões dominam as águas sódico-cálcicas.

Existe uma grande variabilidade na composição química destas águas, tanto a nível espacial como temporal, que parece não se relacionar directamente com as litologias dos terrenos por onde circulam. Assim, a projecção dos catiões parece não ter qualquer dependência das litologias onde foram colhidas as águas, embora, nos aniões, as águas que contactam com as rochas do Complexo Xisto-Metagrauváquico, corneana e de filões de quartzo com barite, galena



a. águas colhidas na seca mais intensa (Julho/97)



b. águas colhidas na seca menos intensa (Outubro/96)

Fig. 50 - Diagramas de Piper para as águas da região de Segura

Águas colhidas em: Complexo Xisto-Metagrauváquico ● (pontos de água 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 e 17); corneana ● (ponto de água 7), granito ⊕ (pontos de água 14 e 15); arcoses ⊙ (pontos de água 3, 4 e 6). O ponto de água 1, embora com água colhida em xistos, é de escorrência granítica. Os pontos de água 4 e 5 recebem água de escorrência de filões de quartzo com barite, galena e blenda.



I - Águas cálcicas; II - águas sódico-potássicas; III - águas magnesianas; IV - águas de tipo indefinido. i. águas bicarbonatadas; ii. águas cloretadas; iii. águas sulfatadas; iv. águas de tipo indefinido.

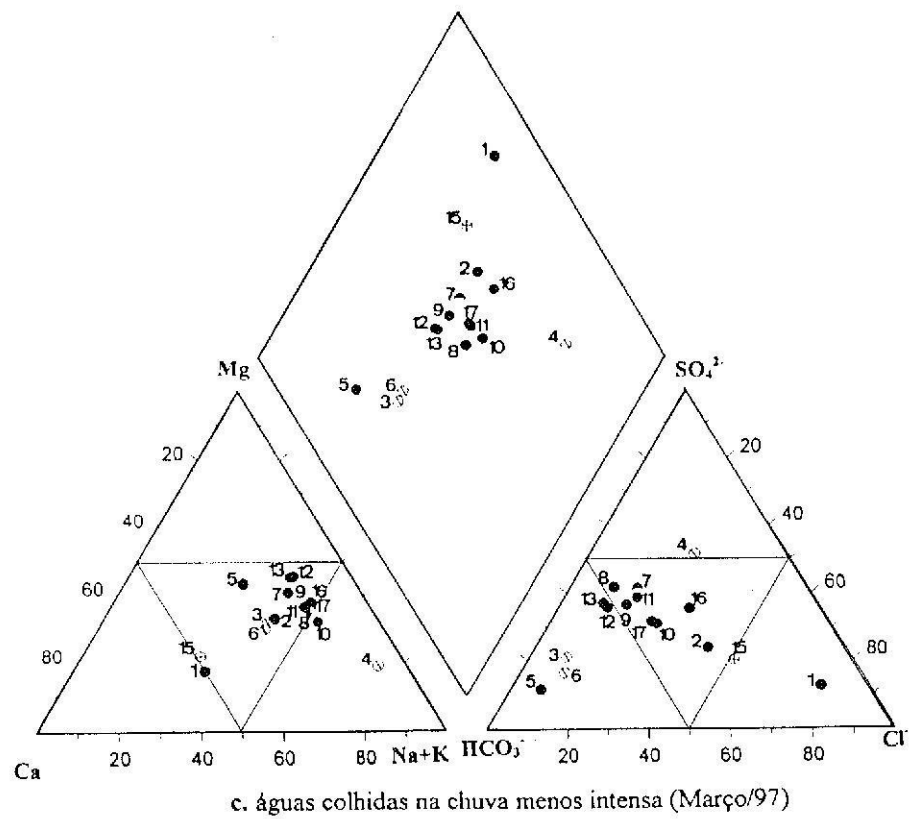
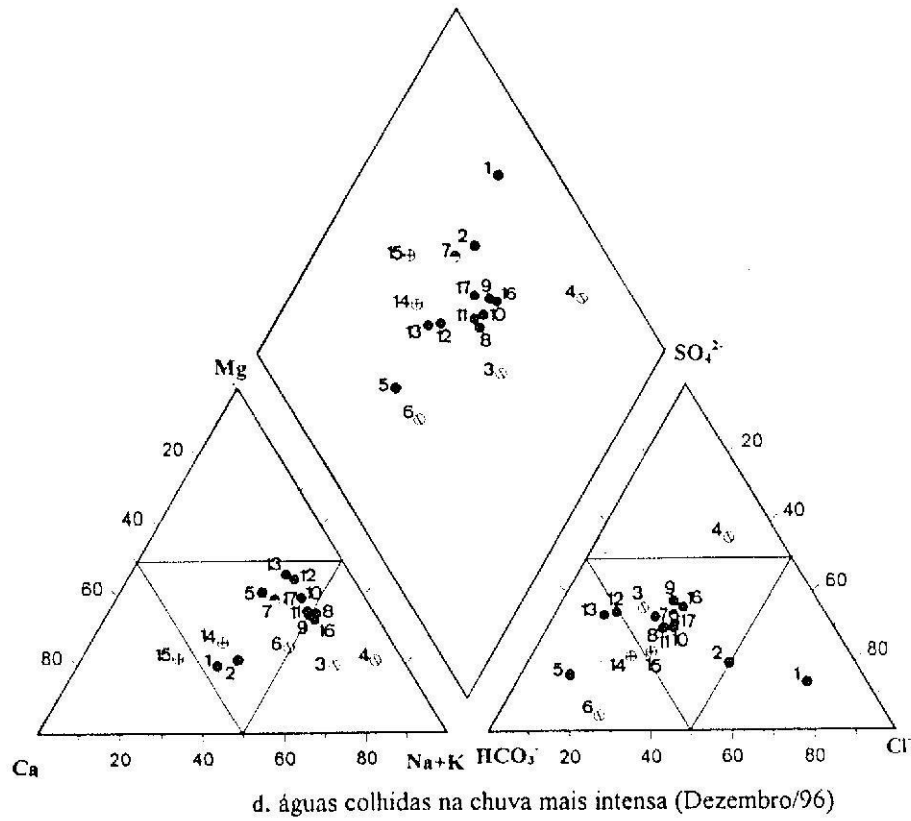


Fig. 50 - Diagramas de Piper para as águas da região de Segura (continuação)

e blenda tendem a ser mais ricas em bicarbonato do que as águas que contactam com os granitos, fundamentalmente na seca mais intensa (Julho/97, Fig. 50 a) e na chuva menos intensa (Março/97, Fig. 50 c). Nestas mesmas épocas, as águas que contactam com os granitos (pontos de água 1, 14 e 15) tendem a ser enriquecidas em cloretos comparativamente às das restantes litologias.

6.3.3.2. DIAGRAMAS DE STIFF

São diagramas que permitem representar a composição iónica das águas analisadas. Construídos a partir de um conjunto de segmentos de recta horizontais paralelos, igualmente espaçados e cortados por uma normal. Esta normal define um sector direito e um esquerdo correspondentes ao campo dos aniões e cатиões, respectivamente. Cada segmento de recta representa o ião que lhe é atribuído e a sua posição no segmento de recta (comprimento do segmento de recta) é proporcional aos miliequivalentes por litro de solução, do ião em causa. Com a união dos extremos do conjunto dos vários segmentos de recta obtém-se um polígono com uma determinada configuração, função do quimismo da água representada.

Foram representados quatro segmentos de recta com K^+ , Na^{2+} , Ca^{2+} e Mg^{2+} no grupo dos cатиões e com NO_3^- , Cl^- , HCO_3^- e SO_4^{2-} no grupo dos aniões; por serem os mais indicados para as águas superficiais (Custodio & Llamas, 1983). O ião NO_3^- é também representado para que possa ser visualizada a sua distribuição espacial e respectiva variação sazonal pois é revelador de contaminação antrópica. Com esta projecção gráfica da composição de uma água é fácil e rápida a visualização da grandeza de cada espécie iónica e identificar a variação das relações entre os cатиões e aniões. Pretende-se, então, salientar a diversidade tipológica do quimismo das águas meteóricas ocorrentes na região, assim como, a variação sazonal das concentrações das diferentes espécies iónicas e a possível contaminação das mesmas associada às mineralizações e actividades antrópicas praticadas (Fig. 51). A fácil detecção das relações iónicas existentes levam a considerá-los como os diagramas mais adequados na construção de mapas hidroquímicos (Custodio & Llamas, 1983).

A partir da análise dos vários diagramas podem individualizar-se as águas dos pontos 2, em contacto com as rochas do Complexo Xisto-Metagrauváquico, e 1 e 15, em contacto com os granitos, com maiores teores de mineralização comparativamente às restantes que correspondem a águas meteóricas. Nestas águas mais mineralizadas há um nítido predomínio de cloreto e cálcio podendo ser designadas como águas cloretadas-cálcicas. Conjuntamente com os cloretos podem surgir teores consideráveis de bicarbonato nas águas do Complexo Xisto-Metagrauváquico (ponto de água 2, Fig. 51). Nas águas pouco mineralizadas em contacto com as rochas do Complexo Xisto-Metagrauváquico, corneana e de filões de quartzo com barite, galena e blenda, a tipologia química é bastante variada, embora possam ser referidas as águas bicarbonatadas magneso-sódicas como dominantes.

A água que contacta com os filões de quartzo com barite, galena e blenda (ponto de água 5) sempre bicarbonatada magnesiane e a que contacta com as rochas do Complexo Xisto-Metagrauváquico (pontos de água 12 e 13) bicarbonatada sódio-magnesiane, têm um comportamento sazonal regular, pois mantêm-se com igual topologia química, independentemente da época do ano em que foi realizada a colheita.

Na classificação de Piper e de Stiff recorre-se a representações esquemáticas das águas tendo por base os aniões ou cатиões mais abundantes. Pode ser adicionado algum ião de menor interesse e de concentração elevada. Para simplificar a sua representação pode ser utilizada uma letra e um número (Schoeller, 1962), associados à condutividade (Custodio & Llamas, 1983), de modo a indicar a sua mineralização total.

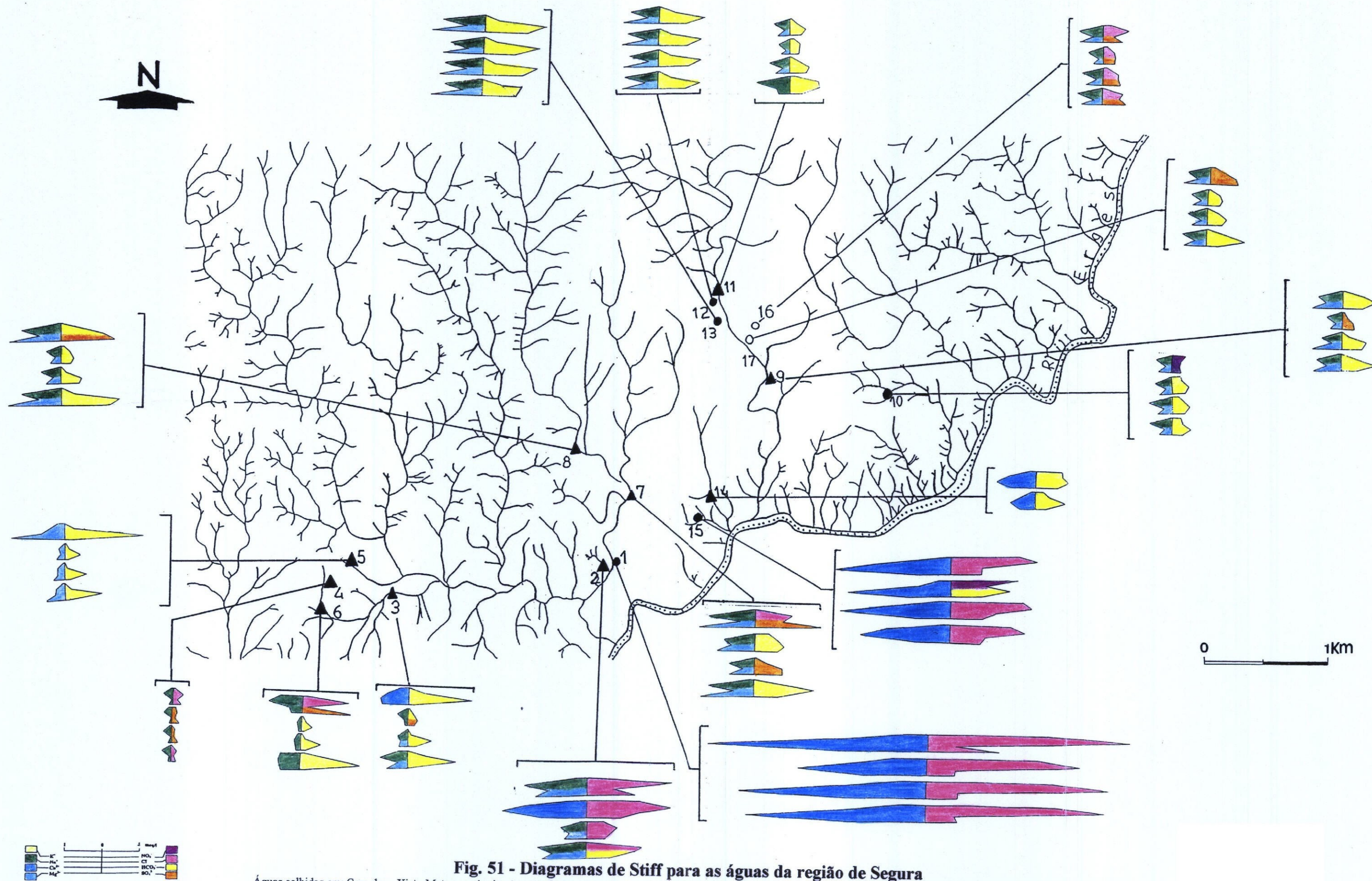


Fig. 51 - Diagramas de Stiff para as águas da região de Segura

Águas colhidas em: Complexo Xisto-Metagrauváquico (pontos de água 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 e 17); corneana (ponto de água 7); granito (pontos de água 14 e 15); arcoses (pontos de água 3, 4 e 6). O ponto de água 1, embora com água colhida em xistos, é de escorrência granítica. Os pontos de água 4 e 5 recebem água de escorrência de filões de quartzo com barite, galena e blenda.
 Águas recolhidas em: ○ - poços, ● - nascentes, ▲ - linhas de água e pequenas retenções.

6.3.3.3. CLASSIFICAÇÃO DE SCHOELLER

Nesta classificação são definidas sequências de aniões e catiónicas dominantes, às quais se atribuí um algarismo ou uma letra (Tabela XLVI):

Tabela XLVI - Sequência de aniões e catiões e suas fácies na classificação de Schoeller

Aniões (meq/l)	Fácies	Catiões (meq/l)	Fácies
rCl>rSO ₄ rHCO ₃	1	r(Na+K)rMg)rCa	a
rCl>rHCO ₃ rSO ₄	2	r(Na+K)rCa)rMg	b
rSO ₄ rCl)rHCO ₃	3	rMg)r(Na+K)rCa	c
rSO ₄ rHCO ₃ rCl	4	rMg)rCa)r(Na+K)	d
rHCO ₃ rCl)rSO ₄	5	rCa)r(Na+K)rMg	e
rHCO ₃ rSO ₄ rCl	6	rCa)rMg)r(Na+k)	f

Nas águas analisadas (Tabela XLVII), as sequências aniônicas são bastante variáveis tendo sido encontradas as seis possíveis no decurso das quatro colheitas. Podem, no entanto, ser referidas como dominantes a fácies 6 seguida pela fácies 5; embora esta última não tenha sido encontrada na época de chuva menos intensa (Março/97, Tabela XLVII; Anexo VI, Tabela 2).

Os catiões correspondem a sequências de fácies tipo a e c embora tenham sido encontradas todas as outras. Atendendo às litologias, as águas que contactam com as rochas do Complexo Xisto-Metagrauváquico e corneana são as que apresentam maior variedade, pois compreendem qualquer sequência aniônica e catiónica desta classificação. Esta grande diversidade pode ser atribuída à predominância dos pontos de água nesta unidade litológica. Pode referir-se, no entanto, que nas águas em contacto com as rochas do Complexo Xisto-Metagrauváquico predomina a sequência de fácies 6 para os aniões e de fácies a para os catiões, de um modo geral, em qualquer uma das épocas. Contudo, na época mais seca, a fácies aniônica dominante é a do tipo 5 (Tabela XLVII, Julho/97).

Na classificação de Custodio e Llamas são, também, considerados os valores de condutividade específica distribuídos por quatro classes (Tabela XLVIII).

A condutividade das águas de Segura é regular, pois predominam águas do tipo C₁, embora no ponto de água 1 e 2 sejam atingidos, em mais de duas colheitas, os valores mais elevados; correspondentes à classe C₃, no ponto de água 2 e C₄ na seca mais intensa do ponto de água 1 (Tabela XLVII, Julho/97 e Dezembro/96).

Nas águas graníticas foram encontradas principalmente as fácies 2 e 5 embora seja evidente uma certa constância, pois domina a fácies e em qualquer uma das águas graníticas e em qualquer época do ano. Nas águas do filão de quartzo com barite, galena e blenda, entre os mesmos pontos de água, é notável uma certa estabilidade aniônica e catiónica entre as épocas secas (Tabela XLVII, Julho/97 e Outubro/96) e chuvosas (Tabela XLVII, Março/97 e Dezembro/96), com valores de condutividade constantes e os mais baixos de todas as águas analisadas, não ultrapassando os 250 µS/cm em nenhuma das épocas amostradas.

Tabela XLVII - Classificação de Schoeller para as águas da região de Segura

Ponto de água	Época de			
	Secas		Chuvas	
	Jul/97	Out/96	Mar/97	Dcz/96
•1	1-e-C ₁	1-e-C ₃	1-e-C ₃	2-e-C ₃
▲2	2-a-C ₃	1-a-C ₂	2-a-C ₂	2-e-C ₃
▲5	5-c-C ₁	5-d-C ₁	6-c-C ₁	6-a-C ₁
▲8	6-c-C ₂	4-c-C ₁	6-a-C ₁	6-a-C ₁
▲9	5-c-C ₁	5-c-C ₁	6-c-C ₁	4-a-C ₁
•10	6-a-C ₁	3-a-C ₁	6-a-C ₁	5-a-C ₁
▲11	5-b-C ₁	2-a-C ₁	6-a-C ₁	6-a-C ₁
•12	6-e-C ₁	6-c-C ₁	6-c-C ₁	6-c-C ₁
•13	6-c-C ₂	6-c-C ₁	6-c-C ₁	6-c-C ₁
○16	3-a-C ₁	1-a-C ₁	3-a-C ₁	4-a-C ₁
○17	5-b-C ₁	4-c-C ₁	6-a-C ₁	6-a-C ₁
▲7	5-c-C ₂	3-c-C ₂	6-a-C ₁	6-c-C ₁
▲14	a	5-e-C ₂	a	5-e-C ₁
•15	2-e-C ₂	2-e-C ₂	2-e-C ₂	5-f-C ₂
▲3	5-a-C ₁	5-b-C ₁	6-a-C ₁	6-a-C ₁
▲4	1-a-C ₁	1-a-C ₁	3-a-C ₁	3-a-C ₁
▲6	5-b-*	1-b-C ₂	6-a-C ₁	6-a-C ₁

a. valor não determinado por inexistência de dados; * - valor de impossível determinação "in situ".

O primeiro algarismo refere-se à fácies de água relativa à sequência aniônica (meq/l); segue-se o tipo catiónico (meq/l) e o parâmetro relativo à condutividade específica ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Águas colhidas em: Complexo Xisto-Metagrauvíquico (pontos de água 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 e 17); corneana (ponto de água 7); granito (pontos de água 14 e 15); arcoses (pontos de água 3, 4 e 6). O ponto de água 1, embora com água colhida em xistos, é de escorrência granítica. Os pontos de água 4 e 5 recebem água de escorrência de filões de quartzo com barite, galena e blenda.

Águas recolhidas em: ○ - poços, ● - nascentes, ▲ - linhas de água e pequenas retenções.

Tabela XLVIII - Classes definidas para a condutividade específica

Intervalo de valores de condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Classe
0 a 250	C ₁
250 a 750	C ₂
750 a 2250	C ₃
superior a 2250	C ₄

6.3.3.4. CLASSIFICAÇÃO DE SOULINÉ E DE AL-RUWAIH

Estas duas classificações baseiam-se nas relações iônicas dos iões analisados. Na classificação de Souliné (Souliné, 1948 *in* Schoeller, 1962), a cada razão é atribuído um algarismo compreendido entre 1 e 4 e a respectiva designação com base nas relações $r(\text{Na-Cl})/r\text{SO}_4$ e $r(\text{Cl-Na})/r\text{Mg}$; expressas em miliequivalentes por litro (Anexo VI, Tabela 3). Da combinação possível destas relações resultam quatro tipos de águas diferentes (Custodio & Llamas, 1983) (Tabela XLIX).

Tabela XLIX - Tipos de águas definidos com base em relações iónicas

$r(\text{Na-Cl})/r\text{SO}_4$	$r(\text{Cl-Na})/r\text{Mg}$	Tipo	Denominação
«1	«0	1	sulfatada sódica
»1	«0	2	bicarbonatada sódica
«0	«1	3	cloretada magnesiana
«0	»1	4	cloretada cálcica

Em qualquer época do ano, nas águas em contacto com as rochas do Complexo Xisto-Metagrauváquico predominam as sulfatadas sódicas, enquanto que as águas em contacto com as rochas graníticas são cloretadas cálcicas e magnesianas ou sulfatadas sódicas (Tabela L). As águas de escorrência de filões de quartzo com barite, galena e blenda são sulfatadas sódicas ou bicarbonatadas sódicas, mas as águas colhidas nas arcoses apresentam grande variação.

Tabela L - Classificação de Souliné para as águas da região de Segura

Ponto água	Época de							
	Secas				Chuvas			
	Julho/97		Outubro/96		Março/97		Dezembro/96	
Tipo	Designação	Tipo	Designação	Tipo	Designação	Tipo	Designação	
● 1	4	cloretada cálcica	4	cloretada cálcica	4	cloretada cálcica	4	cloretada cálcica
▲ 2	3	cloretada magnesiana	3	cloretada magnesiana	3	cloretada magnesiana	3	cloretada magnesiana
▲ 5	2	bicarbonatada sódica	1	sulfatada sódica	2	bicarbonatada sódica	2	bicarbonatada sódica
▲ 8	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica
▲ 9	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica
● 10	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica
▲ 11	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica
● 12	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica
● 13	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica
○ 16	1	sulfatada sódica	3	cloretada magnesiana	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica
○ 17	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica
▲ 7	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica
▲ 14	a		1	sulfatada sódica	a		1	sulfatada sódica
● 15	3	cloretada magnesiana	3	cloretada magnesiana	3	cloretada magnesiana	3	cloretada magnesiana
▲ 3	2	bicarbonatada sódica	1	sulfatada sódica	2	bicarbonatada sódica	1	sulfatada sódica
▲ 4	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica	1	sulfatada sódica
▲ 6	1	sulfatada sódica	3	cloretada magnesiana	1	sulfatada sódica	2	bicarbonatada sódica

a. inexistência de dados. As águas são classificadas com base nas relações $r(\text{Na-Cl})/r\text{Mg}$, expressas em meq/l.

Águas colhidas em: Complexo Xisto-Metagrauváquico (pontos de água 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 e 17); corneana (ponto de água 7); granito (pontos de água 14 e 15); arcoses (pontos de água 3, 4 e 6). O ponto de água 1, embora com água colhida em xistos, é de escorrência granítica. Os pontos de água 4 e 5 recebem água de escorrência de filões de quartzo com barite, galena e blenda.

Águas recolhidas em: ○ - poços, ● - nascentes, ▲ - linhas de água e pequenas retenções.

Na classificação de Al-Ruwaih (1984), a designação de uma água contém sete algarismos, compreendidos entre 1 e 3, de acordo com a relação iónica e respectiva grandeza. Estes algarismos são escritos pela ordem: $r\text{Cl}/r\text{HCO}_3$; $r\text{SO}_4/r\text{HCO}_3$; $r\text{Cl}/r\text{SO}_4$; $r(\text{Na+K})/r\text{Cl}$; $r\text{Ca}/r(\text{Na+K})$; $r\text{Mg}/r(\text{Na+K})$ e $r\text{Ca}/r\text{Mg}$ e é lhes atribuído o valor 1, 2 ou 3 consoante a razão seja inferior, igual ou superior à unidade, respectivamente (Tabela LI e Anexo VI, Tabela 4).

Em qualquer época do ano, geralmente nas águas em contacto com as rochas do Complexo Xisto-Metagrauváquico e corneana as razões iónicas apresentam valor 1 (Tabela LI).

Tabela LI – Classificação de Al-Ruwaih para as águas da região de Segura

Ponto de água	Épocas de																											
	Seca														Chuva													
	Julho/97							Outubro/96							Março/97							Dezembro/96						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
●1	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	1	3	1	3	3	3	3	1	3	1	3	3	3	3	1	3	1	3
▲2	3	1	3	2	1	1	1	3	3	3	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	3	1	3	1	3	1	3
▲5	1	1	3	3	1	3	1	1	1	3	3	3	3	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
▲8	1	1	1	3	1	3	1	1	3	1	3	1	3	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
▲9	1	1	3	3	1	2	1	1	1	2	3	1	3	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
●10	1	1	1	3	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
▲11	1	1	3	3	1	1	2	2	1	3	3	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
●12	1	1	1	3	1	2	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1
●13	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1
○16	3	3	1	3	1	1	1	3	3	3	2	1	1	1	3	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
○17	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
▲7	1	1	3	3	1	3	1	3	3	1	3	1	3	1	1	1	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
●1	3	3	3	1	3	1	3	3	3	1	3	1	3	1	3	3	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1
▲14				a				1	1	3	3	3	1	3				a						1	1	3	3	3
●15	3	1	3	1	3	1	3	3	1	3	1	3	1	3	3	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	3
▲3	1	1	3	3	1	1	1	1	1	3	3	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
▲4	3	3	3	3	1	1	1	3	3	3	3	1	1	1	3	3	1	3	1	1	1	1	1	3	3	1	3	1
▲6	1	1	3	3	1	1	2	3	3	2	3	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3

a. valor não determinado por inexistência de dados. As relações representadas correspondem a: $rCl/r[CO_3]$; $rSO_4/rHCO_3$; rCl/rSO_4 ; $r(Na+K)/rCl$; $rCa/r(Na+K)$; $rMg/r(Na+K)$ e rCa/rMg , respectivamente. As unidades estão expressas em meq/l.

Águas collidas em: Complexo Xisto-Metagrauváquico (pontos de água 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 e 17); comena (ponto de água 7); granito (pontos de água 14 e 15); arcoses (pontos de água 3, 4 e 6). O ponto de água 1, embora com água collida em xistos, é de escorrência granítica. Os pontos de água 4 e 5 recebem água de escorrência de filões de quartzo com barite, gulena e blenda.

Águas recolhidas em: ○ - poços, ● - nascentes, ▲ - linhas de água e pequenas retenções.

6.3.4. INDÍCE DE SATURAÇÃO EM SÓDIO (SAR)

O índice de saturação em sódio indica as características físico-químicas das águas no que se refere à predominância dos iões dominantes. O seu valor é dado pela razão: $SAR = rNa/r\sqrt{(Mg+Ca)/2}$. Através desta razão, conjuntamente com a condutividade específica das águas, podem ser previstos os perigos de alcalinização e/ou salinização dos pontos estudados (Tabela LII). Considerando o índice determinado como baixo (<1) pode ser referido que o perigo de alcalinização destas águas é bastante baixo mesmo com valores de condutividade específica mais elevados pois este parâmetro hidrofísico vai condicionar o grau de salinização das águas. Somente as águas dos pontos 2, 1 e 15 atingem o intervalo C₃ (alto perigo de salinização) e C₄ (muito alto perigo de salinização) (Fig. 52 a, b), independentemente da época do ano. Estes valores mais elevados associam-se directamente à maior quantidade de sais minerais dissolvidos traduzida na condutividade específica das águas mais mineralizadas e contaminadas da área. Algumas águas apresentam um maior perigo de salinização na época seca (pontos de água 8, 11, 13 e 7, Fig. 52 a).

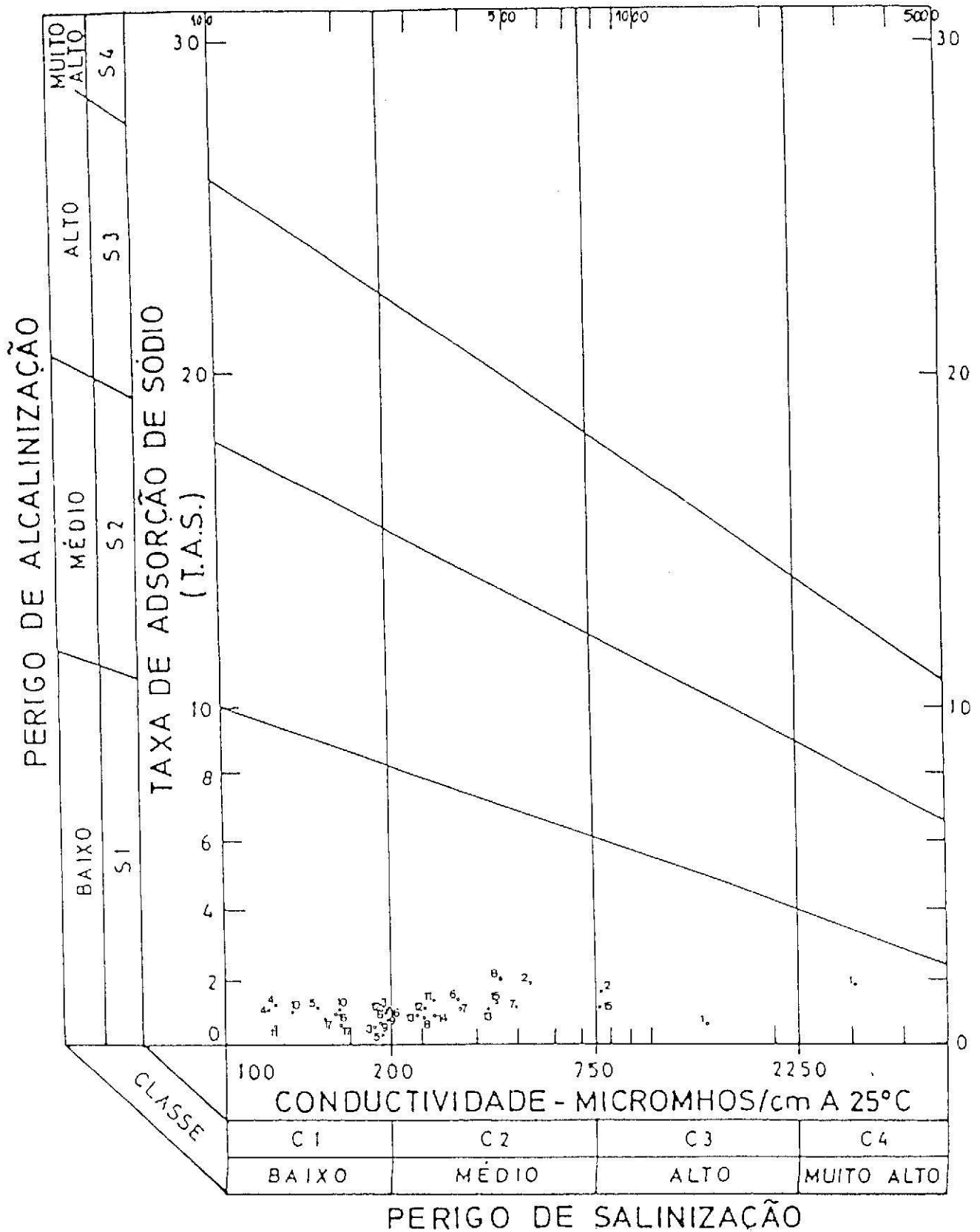


Fig. 52 - Projecção das águas da região de Segura
a. Águas colhidas na época seca

Águas colhidas em: Complexo Xisto-Metagrauváquico (pontos de água 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 e 17); corneana (ponto de água 7); granito (pontos de água 14 e 15); arcoses (pontos de água 3, 4 e 6). O ponto de água 1, embora com água colhida no Complexo Xisto-Metagrauváquico, é de escorrência granítica. Os pontos de água 4 e 5 recebem água de escorrência de filões de quartzo com barite, galena e blenda.

Águas colhidas no mês de: • - Julho/97; ◻ - Outubro/96; ◊ - Março/97; ◼ - Dezembro/96.

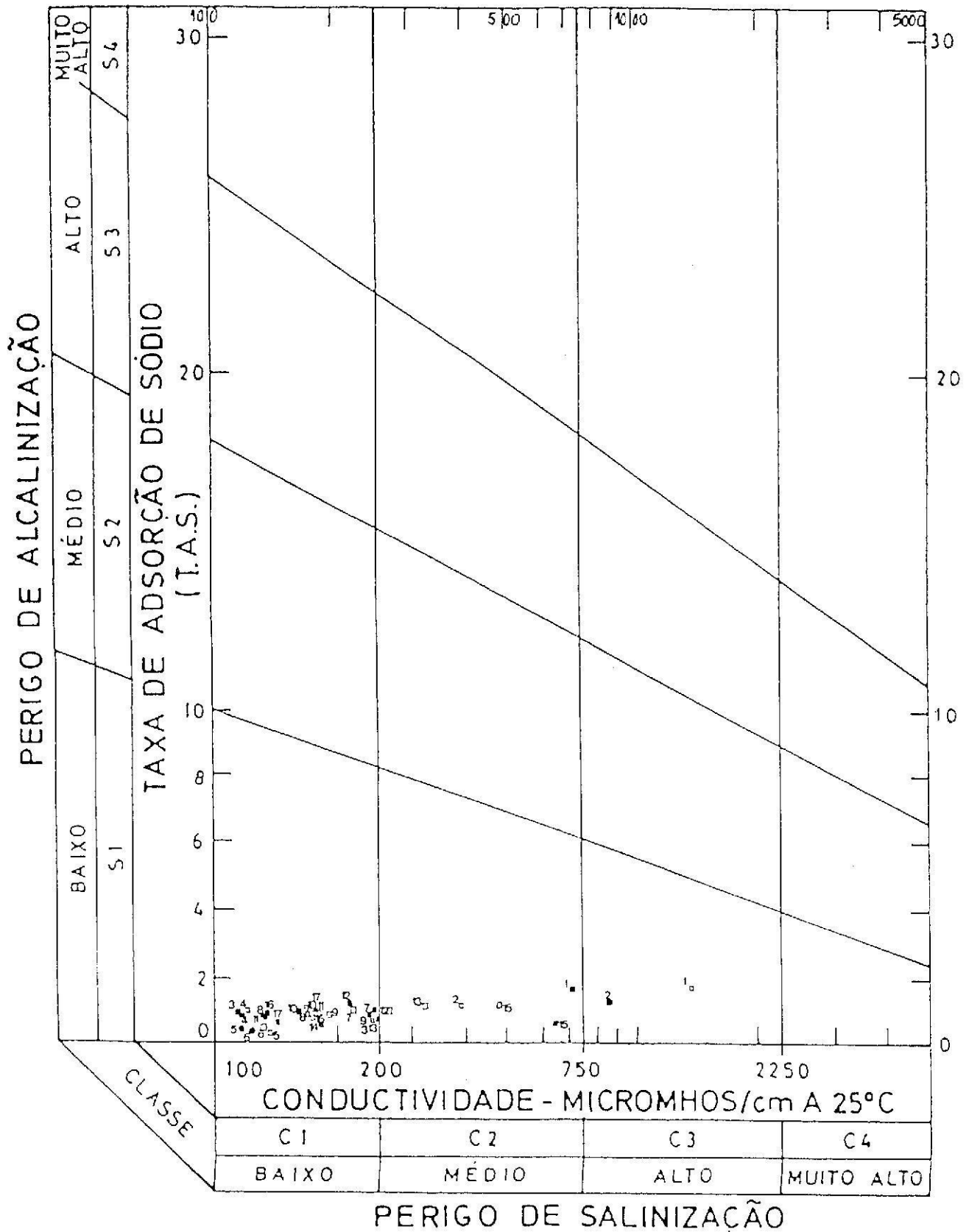


Fig. 52 - Projecção das águas da região de Segura (continuação)
b. Águas colhidas na época de chuva.

Tabela LII - Índices de saturação em sódio para as águas da região de Segura

Ponto de água	Seca		Chuva	
	Julho/97	Outubro/96	Março/97	Dezembro/96
•1	1.87	1.71	1.79	1.78
▲2	1.73	2.12	1.26	1.81
▲5	0.38	0.38	0.32	0.41
▲8	2.08	1.05	1.02	0.91
▲9	0.89	0.82	0.88	0.89
•10	1.15	0.89	1.14	0.99
▲11	1.59	0.74	0.99	0.90
•12	1.13	1.01	1.04	1.07
•13	1.07	1.12	1.14	1.04
○16	1.10	1.04	1.04	0.92
○17	1.00	0.84	0.96	0.83
▲7	1.24	1.28	0.99	0.92
▲14	a	0.85	a	0.57
•15	1.30	1.39	1.20	0.64
▲3	1.17	0.70	0.62	0.96
▲4	1.22	1.03	1.04	0.90
▲6	0.82	1.58	0.40	0.44

a. valor não determinado por inexistência de dados. O índice de saturação representado é igual à razão: $rNa/r\sqrt{(Mg+Ca)/2}$; com as concentrações dos iões em meq/l.

Águas colhidas em: Complexo Xisto-Metagrauváquico (ponto de água 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 e 17); corneana (ponto de água 7); granito (pontos de água 14 e 15); arcoses (pontos de água 3, 4 e 6). O ponto de água 1, embora com água colhida em xistos, é de escorrência granítica. Os pontos de água 4 e 5 recebem água de escorrência de filões de quartzo com barite, galena e blenda.

Águas recolhidas em: ○ - poços, ● - nascentes, ▲ - linhas de água e pequenas retenções.

6.3.5. ANÁLISE DE CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS DAS ÁGUAS

As correlações entre variáveis num espaço de amostras permitem definir afinidades entre elas que, nas águas, poderão corresponder ao resultado de processos físico-químicos comuns entre variáveis correlativas (Oliveira, 1996). A matriz de correlação para as quatro colheitas de água realizadas na área de Segura envolve os parâmetros hidrofísicos pH e condutividade específica, bem como, os iões Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Li^+ , As^{5+} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} e o resíduo seco (Anexo VI, Tabela 5). O conjunto de amostras no espaço é definido por todos os pontos de água analisados. As correlações foram verificadas pelos coeficientes de Spearman, significativos para uma probabilidade de 95%.

Os coeficientes de correlação variam com o regime sazonal de tal modo que as correlações mais elevadas são encontradas na época de chuva, particularmente para a condutividade específica, As, HCO_3^- , Cl^- e SO_4^{2-} com os iões dominantes e resíduo seco (Fig. 53; Anexo VI, Tabela 5). Esta situação pode ser justificada por um maior efeito de diluição existente na época de chuva. A condutividade é um parâmetro fortemente correlativo com vários iões, como seja o Na, Ca, Mg, Cl, SO_4 e resíduo seco (Fig. 53 a, b, c, d).

O pH parece não estar fortemente dependente de nenhum ião talvez por ser um parâmetro determinado *in situ* (Oliveira, 1996). A sua melhor correlação verifica-se com o HCO_3^- em Dezembro de 1996.

Destaca-se a forte correlação entre o Na e Mg (Fig 53 e; Anexo VI, Tabela 5). A correlação do Na com o Cl, em qualquer época do ano, sugere uma origem comum, pelo menos em parte, pois também se relaciona com outros iões (Fig. 53 f; Anexo VI, Tabela 5). Idêntica origem pode ser referida para o Mg que se correlaciona com o Na e Cl (Oliveira, 1996). Salientam-se, ainda, as correlações entre HCO_3^- com Ca e Mg e entre SO_4^{2-} com Na e Mg, mais significativas na época de chuva (Anexo VI, Tabela 5).

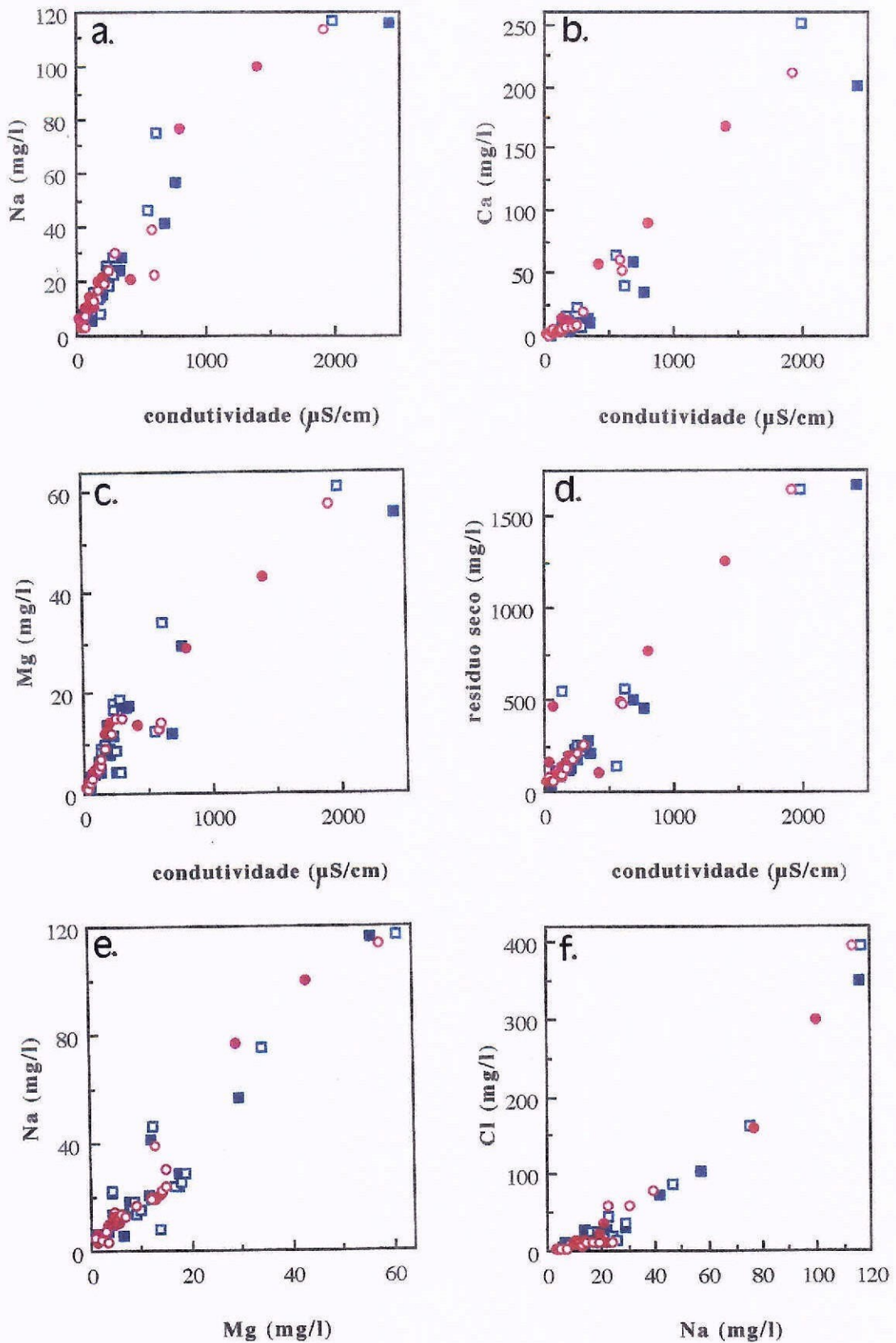


Fig. 53 - Correlações entre variáveis das águas

a. condutividade/Na; b. condutividade/Ca; c. condutividade/Mg; d. condutividade/resíduo seco; e. Na/Mg; f. Na/Cl. Águas colhidas no mês de: ■ - Julho/97; □ - Outubro/96; ○ - Março/97; ● - Dezembro/96.

7 AVALIAÇÃO DO IMPACTE AMBIENTAL

Neste trabalho é fundamental a apresentação de um capítulo relativo a possíveis contaminações de sedimentos de linhas de água, solos e águas superficiais e subsuperficiais da área de Segura, de modo a avaliar o impacte ambiental desencadeado por antigas explorações mineiras ou outras actividades desenvolvidas na região. Para que seja possível a preservação do ambiente natural e adopção de medidas de controlo das principais unidades poluentes da região exige-se um conhecimento prévio e detalhado das características ambientais de toda a envolvente da área.

Na temática da degradação ambiental existe um conjunto de critérios de referência importante, pois uns surgem como consequência de outros. Um local está *contaminado* se representa um perigo real ou potencial para o homem ou para o meio natural, face à presença de substâncias que limitam a sua utilização. Contrasta com o termo *poluição*, entendido como a degradação acentuada de um local por substâncias de origem antropogénica (Alloway, 1992). Contudo poluição e contaminação podem ser referidos como uma relação causa-efeito, sendo os locais poluídos todos aqueles cuja contaminação põe em risco a qualidade de solos, águas superficiais e subterrâneas, limitando a sua utilização e constituindo um risco para a saúde pública. Num contexto ambiental, o termo contaminação depende da utilização que se pretende pois, por exemplo, um solo ou uma água pode estar contaminado relativamente a uma determinada utilização e não o estar para outra (Oliveira, 1996).

As principais fontes poluentes na área de Segura, de acordo com a sua origem, correspondem à poluição mineira, agrícola e doméstica. A poluição associada à actividade mineira resulta tanto dos elementos mineralizados postos a descoberto em minas de céu aberto, bem como, da lixiviação dos materiais constituintes das escombrelas. Para além das suas implicações negativas em águas e solos envolventes, salienta-se o impacte visual negativo que exibem na paisagem.

As práticas agrícolas com recurso a fertilizantes, pesticidas e adubos orgânicos constituem uma importante fonte poluente. Os fertilizantes constituídos, geralmente, por SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^- , Cl^- , Ca^{2+} , K^+ , NO_3^- e NH_4^+ , os adubos orgânicos importantes fontes de NO_3^- , coliformes fecais e bactérias (Zoller, 1994) e o NO_3^- associado à oxidação da matéria orgânica presente nos estrumes orgânicos; promovem o aumento destes iões junto das áreas agrícolas e envolventes atingindo, por vezes, valores contaminantes.

A poluição doméstica resulta da ausência de um sistema de saneamento básico promovendo a infiltração de poluentes, tais como: Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Na^+ , entre outros.

Face à escala que estes fenómenos de poluição se manifestam na região de Segura, pode dizer-se que se trata de uma poluição difusa resultante da dispersão dos elementos poluentes, tanto em solos como nas águas.

O estudo realizado visa a detecção e possível controlo da poluição e qualquer modificação ocorrida no meio ambiente como consequência de interferências naturais e antrópicas. O excesso de metais ou outros elementos para a atmosfera, através de fontes naturais como antrópicas, tem como consequência a contaminação de sedimentos de linhas de água, solos e águas, por um número elevado de espécies iónicas (Cardoso Fonseca et al., 1996).

7.1. SEDIMENTOS DE LINHAS DE ÁGUA E SOLOS

A legislação relativa a normas de qualidade, tanto de solos como de águas, deve referir limites de qualidade correspondentes ao Valor Máximo Recomendado (VMR) e Valor Máximo

Admissível (VMA) a partir dos quais o uso do solo/água não deve ser feito sem qualquer tratamento prévio. Estes limites referenciam, ainda, a qualidade do meio face à utilização que é proposta.

Para os sedimentos de linhas de água não existem limites quantificados ou definidos como correspondentes a valores contaminantes. Contudo nos sedimentos de linhas de água, tanto de xistos como de granitos, ocorrem teores muito superiores ao fundo geoquímico da região, correspondentes a anomalias geoquímicas para os diferentes elementos estudados.

A falta de Legislação Portuguesa para os elementos metálicos ou não metálicos presentes nos solos leva à comparação dos resultados obtidos em Segura com os teores máximos referidos na Norma Canadiana para o Sn, B, As, Cu, Ba, Pb e Zn, onde são identificados três níveis de referencia correspondentes a áreas de ocupação agrícola, residencial e industrial (Canadian Council of Ministers of the Environment, 1991). Na Tabela LIII são apresentados os teores mínimo e máximo de alguns elementos químicos determinados nos solos de Segura conjuntamente com os valores propostos para as três áreas contempladas pela norma Canadiana.

Da análise da Tabela LIII, conclui-se que os solos da região de Segura estão contaminados em As para qualquer tipo de ocupação, enquanto que não estão contaminados em Cu, Pb e Zn. O Sn, B e Ba estão acima do valor admitido para solos agrícolas e o Sn e Ba, também, para solos de ocupação residencial.

Tabela LIII - Intervalos de teores nos solos de Segura e valores máximos propostos pela Norma Canadiana (1991) para diferentes áreas de ocupação do solo

Elemento	Valor mínimo nos solos de Segura	Valor máximo nos solos de Segura	Valor proposto para solos agrícolas	Valor proposto para solo residencial	Valor proposto para solo industrial
Sn	< 4	>75	5	50	300
B	< 55	> 300	2	-	-
As	< 20	> 375	20	30	50
Cu	< 40	> 100	150	100	500
Ba	< 675	> 1500	750	500	2000
Pb	< 20	> 120	375	500	1000
Zn	< 125	> 290	600	500	1500

Todos os teores são expressos em ppm. < valor inferior a ...; > valor superior a... - valor não definido.

Para o W não foram definidos limites pelo que apenas pode ser comparado com o teor médio dos solos que é igual a 1 ppm (Brooks, 1972). Considerando este valor médio dos solos, para a região de Segura, os teores de W (10 a » 45 ppm) obtidos são bastante superiores. Contudo não pode ser quantificada a possível existência ou não de contaminação do solo neste elemento químico.

7.2. ÁGUAS DE POÇOS, NASCENTES, LINHAS DE ÁGUA E PEQUENAS RETENÇÕES

No Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto de 1998, que revoga o decreto-Lei nº 74/90, são definidas normas de qualidade para a água, função do fim a que se destina.

O quimismo das águas subsuperficiais e superficiais da região de Segura é bastante variado e apresenta teores anômalos para a maioria dos seus elementos constituintes; tornando-a uma água de má qualidade. Nestas águas as concentrações iônicas são, geralmente, superiores aos VMRs e VMAs definidos na legislação, pelo que o seu consumo humano deve ser evitado ou mesmo proibido. Esta situação verifica-se, de um modo geral, tanto para águas de nascentes como de linhas de água e pequenas retenções. Salientam-se as águas dos poços encontrados na área por apresentarem teores não contaminantes para a maioria dos iões constituintes (pontos de água 16 e 17, Tabelas XXXIX a XLII, LIV).

Tabela LIV - Valores máximo recomendado e máximo admissível para águas de consumo humano e destinadas à rega (Decreto-Lei nº 236/98)

Cond. específica	Água consumo humano		Água destinada à rega	
	VMR	VMA	VMR	VMA
	400	-	-	-
Na	20	150	-	-
K	10	12	-	-
Ca	100	-	-	-
Mg	30	50	-	-
Fe	0.05	0.20	5.0	-
Mn	0.02	0.05	0.2	10.0
Zn	0.10	-	2.0	10.0
Li	-	-	2.5	5.8
As	-	0.05	0.1	10.0
Cl ⁻	25	-	70.0	-
SO ₄ ²⁻	25	250	575	-
NO ₃ ⁻	25	50	50	-
NO ₂ ⁻	-	0.10	-	-
Resíduo seco	-	1500	-	-

Cond. específica - condutividade específica. A unidade da condutividade específica é $\mu\text{S}/\text{cm}$, as restantes concentrações são expressas em mg/l . VMR - Valor Máximo Recomendado; VMA - Valor Máximo Admissível. - limite não definido.

Como águas mais críticas para consumo humano destacam-se a dos pontos 1, 2 e 15 por apresentarem, na sua maioria, teores elevados dos seus iões constituintes. Assim sendo, os pontos de água 1 e 2 possuem concentrações superiores ao VMA para o K e Mn em todas as épocas do ano ou pelo menos em duas colheitas e nos três pontos de água obtêm-se teores superiores ao VMR para o Na, Zn, Cl e SO₄. O ponto de água 1 tem, ainda, valores superiores ao máximo recomendado tanto para a condutividade específica como para o resíduo seco e NO₃⁻, este último, também, no ponto de água 15 (ponto de água 1, 2 e 15; Tabelas XXXIX a XLII e LIV).

O Fe e Mn são elementos que ocorrem com teores superiores ao seu máximo admissível para consumo humano, na maioria dos pontos de água analisados, em todas as colheitas ou, particularmente, na época de seca (ponto de água 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 7, 3, 4 e 6; Tabelas XXXIX a XLII e LIV).

Os pontos de água 12 e 13, correspondentes a nascentes, apresentam-se contaminados em As para consumo humano, durante qualquer uma das colheitas e têm concentrações de SO₄²⁻ superiores ao máximo recomendado para este catião (ponto de água 12 e 13; Tabelas XXXIX a XLII e LIV).

Pontualmente ocorrem valores superiores ao máximo recomendado ou máximo admissível para consumo humano para outros iões, particularmente durante a época seca. Como exemplo

podem ser citados os teores de K, Cl⁻ e NO₂⁻ no ponto de água 6 e os teores de SO₄²⁻ nos pontos de água 7 e 8 (ponto de água 6, 7 e 8; Tabelas XXXIX a XLII e LIV).

A utilização da água destes pontos amostrados para rega é, também, para alguns elementos químicos imprópria. Assim, salienta-se a água dos pontos 1, 2 e 15, mais uma vez, pelas suas maiores mineralizações, com teores de Cl⁻ superiores ao máximo recomendado e de NO₃⁻ nos pontos de água 1 e 15, em qualquer época do ano (pontos de água 1, 2 e 15; Tabelas XXXIX a XLII e LIV).

O Fe e As são dois elementos presentes em quantidades superiores ao VMR nas águas dos pontos 12 e 13 cuja utilização em rega pode torná-la tóxica para as culturas agrícolas, particularmente na colheita de seca menos intensa e de chuva no ponto de água 12 e em qualquer altura do ano no ponto de água 13 (ponto de água 12 e 13; Tabelas XXXIX a XLII e LIV).

Os elementos Mn, Zn e Li, por sua vez, ocorrem nas águas da área de Segura com teores muito inferiores ao valor máximo recomendado para estes elementos para regas (Tabela XXXIX a XLII e LIV).

Embora com as exceções referidas para os pontos de água 1, 2, 15, 12 e 13, de um modo geral, as águas de Segura podem ser utilizadas na rega de culturas agrícolas, pois os teores dos elementos químicos constituintes não registam valores contaminantes.

Os valores contaminantes, superiores ao valor máximo admissível e máximo recomendado definidos no Decreto-Lei nº 236/98, para a água de consumo humano e água destinada à rega, tendem a ocorrer com uma maior frequência durante a época seca, pois nesta altura do ano faz-se sentir mais intensamente o efeito de concentração dos iões (Ferreira da Silva et al., 1996).

8 CONCLUSÕES

- 1) O plutonito granítico de Segura é constituído por granito de grão médio a grosseiro de duas micas, que domina, e granito de grão médio a fino moscovítico, os quais intruíram o Complexo Xisto-Metagrauváquico. Filões de pórfiro granodiorítico e filões apliticos, aplito-pegmatíticos estaníferos, filões de quartzo com cassiterite e volframite e filões de quartzo com barite, galena e blenda cortam este complexo e os granitos.
- 2) Os diagramas de variação da biotite ferrífera do granito de duas micas e da biotite magnésiana do pórfiro granodiorítico indicam que não há evolução alguma entre as composições das biotites destas rochas. Além disso, a plagioclase do pórfiro granodiorítico é mais rica em anortite do que a plagioclase do granito de duas micas.
- 3) Texturalmente e pelas composições químicas, as moscovites dominantes dos granitos, aplitos e pegmatitos de Segura são interpretadas como magmáticas. Contudo, no granito moscovítico e aplito há também moscovite hidrotermal. A moscovite do granito de duas micas e moscovite do pegmatito granítico mostram evolução por fraccionação para elementos maiores. As moscovites do granito moscovítico e do aplito têm composições idênticas. As moscovites hidrotermais dos filões de quartzo têm geralmente maiores teores de Mg, Fe+Mn+Mg, Mg/(Mg+Fe), celadonite e menores teores de Al^{VI} , $Al^{IV}+Al^{VI}$ e paragonite do que as moscovites magmáticas das rochas graníticas. A moscovite hidrotermal dos filões de quartzo com barite, galena e blenda tem mais Al^{IV} e menores teores de paragonite e F do que a moscovite hidrotermal dos filões de quartzo com cassiterite e volframite.
- 4) Nas rochas graníticas, geralmente o feldspato potássico possui mais P_2O_5 do que a plagioclase coexistente. Há aumento em P_2O_5 de cada feldspato do granito de duas micas para o feldspato correspondente do pegmatito granítico e decréscimo no teor de anortite da plagioclase, confirmando um processo de fraccionação. Os feldspatos do granito moscovítico são os mais ricos em P_2O_5 retendo cerca de 0.92 % peso.
- 5) Os diagramas de variação de escolrites magmáticas mostram que a escolrite do aplito é mais rica em Fe, Fe/(Fe+Mg) e mais pobre em Mg do que a escolrite do granito de duas micas, mas há uma descontinuidade nas composições, indicando que não estão relacionadas.
- 6) O estudo geoquímico da moscovite e feldspatos sugere que o granito de duas micas e o granito moscovítico correspondem a dois magmas distintos não relacionados, mas o pegmatito granítico ter-se-à formado a partir do granito de duas micas por diferenciação magmática. O aplito estará provavelmente relacionado com o granito moscovítico. O pórfiro granodiorítico não estará directamente relacionado com qualquer dos granitos.
- 7) No pegmatito granítico, há aumento em Si, F, Rb, K/Rb e decréscimo em $Al^{IV}+Al^{VI}$ da moscovite para a lepidolite, mas mostrando descontinuidade, o que confirma a lepidolite substituir parcialmente a moscovite.

- 8) O pegmatito granítico possui topázio primário, o que indica a presença de F no magma que facilitou a diferenciação magmática.
- 9) As ripidolites do pórfiro granodiorítico e do filão de quartzo com barite, galena e blenda têm composições idênticas, mas possuem mais Mg e menos Fe do que a ripidolite do granito de duas micas. No pórfiro granodiorítico há ainda picroclorite que tem mais Si, Mn, Mg e menos Al^{IV}, Ti, Fe e Fe/(Fe+Mg) do que a ripidolite e, por isso, é considerada posterior à ripidolite.
- 10) A cassiterite do pegmatito granítico tem geralmente Mn » Fe, enquanto a cassiterite dos filões de quartzo com cassiterite e volframite tem Fe » Mn. A cassiterite destes filões tem mais Ti e menos Nb, Ta, W, Mn, (Ta+Nb)/(Fe+Mn) do que a cassiterite do pegmatito granítico. Nos cristais zonados de cassiterite do pegmatito granítico, a zona escura é mais rica em Nb e Ta do que a zona clara. Nos cristais zonados de cassiterite dos filões de quartzo, a zona escura tem mais Ti do que a zona clara.
- 11) A cassiterite do pegmatito granítico tem exsoluções principalmente de manganocolumbite, mas também de mangano-ferrocolumbite, sendo algumas delas zonadas e possuindo mais Fe, Fe+Mn e menos W do que os cristais não zonados.
- 12) A volframite dos filões de quartzo com cassiterite e volframite tem Fe » Mn; é zonada, com aumento em Mn, Mn/Fe e decréscimo em Fe do bordo para o núcleo do cristal.
- 13) Hidroxiapatite ocorre nas rochas graníticas e filões de quartzo, mas fluorapatite foi também encontrada nos granitos e souzalite no granito moscovítico. A fluorapatite é mais pobre em Ca e P e mais rica em F do que a hidroxiapatite coexistente.
- 14) A montebrasite do pegmatito granítico é primária e tardia e tem mais Li, Al, P e OH e menos Na e F do que a natromontebrasite coexistente que é um mineral mundialmente raro.
- 15) Vários sulfuretos do pórfiro granodiorítico e dos filões de quartzo, e também sulfossais destes, foram analisados por microsonda. A maior variedade foi encontrada nos filões de quartzo com cassiterite e volframite. A cobaltite dos filões de quartzo com barite, galena e blenda é mais pobre em Co, Ni e As do que a cobaltite do pórfiro granodiorítico; a pirite é mais rica em S e mais pobre em As+Sb; e a calcopirite é mais pobre em Fe e mais rica em Cu do que a calcopirite do pórfiro granodiorítico. Pirite e calcopirite também ocorrem nos filões de quartzo com cassiterite e volframite. A blenda dos filões de quartzo com barite, galena e blenda é geralmente mais pobre em Fe do que a blenda dos filões de quartzo com cassiterite e volframite.
- 16) Os filões de quartzo com cassiterite e volframite possuem também: pirrotite monoclinica; estanite; arsenopirite em que Fe e S tendem a aumentar do bordo para o núcleo de cada cristal; e matildite, mais rica em Ag, Bi e mais pobre em Pb do que a schapbachite coexistente.

- 17) Nos filões de quartzo com barite, galena e blenda, a galena tem composição homogénea e a barite tem Ba um pouco substituído por Sr e em menor quantidade por Ca.
- 18) A farmacosiderite surge associada à arsenopirite nos filões de quartzo com cassiterite e volframite, enquanto anglesite, piromorfite e fosfato de Fe e Pb foram identificados associados à galena dos filões de quartzo com barite, galena e blenda. Nestes últimos filões, a limonite é frequente.
- 19) Os filões de quartzo com cassiterite e volframite estão certamente relacionados com os filões pegmatíticos graníticos estaníferos. Os filões de quartzo com barite, galena e blenda correspondem a uma geração mais tardia.
- 20) As anomalias de Sn, W, B, As e Cu dos sedimentos de linhas de água e solos estão directamente relacionadas com os filões de quartzo com cassiterite e volframite, enquanto as anomalias de Ba, Pb e Zn estão associadas aos filões de quartzo com barite, galena e blenda.
- 21) Os solos de Segura estão contaminados em As pelo que não deverão ser usados para actividades agrícolas, industriais ou residenciais. Os seus teores elevados de Sn, B e Ba indicam também a sua não utilização para actividades agrícolas, enquanto os de Sn e Ba sugerem evitar o uso destas áreas para residenciais.
- 22) Em Segura, as águas de nascentes, linhas de água e pequenas retenções não devem ser usadas para consumo humano por estarem contaminadas, enquanto as águas analisadas dos poços não têm estas contaminações. De um modo geral, as águas podem ser utilizadas para a rega de terrenos agrícolas, excepto as dos pontos 1, 2, 15, 12 e 13 por estarem contaminadas em Cl, NO₃ e Fe e As respectivamente.
- 23) A contaminação das águas analisadas de Segura, particularmente em As, Fe, Mn e Zn, pode ser atribuída às explorações mineiras abandonadas, mas também, em parte, à contaminação antrópica resultante das actividades agrícolas, criação intensiva de gado e deficiente saneamento básico. Os iões Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻ e NO₂⁻ resultarão essencialmente das águas de lixiviação dos terrenos com fertilizantes e presença de bactérias.
- 24) A concentração de cada elemento químico tende a decrescer dos solos para os sedimentos de linhas de água e destes para as águas. Nestas últimas, verifica-se um aumento considerável nos teores da maioria dos iões durante a época seca, portanto quando a contaminação será maior.

BIBLIOGRAFIA

- ADRIANO D. C., 1986: *Trace elements in the Terrestrial environment*. Springer - Verlag. New York. 533 pp.
- ALLAN R., 1995: *Introduction: Sustainable Mining in the Future*. Journ. Geoch. Explorat., Vol 52: 1 - 4.
- ALLOWAY B. J., 1990: *The origin of heavy metals in soils*. In: Alloway, B. J. (Ed), Heavy metals in soils: 29 - 39; 323 - 330.
- ALLOWAY B. J., 1992: *Land Contamination and Reclamation*. In: Harrison R. M. (Ed), Understanding our Environment - an introduction to environmental chemistry and pollution: 137 - 163.
- AI-RUWAIH F., 1984: *Groundwater Chemistry of Dibdiba Formation, North Kuwait*. Ground Water, vol. 22, n° 4: 412 - 417.
- APPELO C. A. J. e POSTMA D., 1993: *Geochemistry, groundwater and pollution*. A. A. Balkema, Rotterdam. 536 pp.
- BARATIN F., 1996: *Editorial. Responsabilité & Environnement*. Annales des Mines, n° 1, Janvier: 1pp.
- BEA F., FERSHTATER G. e CORRETEGÉ L. G., 1992: *The geochemistry os phosphorus in granite rocks and the effect of aluminium*. Lithos 29: 43 - 56.
- BEA F., PEREIRA M. D., CORRETEGÉ L. G. e FERSHTATER G., 1994: *Differentiation of strongly peraluminous, perphosphorus granites: The Pedrobernardo Pluton, Central Spain*. Geochim. Cosmochim. Acta 58: 2609 - 2627.
- BROOKS R. R., 1972: *Geobotany and biogeochemistry in mineral exploration*. Harper and Row: 290 pp.
- BROWN E., SKOUGSTAD M. W. e FISHMAN M. J., 1970: *Methods for Collection and Analysis of Water Samples for Dissolved Minerals and Gases*. Techniques of Water - Resources Investigation. U. S. Geological Survey, Book 5: 160 pp.
- BUTLER B. C. M., 1967: *Chemical study of minerals from the Moine schists of the Ardnamurchanarea, Argyllshire, Scotland*. J. Petrol. 8: 233 - 267.
- CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT, 1991: *Interim Canadian Environmental Quality Criteria for Contaminated Sites*. CCME EPC - CS34, Manitoba: 1 - 20.
- CARDOSO FONSECA, E. C., BARRADAS J. M., FERREIRA DA SILVA E. A. F. e REIS A. P., 1995: *Distribuição do As em solos e sedimentos de vala no envolvente do complexo químico de Estarreja. Implicações de ordem ambiental*. Geociências 9 (1/2): 123 - 131.

- CARDOSO FONSECA E. C., FERREIRA DA SILVA E. A., BARRADAS J. M., REIS A. P., PATINHA C. e MORENO F., 1996: *Impacte ambiental e actividade antrópica: Exemplos temáticos*. Geociências **10** (2): 129 - 141.
- CARRILLO A. e DREVER J. I., 1998: *Adsorption of arsenic by natural aquifer material in the San Antonio - El Triunfo mining area, Baja California, Mexico*. Env. Geol. **35**(4): 251 - 257.
- CARTA GEOLÓGICA de PORTUGAL, 1/500000, 1992. Serviços Geológicos de Portugal.
- CARVALHO A. H., 1961: *Guia de análise química das águas (potáveis, minerais e para a indústria)*. Técnica - Revista da Associação de Estudantes do I.S.T.: 31 - 32.
- CARVALHO J. H. T. F., 1987: *As ocorrências de barita na região de Segura - Idanha-a-Nova, Castelo Branco*. Relatório interno do Serviço de Fomento Mineiro. Porto.
- CARVALHO J. H. T. F., 1988: *Cartografia e Prospecção da área de Segura - Idanha-a-Nova, Castelo Branco*. Relatório interno do Serviço de Fomento Mineiro. Porto.
- ČERNÝ P., 1989: *Exploration strategy and methods for pegmatite deposits of tantalum*. In: P. Moller, P. Černý e F. Saupé (Eds), Lanthanides, tantalum and niobium: 274 - 302. Springer - Verlag.
- ČERNÝ P., 1991: *Rare-element granitic pegmatites. Part I: anatomy and internal evolution of pegmatite deposits*. Geos. Can. **18**: 49 - 67.
- ČERNÝ P. e BURT D. M., 1984: *Paragenesis, crystallochemical characteristics and geochemical evolution of micas in granite pegmatites*. In Reviews in Mineralogy Micas vol. **13**: 257 - 297.
- ČERNÝ P. e ERCIT T. S., 1985: *Some recent advances in the mineralogy and geochemistry of Nb and Ta in rare-element granitic pegmatites*. Bull. Mineral. **108**: 449 - 532.
- ČERNÝ P. e ERCIT T. S., 1989: *Mineralogy of niobium and tantalum: crystal chemical relationship, paragenetic aspects and their economic implications*. In: P. Moller, P. Černý e F. Saupé (Eds), Lanthanides, tantalum and niobium: 27 - 79. Springer - Verlag.
- ČERNÝ P. e FERGUSON R.B., 1972: *The Tanco Pegmatite at Bernic Lake, Manitoba. III - Amblygonite - Montebrasite*. Can. Mineral. **II**: 643 - 659.
- ČERNÝ P. e HARRIS D. C., 1978: *The Tanco Pegmatite at Bernic Lake, Manitoba. XI - Native elements, alloys, sulphides and sulfosalts*. Can. Mineral. **16**: 625 - 640.
- ČERNÝ P. e HAWTHORNE F. C., 1982: *Selected peraluminous minerals*. In short course in granitic pegmatites in science and industry. Mineralogical Association of Canada, Short Course Handbook vol. **8**: 163 - 186.
- ČERNÝ P., ERCIT T. S. e WISE M. A., 1992: *The tantalite-tapiolite gap: natural assemblages versus experimental data*. Can. Mineral. **30**: 587 - 596.

- ČERNÝ P., GOAD B. E., HAWTHORNE F. C. e CHAPMAN R., 1986: *Fractionation trends of the Nb- and Ta- bearing oxide minerals in the Greer Lake pegmatitic granite and its pegmatite aureola, southeastern Manitoba*. Am. Mineral. **71**: 501 - 517.
- ČERNÝ P., MEINTZER R. E. e ANDERSON A. J., 1985: *Extreme fractionation in rare-element granitic pegmatites: Selected examples of data and mechanisms*. Can. Mineral. **23**: 381 - 421.
- CHABU M., 1995: *The geochemistry of phlogopite and chlorite from the Kipushi Zn-Pb-Cu deposits, Shaba, Zaire*. Can. Mineral. **33**: 547 - 558.
- CHANG L. L. Y., HOWIE R. A. e ZUSSMAN J., 1996: *Rock Forming Minerals - Non Silicates*. Vol 5 - B. 2nd Ed.: 3 - 29.
- CHANG L. L. Y., HOWIE R. A. e ZUSSMAN J., 1997: *Rock Forming Minerals - Orthosilicates*. Vol I - A. 2nd Ed.: 801 - 815.
- CHAROY B. e NORONHA F., 1995: *A multistep intrusion of a rare element, volatile - rich magma at Argemela (Portugal)*. Memória nº 4 do Museu Lab. Mineral. e Geol. da Fac. Ciências do Porto: 699 - 704.
- CHAROY B., CHAUSSIDON M. e NORONHA F., 1995: *Lithium zonation in white micas from the Argemela microgranite (central Portugal): an in-situ ion-, electron microprobe and spectroscopic investigation*. Eur. J. Mineral. **7**: 335 - 352.
- COTELO NEIVA J.M. e NEIVA A. M. R., 1990: *The gold area of Jales (northern Portugal)*. Terra Nova **2**: 243 - 254.
- CUSTODIO E. e LLAMAS M. R., 1983: *Hidrología subterránea*. 2ª Edición. Edições Omega, Barcelona. Tomo I: 1157 pp.
- DANA J. D. e DANA E. S., 1951: *The system of mineralogy*. Vol I, II. 7th Ed. John Willey and Sons. 1124 pp.
- DEER W. A., HOWIE R. A. e ZUSSMAN J., 1962: *Rock Forming Minerals - Sheetsilicates*. Vol 3. 1st Ed.: 85 - 91; 131 - 163.
- DIÁRIO DA REPÚBLICA, 1990: *Decreto -Lei nº 74/90 de 7 de Março*. I Série: 980 - 1024.
- DIÁRIO DA REPÚBLICA, 1998: *Decreto - Lei nº 236/98 de 1 de Agosto*. I - A Série: 3676 - 3722.
- FERREIRA DA SILVA E. A., 1999: *Contaminação dos solos em Portugal - uma visão actual*. Revista Água & Ambiente Nº 4 / Ano 1.
- FERREIRA DA SILVA E. A., PATINHA C. e CARDOSO FONSECA E., 1996: *Impacte de uma mina abandonada na qualidade de água de superfície: O exemplo da mina das Talhadas*. Est. Notas e Trabalhos, Tomo **37**: 51 - 59.
- FOORD E. E., 1982: *Minerals of tin, titanium, niobium and tantalum in granitic pegmatites*. In granitic pegmatites in Science and Industry (P. Cerný Ed.). Mineral. Assoc. Can., Short - Course Handbook **8**: 187 - 238.

FOORD E. E. e SHAW D. R., 1989: *The Pb-Bi-Ag-Cu-(Hg) chemistry of galena and some associated sulfosalts: a review and some new data from Colorado, California and Pennsylvania*. Can. Mineral. **27**: 363 - 382.

FOSTER M. D., 1960a: *Interpretation of the composition of trioctahedral micas*. U. S. Geol. Surv. Prof. Paper **354 - B**: 1 - 49.

FOSTER M. D., 1960b: *Interpretation of the composition of lithium micas*. U. S. Geol. Surv. Prof. Paper **354 - E**: 115 - 146.

FRIEDMAN L. C. e FISHMAN M. J., 1989: *Evaluation of methods used from 1965 through 1982 to determine inorganic constituents in water samples*. U. S. Geological Survey Water - Supply paper **2293**: 126 pp.

GALLAGHER V., 1988: *Coupled substitutions in schorl - dravite tourmaline: new evidence from SE Ireland*. Mineral. Mag. **52**: 637 - 650.

GASPAR O., BOWLES J. F. W. e SHEPERD T. J., 1987: *Silver mineralization in Vale das Gatas tungsten mine, Portugal*. Mineral. Mag. **51**: 305 - 310.

GASPAR L. M. e INVERNO C. M. C., 1998: *P - enriched, peraluminous leucogranites in Barca de Alva - Escalhão, NE Portugal - A multi-stage anatectic complex*. Acta Universitatis Carolinae - Geologica **42 (1)**: 35 - 40.

GOKHALE M. W., 1968: *Chemical composition of biotites as a guide to ascertain the origin of granites*. Bull. Geol. Soc. Finland **40**: 107 - 111.

GOMES M. E. P., 1996: *Mineralogia, petrologia e geoquímica das rochas granitoides da área de Rebordelo - Bouça - Torre de D. Chama - Agrochão e as mineralizações associadas*. Tese para obtenção do grau de doutor em Geologia na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro: 323 pp.

GREINER J. D. e DONALD F. B., 1987: *Amblygonite - montebrasite optics: response to (OH⁻) orientation and rapid estimation of F from 2v*. Am. Mineral. **72**: 617 - 624.

GUIDOTTI C. V., TEICHMANN F. e HENRY D. J., 1991: *Chlorite - bearing polymetamorphic metapelites in the Rangeley area, Maine: Evidence for equilibrium assemblages*. Am. Mineral. **76**: 867 - 879.

HEM J. D., 1970: *Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water*. 2nd Edition. U. S. Geol. Survey Water - Supply Paper **1473**: 363 pp.

HENRY D. J. e GUIDOTTI C. V., 1985: *Tourmaline as a petrogenetic indicator mineral: an example from the staurolite - grade metapelites of NW Maine*. Am. Mineral. **70**: 1- 15.

IGM - Instituto Geológico e Mineiro, 1998: *Relatórios internos do Projecto de Prospeção de volfrâmio, estanho e minerais associados na faixa de Góis - Segura*. Divisão de Prospeção de Minérios Metálicos. Serviços de Fomento Mineiro, Porto.

- IVANOVA G., 1988: *Geochemical conditions of formation of various composition wolframate*. Bull. Minéral. **111**: 97 - 103.
- KEPPLER H., 1993: *Influence of fluorine on the enrichment of high field strength trace elements in granitic rocks*. Contr. Mineral. Petrol. **114**: 479 - 488.
- KONTAK D. J., MARTIN R. F. e RICHARD L., 1996: *Patterns of phosphorus enrichment in alkali feldspar, South Mountain Batholith, Nova Scotia, Canada*. Eur. J. Mineral. **8** (4): 805 - 824.
- KRAUSKOPF K. B. e BIRD D. K., 1995: *Introduction to geochemistry*. Mc Graw - Hill, Inc. 647 pp.
- LAGACHE M. e QUÉMÉNEUR J., 1997: *The Volta Grade pegmatites, Minas Gerais, Brazil: An example or rare-element granitic pegmatites exceptionally enriched in lithium and rubidium*. Can. Mineral. **35**: 153 - 165.
- LAHTI S., 1987: *Zoning in columbite - tantalite crystals from the granitic pegmatites of the Eräjärvi area, Southern Finland*. Geochim. Cosmochim. Acta **51**: 509 - 517.
- LE BAS M. J. e STRECKEISEN A. L., 1991: *The IUGS systematics of igneous rocks*. J. Geol. Soc. London **148**: 825 - 833.
- LOH S. E. e WISE W. S., 1976: *Synthesis and fluorine - hydroxyl exchange in the amblygonite series*. Can. Mineral. **14**: 357 - 363.
- LONDON D., 1992: *Phosphorus in S - type magmas: The P₂O₅ content of feldspars from peraluminous granites, pegmatites and rhyolites*. Am. Mineral. **77**: 126 - 145.
- LONDON D. e BURT D. M., 1982a: *Lithium minerals in pegmatites*. In Short Course in granitic pegmatites in science and industry (P. Černý, ed.). Mineralogical Association of Canada Short Handbook **8**: 99 - 133.
- LONDON D. e BURT D. M.; 1982b: *Alteration of a spodumene, montebrasite and lithiophilite in pegmatite of the White Picacho district, Arizona*. Am. Mineral. **67**: 97 - 113.
- LONDON D. e MANNING D. A. C., 1995: *Chemical variation and significance of tourmaline from Southwest England*. Econ. Geol. **90**: 415 - 519.
- LONDON D., ČERNÝ P., LOOMIS J. L. e PAN J. J., 1990: *Phosphorus in alkali feldspars of rare - element granitic pegmatites*. Can. Mineral. **28**: 771 - 786.
- LONDON D., MORGAN G. B., BABB H. A. e LOOMIS J. L., 1993: *Behaviour and effects of phosphorus in the system Na₂O-K₂O-Al₂O₃-SiO₄-P₂O₅-H₂O at 200 MPa (H₂O)*. Contrib. Mineral. Petrol. **113**: 450 - 462.
- MAKXIMYUK I. E. e LEBEDEVA S. I., 1968: *A study of physical properties aimed at clarification of the mode of tantalum and niobium incorporation*. In "Physical properties of rare-element Minerals and Methods of their Examination". S. I. Lebeleva, Ed^o: 31- 43.
- MANAHAN S. E., 1994: *Environmental chemistry*. 6th Ed. Lewis Publishers. 811 pp.

- MAROTO A. G., NAVARRETE J. e JIMENEZ R. A., 1997: *Concentraciones de metales pesados en la vegetacion autoctona desarrollada sobre los suelos del entorno de una mina abandonada*. Boletim Geológico y Minero **108-1**: 67 - 74.
- MATOS A. V. e SOUSA M. B., 1994: *Variação composicional das volframites e das blendas do jazigo de Vale das Gatas (Norte de Portugal) e sua relação com os fluidos mineralizadores*. Memórias e Notícias, Publ. Mus. Lab. Mineral. Geol. Univ. Coimbra N° **118**: 47 - 62.
- McBIRDE M., 1994: *Environmental chemistry of soils*. 406 pp.
- MIGNARDI S., FERRINI V., MASI U., NICOLETTI M., CONDE L. N. e SOUSA M. B., 1997: *Significance of muscovite and chlorite composition from the hydrothermal wolframite deposits of Panasqueira and Vale das Gatas (Portugal) and Hints for ore exploration*. Chem. Erde **57**: 337 - 349.
- MORENO F., FERREIRA DA SILVA E., CÂNDIDA GIL M. e CARDOSO FONSECA E., 1999: *Evolution des teneurs en As dans un drainage à l'aval d'une ancienne exploitation minière*. Chronique de la Recherche Minière, N° **534**: 3 - 7.
- MULJA T., WILLIAMS - JONES A. E., MARTIN R. F. e WOOD S. A., 1996: *Compositional variation and structural state of columbite-tantalite in rare-element granitic pegmatites of the Preissac-Lacorne batholith, Quebec, Canada*. Am. Mineral **81**: 146 - 157.
- NACHIT H., RAZAFIMAHEFA N., STUSSI J. M. e CARRON J. P., 1985: *Composition chimique des biotites et typologie magmatique des granitoides*. C. R. Acad. Sc. Paris **301**, Serie II (11): 813 - 818.
- NASCIMENTO C., FERREIRA DA SILVA E. A. e CARDOSO FONSECA E., 1996: *Avaliação do impacto ambiental de elementos poluentes no envolvente do jazigo de Alvarães (Vila Fria - Viana do Castelo)*. Geociências **10 (2)**: 81 - 93.
- NEIVA A. M. R., 1974: *Geochemistry of tourmaline (schorl) from granites, aplites and pegmatites from northern Portugal*. Geochim. Cosmochim. Acta **38**: 1307 - 1317.
- NEIVA A. M. R., 1975: *Geochemistry of muscovite in the pegmatite of northern Portugal*. Fortschr. Miner. **52**: 303 - 315.
- NEIVA A. M. R., 1983: *Geochemistry of granitic rocks and their micas from the west border of the Alvão plateau, northern Portugal*. Chem. Erde **42**: 31 - 44.
- NEIVA A. M. R., 1992: *Chemical distinction between three postmagmatic types of white micas from hydrothermally altered granites of Jales and Penamacor - Monsanto, Portugal*. Mem. Not. Publ. Mus. Lab. Mineral. Geol. Univ. Coimbra N° **113**: 75 - 91.
- NEIVA A. M. R., 1994: *Gold- quartz veins at Gralheira, northern Portugal: mineralogical and geochemical characteristics*. Appl. Earth sci. **103**: B 188 - B 196.
- NEIVA A. M. R., 1995: *Distribution of trace elements in feldspars of granitic aplites and pegmatites from Alijó - Sanfins, northern Portugal*. Mineral. Mag. **59**: 35 - 45.

- NEIVA A. M. R., 1996: *Geochemistry of cassiterite and its inclusions and exsolution products from tin and tungsten deposits in Portugal*. Can. Mineral. **34**: 745 - 768.
- NEIVA A. M. R., 1998a: *Geochemistry of highly peraluminous granites and their minerals between Douro and Tamega Valleys, northern Portugal*. Chem. Erde **58** (3)
- NEIVA A. M. R., 1998b: *Phosphorus in highly peraluminous granites between Douro and Tamega Valleys, northern Portugal*. Acta Universitatis Carolinae - Geologica **42** (1): 80 - 82.
- NEVES M. O. T., 1993: *Caracterização químico-estrutural e petrográfica das micas litíferas da mina do Castanho nº1 (Gonçalo - Guarda)*. Tese para obtenção do grau de mestre em Geoquímica no Departamento de Geociências da Univ. de Aveiro: 160 pp.
- NOCKOLDS S. R., 1947: *The relation between chemical composition and paragenesis in the biotite micas of igneous rocks*. Am. J. Sci. **245**: 401 - 420.
- NORTON J. J. e REDDEN J. A., 1990: *Relations of zoned pegmatites to other pegmatites, granite and metamorphic rocks in the southern Black Hills, south Dakota*. Am. Mineral. **75**: 631 - 655.
- OLIVEIRA A. S., 1996: *Hidrogeologia da região de Pedras Salgadas*. Tese para Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica na Univ. de Trás-os-Montes e Alto Douro: 250 pp.
- PASCUA M. I., MURCIEGO A., PELLITERO E., BABKINE J. e DUSAUSOY Y., 1997: *Sn-Ge-Cd-Cu-Fe - Bearing sulphides and sulfosalts from the Barquilla Deposit, Salamanca, Spain*. Can. Mineral. **35**: 39 - 52.
- PICHAVENT M., MONTEL J. M. e RICHARD L. R., 1992: *Apatite solubility in peraluminous liquids: experimental data and an extension of the Harrison - Watson model*. Geochim. Cosmochim. Acta **56**: 3855 - 3861.
- PINTO F. e SOUSA M. B., 1991: *Metamorfismo das rochas de grupo do Douro (CXG) na auréola termal do granito da Valeira (NE Portugal) - condições físico-químicas e composição da fase fluida*. Mem. e Not. do Mus. e Lab. Mineral. e Geol. da Univ. de Coimbra **111**: 183 - 235.
- PLUMBER L. N., 1971: *Barite deposition in central Kentucky*. Econ. Geol. **66**: 252 - 258.
- POLYA D. A., 1988: *Compositional variation in wolframites from the Barroca Grande mine, Portugal: evidence from fault - controlled ore formation*. Mineral. Mag. **52**: 497 - 503.
- PRING A., BIRCH W. D., DAWE J., TAYLOR M., DELIENS M. e WALENTA K., 1995: *Kintoreite, $PbFe_3(PO_4)_2(OH, H_2O)_6$, a new mineral of the jarosite - alunite family, and lusungite discredited*. Mineral. Mag. **59**: 143 - 148.
- RAMOS J. M. F., 1998: *Mineralizações de metais raros de Seixo Amarelo - Gonçalo (Guarda). Contribuição para o seu conhecimento*. Tese para obtenção do grau de doutor, no Departamento de Geologia da Fac. de Ciências da Univ. de Lisboa: 659 pp.
- RAYMAHASHAY B. C., 1996: *Geochemistry for hydrologists*. Editions Technip, Paris: 190 pp.

- ROBLES E. R., 1993: *Características, distribución y petrogénesis de las pegmatitas de la Fregeneda (Salamanca, Spain)*. Tese para obtenção do grau de doutor. Univ. País Basco: 200 pp.
- ROBLES E. R., FONTAIN F., PESQUERA A. e VELASCO F., 1995: *Mineralogical and geochemical evidence for pegmatite formation: The Fregeneda Pegmatite Field - Salamanca, Spain*. Mineral Deposits: 505 - 508.
- ROUBAULT M., DE LA ROCHE H. e GOVINDARAJU K., 1970: *Etat actuel (1970) des études coopératives sur les standards géochimiques du centre de recherches pétrographiques et géochimiques*. Sciences de la Terre, Tomo XV N° 4: 351 - 393.
- SANTOS OLIVEIRA J. M., 1997: *Algumas reflexões com enfoque na problemática dos riscos ambientais associados à actividade mineira*. Estudos, Notas e Trabalhos, IGM, Tomo 39: 3 - 25.
- SANTOS OLIVEIRA J. M. e ÁVILA P. F., 1995: *Avaliação do impacte químico ambiental provocado por uma exploração mineira. Um caso de estudo na mina de Jales*. Estudos, Notas e Trabalhos, IGM, Tomo 37: 25 - 50.
- SANTOS OLIVEIRA J. M., PEDROSA M. Y., CANTO MACHADO M. J. e ROCHAS SILVA J., 1998: *Impacte ambiental provocado pela actividade mineira. Caracterização da situação junto da Mina de Jales, avaliação dos riscos e medidas de reabilitação*. Actas do V Congresso Nacional de Geologia. Tomo 84; fasc. 2: E74 - E77.
- SCHOELLER H., 1962: *Les Eaux Souterraines*. Ed. Masson & Cie: 642 pp.
- SCOTT S. D. e KISSIN S. A., 1973: *Sphalerite compositions in the Zn-Fe-S system below 300°C*. Econ. Geol. 68: 475 - 479.
- SHEARER C. K., PAPIKE J. J. e JOLLIF B., 1992: *Petrogenetic links among granites and pegmatites in the Harney peak rare-element granite - pegmatite system, Black Hills, South Dakota*. Can. Mineral. 30: 785 - 809.
- SILVA M. C. R., ALMEIDA C. e MUNHÁ J., 1998: *Contaminação Antropogénica por Metais Pesados nos Solos da Várzea de Loures*. Actas do V Congresso Nacional de Geologia, Tomo 84, Fasc. 2: E 98 - E 101.
- SILVA M. M. V. G., 1987: *Geoquímica das rochas graníticas e seus minerais da região de Paredes da beira - Penedono e considerações sobre mineralizações associadas*. Tese para obtenção do grau de mestre no Departamento de Geociências da Fac. de Ciências e Tecnologia da Univ. de Coimbra: 112 pp.
- SPLIDE M. N. e SHEARER C. K., 1992: *A comparison of tantalum - niobium oxide assemblages in two mineralogically distinct rare-element granitic pegmatites, Black Hills, South Dakota*. Can. Mineral. 30: 719 - 737.
- SOUSA M. B. e RAMOS J. M. F., 1987: *Mineralogia e geologia da jazida estanífera de Vale de Figueiras (Covelinhas, Peso da Régua, NE Portugal)*. Mem. e Not. Publ. Mus. Lab. Mineral. e Geol. Univ. Coimbra N° 103: 13 - 32.

- TAYLOR R. P. e FALLICK A. E., 1997: *The evolution of fluorine - rich felsic magmas: source dichotomy magmatic convergence and the origins of topaz granite*. Terra Nova **9** (3): 105 - 108.
- THADEU D., 1951: *Geologia e Jazigos de Chumbo e Zinco da Beira Baixa*. Separata do Bol. da Soc. Geol. de Portugal, vol. IX; 143 pp.
- WALTON N. R. G., 1982: *A detailed hydrogeochemical study of groundwaters from the Triassic sandstone aquifer of south - west England*. Institute of Geological Sciences. Natural Environment Research Council: 1 - 43.
- WISE M. A., 1995: *Trace element chemistry of lithium - rich micas from rare-element granitic pegmatites*. Mineral. Petrol. **55**: 203 - 215.
- WOLF M. B. e LONDON D., 1994: *Apatite dissolution into peraluminous haplogranitic melts: an experimental study of solubilities and mechanism*. Geochim. Cosmochim. Acta **58**: 4127 - 4146.
- XIE X., BYERLY G. R. e FERREL Jr. R. E., 1997: *I1b trioctahedral chlorite from the Barberton greenstone belt: crystal structure and rock composition constraints with implications to geothermometry*. Contrib. Mineral. Petrol. **126**: 275 - 291.
- ZOLLER U., 1994: *Groundwater contamination and control*. USA: Marcel Dekker, Inc.; 241 - 255.

ANEXOS

ANEXO I - COMPOSIÇÕES MODAIS DAS ROCHAS GRANÍTICAS DE SEGURA

Tabela 1 - Composições modais das rochas graníticas de Segura

ANEXO II - COMPOSIÇÕES QUÍMICAS E FÓRMULAS ESTRUTURAIS DAS ROCHAS DE METAMORFISMO DE CONTACTO DE SEGURA

Tabela 1 - Composições químicas e fórmulas estruturais de feldspatos potássicos das rochas metamórficas de contacto da região de Segura

Tabela 2 - Composições químicas e fórmulas estruturais de plagioclase das rochas metamórficas de contacto da região de Segura

Tabela 3 - Composições químicas e fórmulas estruturais de biotite das rochas metamórficas de contacto da região de Segura

Tabela 4 - Composições químicas e fórmulas estruturais de biotite das rochas metamórficas de contacto da região de Segura

Tabela 5 - Composições químicas e fórmulas estruturais de moscovite das rochas metamórficas de contacto da região de Segura

Tabela 6 - Composições químicas e fórmulas estruturais de moscovite das rochas metamórficas de contacto da região de Segura

Tabela 7 - Composições químicas e fórmulas estruturais de ilmenite das rochas metamórficas de contacto da região de Segura

ANEXO III - COMPOSIÇÕES QUÍMICAS E FÓRMULAS ESTRUTURAIS DOS SULFURETOS DA REGIÃO DE SEGURA

Tabela 1 a 10 - Composições químicas e fórmulas estruturais de sulfuretos da região de Segura

ANEXO IV - COMPOSIÇÕES QUÍMICAS E FÓRMULAS ESTRUTURAIS DOS PRODUTOS DE ALTERAÇÃO DOS SULFURETOS DA REGIÃO DE SEGURA

Tabela 1 - Composições químicas e fórmulas estruturais dos produtos de alteração dos sulfuretos dos filões de quartzo mineralizados da região de Segura

ANEXO V - ANÁLISES QUÍMICAS DAS ÁGUAS DA REGIÃO DE SEGURA

Tabela 1 - Cálculo de erros de fecho para as águas da região de Segura

Tabela 2 - Valores de residuo seco calculado para as águas de Segura

ANEXO VI - CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DA REGIÃO DE SEGURA

Tabela 1 - Valores para projecção no diagrama de Piper

Tabela 2 - Razões iónicas obtidas nas águas da Segura para a classificação de Schoeller

Tabela 3 - Valores obtidos nas águas de Segura para a classificação de Souliné

Tabela 4 - Valores obtidos nas águas de Segura para a classificação de Al-Ruwaih

Tabela 5 - Matriz dos coeficientes de correlação de Spearman para as águas da região de Segura

Tabela 1 - Composições modais das rochas graníticas de Segura

	a					b												
Quartzo	48.1	34.8	48.7	49.7	40.8	35.6	36.9	42.7	36.4	33.5	31.4	28.8	26.4	26.2	25.2	24.9	34.4	
K feldspato	16.4	19.2	17.5	22.5	21.0	15.6	29.2	23.9	10.5	7.2	10.3	27.4	14.1	16.9	23.5	9.2	13.2	16.6
Plagioclase	24.6	38.3	21.3	20.5	29.6	25.6	26.2	23.4	43.3	42.8	44.2	26.1	59.7	36.5	31.8	54.8	51.5	37.0
Biotite	5.8	1.7	0.6	1.9	3.4	5.2	2.5	0.3	0.6	0.1	0.6	0.7	-	-	-	-	0.1	-
Clorite	0.2	0.6	0.9	0.8	2.1	1.4	2.2	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	0.4	-
Moscovite	3.3	1.8	3.6	2.8	1.9	5.3	3.0	9.7	9.2	16.4	9.4	14.4	17.4	20.2	18.5	10.7	10.3	11.6
Mica branca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Turmalina	3.3	3.6	7.3	1.8	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfuretos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Outros	-	-	0.1	-	-	11.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	c					d						
Quartzo	28.1	31.4	19.3	27.7	28.1	32.5	31.1	31.7	30.3	30.0	30.7	32.5
K feldspato	11.8	11.3	13.5	11.8	11.8	26.3	22.6	26.0	33.1	24.4	27.9	24.9
Plagioclase	27.0	23.8	31.5	26.3	27.0	24.9	26.6	23.8	16.7	21.2	21.7	26.3
Biotite	24.1	26.0	21.8	26.8	24.1	14.3	-	-	-	-	-	-
Clorite	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moscovite	-	-	-	-	-	-	16.9	15.3	13.7	24.3	15.3	14.3
Mica branca	-	-	-	-	-	-	1.1	-	4.8	-	2.8	-
Turmalina	-	-	-	-	-	-	1.7	3.2	1.4	0.1	1.6	2.0
Sulfuretos	9.0	7.5	13.9	7.4	9.0	2.0	-	-	-	-	-	-
Outros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

a. Granito de duas micas; b. granito moscovítico; c. pórfiro granodiorítico; d. aplito granítico. Sulfuretos: pirite e cobaltite. Outros: silimanite e rútilo. - mineral não encontrado. Composições modais de I. M. H. R. Antunes.

Tabela 1 - Composições químicas e fórmulas estruturais de feldspato potássico das rochas metamórficas de contacto da região de Segura

FELDSPATO POTÁSSICO

	1 f	2 f	3 f	4 f	5 f	6 f
SiO ₂	48,52	47,91	48,32	48,22	48,12	48,42
TiO ₂	0,38	0,32	0,55	0,35	0,44	0,47
Al ₂ O ₃	38,14	38,71	38,41	38,43	38,56	38,20
FeO	1,08	0,93	1,04	1,01	0,99	1,06
MnO	0,15	0,03	0,04	0,09	0,04	0,1
MgO	0,72	0,53	0,64	0,63	0,59	0,68
BaO	0,17	0,3	0,1	0,24	0,2	0,14
CaO	-	-	0,02	-	0,01	0,01
Na ₂ O	0,59	0,66	0,75	0,63	0,71	0,67
K ₂ O	10,51	10,54	10,64	10,53	10,59	10,58
P ₂ O ₅	0,02	-	0,01	0,01	-	0,02
TOTAL	100,28	99,93	100,52	100,14	100,25	100,43
Número de iões na base 32(O)						
Si	8,869	8,821	8,844	8,857	8,832	8,868
Al	8,242	8,401	8,287	8,321	8,342	8,264
P	0,003	-	0,002	0,002	-	0,003
Ti	0,052	0,044	0,076	0,048	0,061	0,065
Mg	0,197	0,146	0,175	0,173	0,162	0,186
Fe	0,166	0,143	0,159	0,155	0,152	0,162
Mn	0,023	0,005	0,006	0,014	0,006	0,016
Na	0,211	0,236	0,266	0,224	0,253	0,238
Ca	-	-	0,004	-	0,002	0,002
K	2,458	2,476	2,485	2,468	2,481	2,472
Ba	0,012	0,022	0,007	0,017	0,014	0,011
Z	17,58	17,56	17,55	17,57	17,56	17,56
X	2,68	2,73	2,76	2,71	2,75	2,72
Or	92,1	91,3	90,2	91,7	90,7	91,1
Ab	7,9	8,7	9,7	8,3	9,2	8,8
An	-	-	0,1	-	0,1	0,1

- valor abaixo do limite de detecção. Or - teor de ortoclase;
Ab - teor de albite; An - teor de anortite.
Analista: I. M. H. R. Antunes.

Tabela 2 - Composições químicas e fórmulas estruturais de plagioclase das rochas metamórficas de contacto da região de Segura

PLAGIOCLASE DE

Micaxisto

	1 mp	2 mp	3 mp	4 mp	5 mp	6 mp
SiO ₂	58,17	58,92	59,15	60,5	68,49	65,41
TiO ₂	-	-	-	-	0,03	0,12
Al ₂ O ₃	19,61	19,27	19,04	19,46	19,17	20,11
FeO	0,17	0,13	0,19	0,07	0,17	1,91
MgO	0,05	-	0,02	0,03	0,02	0,53
MnO	0,08	0,05	-	0,04	-	0,01
BaO	0,00	-	-	-	-	0,11
CaO	0,19	0,06	0,21	0,18	0,18	0,94
Na ₂ O	11,48	11,70	11,53	11,55	11,57	10,55
K ₂ O	0,04	0,01	0,04	0,03	0,05	0,44
P ₂ O ₅	0,03	0,01	0,04	-	0,05	0,22
TOTAL	99,82	100,15	100,22	99,88	99,73	100,35
	Número de íons na base 32(O)					
Si	11,935	12,019	12,048	11,931	12,001	11,565
Al	0,048	0,061	0,071	0,072	0,071	0,091
P	0,004	0,002	0,006	-	0,007	0,033
Ti	-	-	-	-	0,004	0,016
Mg	0,013	-	0,005	0,008	0,005	0,141
Fe	0,005	0,015	0,023	0,011	0,025	0,282
Mn	0,012	0,007	-	0,008	-	0,002
Na	3,806	3,955	3,895	3,917	3,931	3,617
Ca	0,036	0,011	0,039	0,034	0,034	0,178
K	0,009	0,002	0,009	0,011	0,011	0,099
Ba	-	-	-	-	-	0,008
Z	16,04	16,01	16,00	16,02	16,00	16,23
X	3,94	3,97	3,94	3,96	3,98	3,90
Ab	98,9	99,5	98,8	98,9	98,9	92,9
An	0,9	0,3	1	0,8	0,9	1,6
Or	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	2,5

Comeana

	1 cp	2 cp	3 cp	4 cp	5 cp	6 cp	7 cp	8 cp	9 cp	10 cp	11 cp	12 cp
SiO ₂	58,52	58,25	58,51	58,8	59,97	59,31	59,34	59,84	58,55	55,48	66,76	66,81
TiO ₂	0,02	-	-	-	0,04	-	0,06	-	-	-	-	-
Al ₂ O ₃	19,52	19,33	19,57	19,51	18,92	19,22	19,24	19,4	20,09	21,41	20,98	20,89
FeO	0,06	0,22	0,04	-	0,04	0,12	0,02	0,02	0,08	0,09	0,11	0,51
MgO	-	0,02	0,05	0,04	0,03	0,01	0,02	-	0,02	-	-	0,31
MnO	0,02	-	-	0,02	-	-	0,10	-	-	-	0,02	0,01
BaO	0,03	0,15	-	-	0,04	0,05	-	-	0,04	-	-	0,01
CaO	0,70	0,59	0,44	0,62	0,03	0,56	0,54	0,47	1,11	1,98	1,79	1,49
Na ₂ O	11,47	11,46	11,54	11,43	11,38	11,60	10,53	10,56	10,21	11,42	9,95	10,63
K ₂ O	0,04	0,02	-	0,04	0,05	0,01	0,03	0,06	0,05	0,06	0,07	0,04
P ₂ O ₅	0,01	0,14	0,04	-	-	-	-	-	0,05	-	0,10	-
TOTAL	100,39	100,18	100,28	100,40	100,40	100,20	100,08	100,45	100,30	100,44	99,79	100,39
	Número de íons na base 32(O)											
Si	11,944	11,934	11,954	11,969	12,129	12,058	12,065	12,089	11,929	11,505	11,703	11,687
Al	4,011	3,984	4,019	4,001	3,866	3,941	3,946	3,958	4,115	4,434	4,335	4,307
P	0,002	0,021	0,006	-	-	-	-	-	0,007	-	0,015	0,009
Ti	0,003	-	-	-	0,005	-	0,008	-	-	-	-	-
Mg	-	0,005	0,011	0,011	0,008	0,003	0,005	-	0,005	-	-	0,003
Fe	0,009	0,032	0,006	-	0,006	0,018	0,003	0,012	0,012	0,013	0,016	0,075
Mn	0,003	-	-	0,003	-	-	0,015	-	-	-	0,003	0,002
Na	3,877	3,886	3,899	3,856	3,625	3,711	3,597	3,578	3,441	3,891	3,382	3,606
Ca	0,131	0,111	0,082	0,116	0,006	0,104	0,101	0,087	0,207	-	0,336	0,279
K	0,009	0,005	-	0,009	0,011	0,002	0,007	0,013	0,011	0,014	0,016	0,009
Ba	0,002	0,011	-	-	0,003	0,003	-	-	0,003	-	-	-
Z	15,97	15,98	16,00	15,98	16,01	16,01	16,06	16,05	16,07	15,95	16,07	16,08
X	4,02	4,01	3,98	3,98	3,85	3,82	0,11	3,68	3,66	3,91	3,74	3,89
Ab	96,5	97,1	97,9	96,9	98,6	97,2	97,1	97,3	94,1	91	90,6	92,6
An	3,3	2,8	2,1	2,9	0,1	2,7	2,7	2,4	5,6	8,7	8	7,2
Or	0,2	0,1	-	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,2

- Valor abaixo do limite de detecção. Ab - teor de albite; An - teor de anortite; Or - teor de ortoclase.
 Analista: I. M. H. R. Antunes.

Tabela 3 - Composições químicas e fórmulas estruturais de biotite das rochas metamórficas de contacto da região de Segura

BIOTITE DE

Micaxisto

	mb 1	mb 2	mb 3	mb 4	mb 5	mb 6	mb 7	mb 8	mb 9	mb 10	mb 11	mb 12	mb 13	mb 14	mb 15	mb 16	mb 17	mb 18	mb 19	mb 20	mb 21	mb 22								
SiO2	36,65	34,22	33,54	32,19	35,43	33,58	36,06	34,60	33,55	32,62	33,46	39,60	41,94	34,07	38,80	33,75	33,79	33,78	30,57	33,24	32,74	32,91								
TiO2	1,47	2,61	2,35	2,16	1,29	2,56	2,35	2,50	2,61	1,60	0,67	0,02	0,06	0,03	0,06	0,13	0,85	0,85	0,64	0,68	2,53	1,80								
Al2O3	23,66	18,80	17,67	19,14	22,24	16,60	18,13	19,34	20,66	23,39	20,50	27,33	30,77	25,84	28,56	20,91	19,80	19,85	20,97	20,59	20,23	20,49								
Cr2O3	0,00	0,00	0,12	-	-	-	-	0,07	0,09	0,18	-	0,06	-	-	-	-	0,13	0,05	0,00	0,09	0,02	0,00								
FeO	16,27	21,73	20,68	23,59	17,65	23,19	21,29	22,40	21,78	20,58	23,90	12,33	7,85	19,57	12,00	22,97	23,27	23,42	25,47	22,65	23,54	23,29								
MnO	0,05	0,10	-	0,13	0,10	0,03	0,09	0,17	0,19	0,05	0,26	0,13	-	0,16	0,07	0,36	0,22	0,13	0,28	0,25	0,17	0,28								
MgO	6,11	8,24	7,92	8,42	7,90	7,84	8,48	8,05	9,72	10,33	5,38	3,10	2,15	4,40	3,19	5,48	5,27	5,52	5,32	5,04	4,36	4,74								
CaO	-	0,01	-	0,03	0,03	-	-	-	-	0,05	0,02	0,02	0,01	-	0,01	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00								
BaO	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00								
Mg2O	0,19	0,07	0,11	0,06	0,13	0,07	0,12	0,51	0,10	0,09	0,10	0,14	0,34	0,27	0,22	0,04	0,06	0,03	0,07	0,07	0,02	0,07								
ZnO	0,02	0,05	0,23	7,18	7,50	7,55	8,19	6,75	5,79	3,44	8,59	9,54	8,78	4,81	6,78	8,75	8,53	8,43	5,29	8,63	7,93	7,61								
F	-	0,29	0,50	0,32	0,07	-	0,29	0,43	0,51	0,45	1,18	1,18	1,13	-	1,04	0,96	1,16	1,04	0,78	1,12	1,16	1,27								
Total	92,95	94,12	91,12	93,22	92,34	93,30	95,00	94,82	94,40	92,20	95,53	93,45	93,03	89,74	90,83	93,37	93,08	93,16	90,45	92,35	92,72	92,46								
										Número de O's calculado na base de 11 (O)																				
Si	2,750	2,654	2,688	2,604	2,711	2,644	2,754	2,651	2,562	2,491	2,646	2,869	2,861	2,671	2,856	2,661	2,677	2,673	2,506	2,649	2,603	2,614								
Al(IV)	1,241	1,346	1,312	1,396	1,291	1,356	1,246	1,351	1,438	1,509	1,352	1,111	1,041	1,331	1,144	1,339	1,323	1,327	1,494	1,351	1,397	1,386								
Z	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4								
Al(IV)	0,885	0,373	0,358	0,374	0,716	0,377	0,386	0,397	0,367	0,597	0,561	1,239	1,519	1,057	1,344	0,605	0,326	0,525	0,533	0,303	0,501	0,533								
Ti	0,083	0,152	0,142	0,127	0,074	0,141	0,135	0,144	0,151	0,057	0,004	0,001	0,003	0,002	0,003	0,008	0,051	0,051	0,039	0,041	0,151	0,108								
Cr	-	-	0,009	-	-	-	-	-	0,004	0,005	0,011	-	0,003	-	0,004	-	0,008	0,003	-	0,006	0,001	-								
Fe	1,024	1,411	1,366	1,482	1,129	1,527	1,361	1,435	1,319	1,315	1,582	0,752	0,463	1,283	0,738	1,515	1,542	1,551	1,815	1,511	1,563	1,547								
Mn	0,003	0,007	-	0,008	0,006	0,002	0,006	0,011	0,012	0,003	0,017	0,008	-	0,012	0,004	0,035	0,015	0,009	0,019	0,017	0,011	0,019								
Mg	0,635	0,952	0,946	0,985	0,901	0,92	0,955	0,919	1,106	1,176	0,635	0,337	0,226	0,514	0,351	0,644	0,622	0,651	0,651	0,599	0,517	0,561								
Y	2,68	2,89	2,84	2,98	2,83	2,97	2,85	2,91	3,03	3,16	2,80	2,34	2,21	2,87	2,44	2,80	2,76	2,79	3,06	2,75	2,75	2,77								
Ca	-	0,001	-	0,003	0,002	-	-	-	-	0,004	0,002	0,002	0,001	-	0,001	-	-	-	-	-	-	-								
Ba	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	0,002	-	-	-	-	-	-	-	0,002	0,002	-	-	-								
Na	0,057	0,011	0,017	0,008	0,019	0,011	0,018	0,076	0,015	0,013	0,015	0,021	0,047	0,041	0,031	0,006	0,009	0,005	0,011	0,011	0,003	0,011								
X	0,771	0,797	0,842	0,719	0,732	0,738	0,799	0,661	0,564	0,385	0,566	0,888	0,791	0,431	0,637	0,881	0,862	0,851	0,553	0,877	0,804	0,771								
X	0,83	0,81	0,86	0,73	0,75	0,77	0,82	0,74	0,58	0,35	0,89	0,91	0,84	0,52	0,67	0,89	0,87	0,86	0,57	0,89	0,81	0,78								
F	-	0,071	0,127	0,079	0,017	-	0,071	0,104	0,123	0,111	0,295	0,272	0,252	-	0,242	0,239	0,291	0,261	0,202	0,282	0,282	0,319								
a	0,5932	0,5971	0,5943	0,5971	0,5962	0,624	0,5851	0,5995	0,5839	0,5275	0,5116	0,6905	0,672	0,714	0,678	0,7017	0,7126	0,7044	0,736	0,7161	0,7517	0,7339								

- Valor abaixo do limite de detecção. a. razão Fe/Mg.

Analista: I. M. H. R. Antunes.

Tabela 4 - Composições químicas e fórmulas estruturais de biotite das rochas metamórficas de contacto da região de Segura

BIOTITE DE

Comeana

	bc 1	bc 2	bc 3	bc 4	bc 5	bc 6	bc 7	bc 8	bc 9	bc 10	bc 11	bc 12	bc 13	bc 14	bc 15	bc 16	bc 17	bc 18	bc 19	bc 20	bc 21	bc 22	bc 23	bc 24	bc 25
SiO ₂	37,41	34,33	36,76	35,96	35,09	35,52	34,06	33,76	33,45	34,41	34,21	35,38	33,41	34,13	34,25	34,69	32,54	26,71	38,09	31,29	46,12	34,32	33,86	33,14	31,73
TiO ₂	2,91	2,44	2,31	2,75	2,65	3,17	2,60	2,63	3,07	2,79	2,26	2,50	2,14	1,78	2,32	2,18	0,88	0,93	1,54	1,06	0,01	1,04	2,16	2,74	2,18
Al ₂ O ₃	19,21	19,77	19,82	19,29	18,97	18,57	19,70	19,13	18,84	18,84	19,26	18,85	19,07	19,28	18,61	18,87	20,11	22,26	24,88	22,04	31,11	20,39	19,17	18,89	19,08
Cr ₂ O ₃	0,12	0,10	-	0,12	0,04	0,05	0,16	0,04	-	0,02	0,08	-	0,06	0,11	0,00	-	-	-	0,02	0,12	-	0,12	0,01	0,06	0,05
FeO	20,12	21,43	19,22	20,38	20,79	20,32	20,61	20,55	20,88	20,82	20,68	18,38	20,06	19,27	20,30	20,52	22,30	23,15	14,26	21,85	5,45	20,26	20,39	20,76	21,13
MnO	0,15	0,07	0,18	-	0,11	0,09	-	0,02	0,17	0,09	0,02	0,03	0,07	0,15	-	0,09	0,13	0,22	0,06	0,10	-	0,09	0,17	0,00	0,12
MgO	8,43	8,93	8,82	8,43	8,77	8,35	8,48	8,50	8,73	8,43	8,08	8,18	8,58	8,55	9,19	8,64	10,91	14,73	5,75	11,64	3,03	9,54	9,31	8,85	9,64
CaO	0,03	0,00	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BaO	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ₂ O	0,10	0,13	0,55	0,23	0,21	0,72	0,09	0,07	0,08	0,17	0,14	0,93	0,08	0,12	0,15	0,15	0,11	-	0,77	0,08	1,11	0,11	0,13	0,14	0,07
K ₂ O	8,80	7,87	8,15	8,50	8,26	8,69	8,57	8,12	8,40	7,82	9,08	8,81	8,79	8,91	8,87	9,00	6,65	1,06	6,75	3,41	8,02	8,81	8,56	7,94	7,60
F	0,56	0,16	-	-	0,23	0,16	-	0,04	0,08	0,44	0,12	0,12	0,16	0,20	0,16	-	-	0,19	0,22	0,00	0,15	0,72	0,52	0,20	0,28
Total	97,84	95,51	95,08	95,66	95,18	96,14	94,47	93,22	93,91	93,97	94,39	94,28	93,48	93,56	93,89	94,15	93,85	89,31	92,69	91,84	95,95	96,04	93,96	93,18	91,88
Si	2,753	2,628	2,775	2,717	2,676	2,747	2,624	2,634	2,606	2,642	2,774	2,608	2,648	2,56	2,686	2,527	2,149	2,809	2,432	3,094	2,595	2,625	2,592	2,592	2,529
Al(IV)	1,247	1,372	1,225	1,283	1,324	1,253	1,376	1,366	1,394	1,341	1,358	1,226	1,332	1,332	1,34	1,314	1,473	1,851	1,191	1,568	0,906	1,405	1,374	1,408	1,471
Z	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Al(IV)	0,42	0,402	0,449	0,436	0,382	0,394	0,413	0,393	0,346	0,375	0,395	0,469	0,303	0,411	0,364	0,409	0,368	0,261	0,972	0,451	1,555	0,431	0,378	0,335	0,321
Ti	0,161	0,141	0,131	0,156	0,152	0,179	0,162	0,166	0,18	0,162	0,133	0,143	0,126	0,104	0,135	0,127	0,051	0,056	0,085	0,062	0,001	0,093	0,126	0,161	0,131
Cr	0,007	0,006	-	0,007	0,002	0,003	0,011	0,002	-	0,001	0,005	-	0,004	0,007	-	-	-	-	0,001	0,007	-	0,007	0,001	0,004	0,003
Fe	1,238	1,364	1,213	1,288	1,326	1,278	1,328	1,347	1,351	1,345	1,297	1,172	1,312	1,25	1,318	1,329	1,448	1,557	0,881	1,421	0,306	1,218	1,222	1,358	1,408
Mn	0,009	0,005	0,012	-	0,007	0,005	-	0,001	0,011	0,006	0,001	0,002	0,005	0,011	-	0,006	0,009	0,015	0,004	0,007	-	0,006	0,011	-	0,008
Mg	0,925	1,013	0,992	0,949	0,997	0,936	0,974	0,995	1,073	0,971	1,045	0,931	1,114	1,104	1,064	0,937	1,262	1,766	0,742	1,348	0,303	1,073	1,076	1,032	1,145
Y	2,76	2,93	2,80	2,84	2,87	2,80	2,89	2,91	2,91	2,86	2,87	2,72	2,92	2,89	2,88	2,87	3,14	3,65	2,68	3,29	2,16	2,89	2,91	2,89	3,02
Ca	0,002	-	0,001	-	-	-	-	-	-	0,003	-	0,003	-	0,002	-	0,001	0,002	0,003	-	0,003	0,014	-	-	-	0,002
Ba	0,002	-	-	-	-	-	-	-	-	0,002	-	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	-	-	0,002	0,002	0,005	0,001	-	0,001	-
Na	0,014	0,019	0,085	0,034	0,031	0,032	0,013	0,011	0,012	0,025	0,021	0,138	0,012	0,018	0,023	0,023	0,017	-	0,039	0,012	0,144	0,016	0,021	0,021	0,011
K	0,626	0,764	0,785	0,819	0,804	0,834	0,842	0,808	0,835	0,781	0,894	0,657	0,875	0,882	0,879	0,869	0,659	0,109	0,635	0,336	0,685	0,851	0,847	0,792	0,773
X	0,84	0,79	0,88	0,85	0,84	0,87	0,86	0,82	0,85	0,81	0,92	1,00	0,89	0,90	0,90	0,91	0,68	0,11	0,68	0,36	0,85	0,87	0,87	0,82	0,78
F	0,131	0,039	0,038	-	0,068	0,038	-	0,011	0,021	0,108	0,029	0,029	0,039	0,049	0,039	-	0,047	0,055	-	0,037	0,153	0,124	0,048	0,148	0,071
Σ	0,57	0,57	0,55	0,58	0,57	0,58	0,58	0,57	0,57	0,58	0,55	0,56	0,54	0,53	0,55	0,57	0,53	0,47	0,54	0,51	0,50	0,53	0,55	0,57	0,55

- Valor abaixo do limite de detecção. a. razão Fe/Mg.

Analista: I. M. H. R. Antunes.

Tabela 5 - Composições químicas e fórmulas estruturais de moscovite das rochas metamórficas de contacto da região de Segura

MOSCOVITE DE MICAXISTO

	mm 1	mm 2	mm 3	mm 4	mm 5	mm 6	mm 7	mm 8	mm 9	mm10	mm11	mm12	mm13	mm14	mm15	mm16	mm17	mm18	mm19
SiO ₂	46,02	45,38	44,78	44,82	45,35	46,31	44,55	46,19	52,00	45,73	46,13	46,34	46,05	46,93	45,90	59,75	64,76	46,58	47,52
TiO ₂	0,40	0,73	0,41	1,32	0,54	1,05	0,14	-	0,44	0,54	0,13	0,22	0,03	0,07	0,43	0,07	0,27	0,33	0,45
Al ₂ O ₃	35,60	35,60	35,64	34,29	35,35	34,99	34,23	29,99	32,12	35,59	35,76	35,38	30,10	35,46	35,52	28,63	25,57	36,92	34,88
Cr ₂ O ₃	0,07	-	0,01	0,06	0,01	-	-	-	0,15	0,05	-	-	-	0,03	0,07	-	0,03	0,03	0,00
FeO	1,24	1,03	1,68	1,10	1,21	1,04	1,41	5,70	0,98	1,58	1,84	1,14	5,04	1,17	0,95	0,83	0,80	0,92	0,91
MnO	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	0,05	0,03	0,02	0,02	-	-	0,00	0,06	0,04
MgO	0,57	0,52	0,74	0,52	0,87	0,49	0,69	4,49	0,51	0,62	0,99	0,58	4,26	0,68	0,62	0,53	0,40	0,47	0,49
CaO	-	-	-	-	-	-	0,02	0,02	-	0,01	-	0,03	0,01	-	-	0,04	0,00	0,02	-
BaO	0,35	0,32	0,12	0,03	0,19	0,45	0,33	-	0,08	-	0,30	0,10	0,11	0,20	0,07	0,25	0,12	0,23	0,25
Na ₂ O	0,91	0,93	0,85	0,84	0,89	0,94	1,01	0,42	1,13	0,86	1,03	0,84	0,23	1,02	1,03	0,83	0,90	0,93	1,13
K ₂ O	9,27	9,23	9,68	9,31	8,69	9,14	7,65	7,93	8,43	9,66	9,16	9,63	9,06	9,47	9,42	7,39	6,76	9,54	8,70
F	-	-	-	0,34	0,17	0,04	-	0,04	0,14	0,14	-	-	0,14	0,14	0,05	0,14	0,14	0,05	-
Total	94,43	93,74	93,01	94,03	96,32	94,45	90,03	94,78	95,98	94,80	95,39	94,29	95,05	95,19	94,06	98,46	99,75	96,08	94,37
Número de íões calculado na base de 11 (O)																			
Si	3,077	3,056	3,026	3,056	3,058	3,094	3,101	3,128	3,366	3,053	3,062	3,101	3,122	3,109	3,075	3,701	3,916	3,056	3,115
Al ^{IV}	0,923	0,944	0,974	0,944	0,942	0,906	0,901	0,872	0,634	0,947	0,938	0,901	0,878	0,891	0,925	0,299	0,084	0,944	0,885
Z	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Al ^{VI}	1,884	1,882	1,866	1,812	1,868	1,851	1,909	1,523	1,817	1,854	1,861	1,891	1,528	1,878	1,881	1,791	1,739	1,911	1,886
Ti	0,021	0,037	0,021	0,068	0,027	0,053	0,007	-	0,021	0,027	0,006	0,011	0,002	0,003	0,022	0,003	0,012	0,016	0,022
Cr	0,004	-	0,001	0,003	0,001	-	-	-	0,008	0,003	-	-	-	0,002	0,004	-	0,001	0,002	-
Fe	0,069	0,058	0,095	0,063	0,068	0,058	0,082	0,323	0,053	0,088	0,102	0,064	0,286	0,065	0,053	0,043	0,041	0,051	0,051
Mn	-	-	-	-	0,002	-	-	-	-	-	0,003	0,002	0,001	0,001	-	-	-	0,003	0,002
Mg	0,057	0,052	0,075	0,053	0,087	0,049	0,072	0,453	0,049	0,062	0,098	0,058	0,431	0,067	0,062	0,049	0,036	0,046	0,048
Y	0,92	0,92	0,95	0,92	0,87	0,91	0,83	0,74	0,84	0,94	0,92	0,94	0,82	0,94	0,94	0,69	0,63	0,92	0,89
Ca	-	-	-	-	-	-	0,001	0,001	-	0,001	-	0,002	0,001	-	-	0,003	-	0,001	-
Ba	0,009	0,008	0,003	0,001	0,005	0,012	0,009	-	0,002	-	0,008	0,003	0,003	0,005	0,002	0,006	0,003	0,006	0,007
Na	0,118	0,121	0,111	0,111	0,116	0,122	0,136	0,055	0,142	0,114	0,133	0,109	0,031	0,131	0,134	0,101	0,106	0,118	0,145
K	0,791	0,793	0,835	0,811	0,748	0,779	0,679	0,685	0,696	0,823	0,776	0,822	0,784	0,801	0,805	0,584	0,522	0,798	0,737
X	0,92	0,92	0,95	0,92	0,87	0,91	0,83	0,74	0,84	0,94	0,92	0,94	0,82	0,94	0,94	0,69	0,63	0,92	0,89
F	-	-	-	0,073	0,036	0,008	-	0,009	0,029	0,031	-	-	0,031	0,029	0,011	0,027	0,027	0,011	-
a	0,13	0,11	0,17	0,12	0,16	0,11	0,15	0,78	0,10	0,15	0,20	0,12	0,72	0,13	0,12	0,09	0,08	0,10	0,10
b	12,98	13,24	11,73	12,04	13,43	13,54	16,69	7,43	16,95	12,17	14,63	11,71	3,80	14,06	14,27	14,74	16,88	12,88	16,44

- valor abaixo do limite de detecção. a. Fe+Mg; b. 100Na/(Na+K)

Analista: I. M. H. R. Antunes.

Tabela 6 - Composições químicas e fórmulas estruturais de moscovite das rochas metamórficas de contacto da região de Segura

MOSCOVITE DE CORNEANA

	mc1	mc 2	mc 3	mc 4	mc 5	mc 6	mc 7	mc 8	mc 9	mc 10	mc 11	mc 12	mc13	mc 14	mc 15	mc 16
SiO ₂	45,97	46,34	46,54	46,29	47,74	46,84	46,65	47,01	46,72	46,89	46,80	46,41	46,05	46,12	45,40	45,41
TiO ₂	0,87	0,58	0,63	0,51	0,34	0,93	0,64	0,45	0,45	1,14	0,70	0,29	0,82	0,55	0,32	0,32
Al ₂ O ₃	35,57	35,88	34,83	35,11	35,49	34,88	33,97	34,54	35,08	34,45	34,58	36,62	35,18	35,90	35,31	35,35
Cr ₂ O ₃	0,09	0,02	-	-	0,11	0,12	0,05	0,11	0,14	-	0,08	-	0,08	0,07	0,02	0,01
FeO	0,79	0,69	0,86	0,81	1,16	0,80	0,88	1,06	0,86	0,81	0,86	0,97	1,22	0,87	1,73	2,10
MnO	-	-	0,01	-	-	0,03	0,03	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-
MgO	0,57	0,53	0,56	0,57	0,66	0,53	0,56	0,59	0,64	0,53	0,58	0,60	0,53	0,50	0,95	1,03
CaO	-	-	0,02	0,01	-	-	0,03	0,02	-	-	0,01	0,04	-	-	0,03	-
BaO	0,21	0,11	0,16	0,07	0,40	0,24	0,25	0,10	0,12	0,08	0,01	0,26	0,16	0,01	0,33	0,11
Na ₂ O	0,86	0,81	0,83	0,83	0,80	0,71	0,79	0,73	0,81	0,68	0,85	0,79	0,70	0,64	0,85	0,79
K ₂ O	9,19	9,50	10,11	9,83	9,57	9,45	9,85	9,76	9,25	9,44	9,52	10,24	10,14	9,85	9,62	9,45
F	-	-	-	-	0,05	-	0,09	-	0,60	0,23	0,14	-	-	0,37	0,18	0,28
Total	94,12	94,46	94,55	94,03	96,32	94,53	93,79	94,37	94,7	94,25	94,13	96,22	94,88	94,97	94,74	94,65
	Número de íões calculado na base de 11(O) oxigénios															
Si	3,073	3,084	3,112	3,103	3,127	3,119	3,142	3,141	3,102	3,127	3,127	3,054	3,076	3,063	3,045	3,038
Al ^{IV}	0,927	0,916	0,888	0,897	0,873	0,881	0,858	0,861	0,898	0,873	0,873	0,946	0,924	0,937	0,955	0,962
Z	4	4	4	4	4	4	4	4,002	4	4	4	4	4	4	4	4
Al ^{VI}	1,876	1,899	1,857	1,878	1,867	1,857	1,841	1,861	1,847	1,835	1,851	1,895	1,847	1,874	1,837	1,827
Ti	0,044	0,029	0,032	0,026	0,017	0,047	0,032	0,023	0,022	0,057	0,035	0,014	0,041	0,027	0,016	0,016
Cr	0,005	0,001	-	-	0,006	0,006	0,003	0,006	0,007	-	0,004	-	0,004	0,004	0,001	0,001
Fe	0,044	0,038	0,048	0,045	0,064	0,045	0,051	0,059	0,048	0,045	0,048	0,053	0,068	0,048	0,097	0,118
Mn	-	-	0,001	-	-	0,002	0,002	-	0,002	-	-	-	-	-	-	-
Mg	0,057	0,053	0,056	0,057	0,064	0,053	0,056	0,059	0,063	0,053	0,058	0,059	0,053	0,049	0,095	0,103
Y	2,03	2,02	1,99	2,01	2,02	2,01	1,99	2,01	1,99	1,99	2,00	2,02	2,01	2,00	2,05	2,07
Ca	-	-	0,001	0,001	-	-	0,002	0,001	-	-	0,001	0,003	-	-	0,002	-
Ba	0,006	0,003	0,004	0,002	0,011	0,006	0,007	0,003	0,003	0,002	-	0,007	0,004	0,003	0,009	0,003
Na	0,111	0,105	0,108	0,108	0,102	0,092	0,103	0,095	0,104	0,088	0,111	0,101	0,091	0,082	0,111	0,102
K	0,784	0,807	0,862	0,841	0,801	0,803	0,846	0,832	0,783	0,803	0,812	0,861	0,864	0,835	0,823	0,807
X	0,90	0,92	0,98	0,95	0,91	0,90	0,96	0,93	0,89	0,89	0,92	0,97	0,96	0,92	0,95	0,91
F	-	-	-	-	-	-	0,019	-	0,126	0,049	0,031	-	-	0,078	0,038	0,059
a	0,10	0,09	0,10	0,10	0,13	0,10	0,11	0,12	0,11	0,10	0,11	0,11	0,12	0,10	0,19	0,22
b	12,40	11,51	11,13	11,38	11,30	10,28	10,85	10,25	11,72	9,88	12,03	10,50	9,53	8,94	11,88	11,22

- valor abaixo do limite de detecção. a. Fe+Mg; b. 100Na/(Na+K)

Analista: I. M. U. R. Antunes.

Tabela 7 - Composições químicas e fórmulas estruturais de ilmenite das rochas metamórficas de contacto da região de Segura

ILMENITE DA CORNEANA

	ilm 1	ilm 2	ilm 3	ilm 4	ilm 5	ilm 6	ilm 7	ilm 8	ilm 9	ilm 10	ilm 11	ilm 12	
TiO ₂	54,06	53,79	54,12	53,55	53,31	54,14	52,44	52,01	53,55	54,06	53,79	54,35	
SiO ₂	0,07	0,03	-	0,01	0,10	0,06	0,08	0,07	0,01	0,07	0,03	-	
Cr ₂ O ₃	-	-	0,02	0,06	0,01	-	-	-	0,06	-	-	0,02	
Al ₂ O ₃	-	-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	
FeO	44,06	43,23	42,72	44,10	43,94	42,77	43,60	44,72	44,10	44,06	43,23	42,50	
MnO	2,29	2,53	2,60	1,76	2,12	2,47	3,36	2,79	1,76	2,29	2,53	2,59	
MgO	-	0,08	0,04	0,04	0,06	0,07	0,03	-	0,04	-	0,08	0,04	
CaO	-	0,07	-	0,00	0,02	0,06	-	-	-	-	0,07	-	
Total	100,48	99,73	99,50	99,52	99,56	99,57	99,51	99,59	99,52	100,48	99,73	99,50	
				Número de lões calculado na base de 6 (O)									
Ti	2,029	2,032	2,045	2,031	2,021	2,043	1,999	1,987	2,031	2,029	2,032	2,051	
Si	0,004	0,002	-	0,001	0,005	0,003	0,004	0,004	0,001	0,004	0,002	-	
Cr	-	-	0,001	0,002	-	-	-	-	0,002	-	-	0,001	
Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fe	1,838	1,816	1,795	1,858	1,852	1,794	1,848	1,899	1,858	1,838	1,816	1,783	
Mg	-	0,006	0,003	0,003	0,005	0,005	0,002	-	0,003	-	0,06	0,003	
Mn	0,097	0,108	0,111	0,075	0,091	0,105	0,144	0,121	0,075	0,097	0,108	0,111	
Ca	-	0,004	-	-	0,001	0,003	-	-	-	-	0,004	-	

- Valor abaixo do limite de detecção.

Analista: I. M. H. R. Antunes.

Tabelas 1 a 10 - Composições químicas e fórmulas estruturais de sulfuretos da região de Segura

1. PIRROTITE

	FILÃO DE QUARTZO COM CASSITERITE E VOLFRAMITE (Santa Marina)											
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Fe	58,58	0,835	58,64	0,846	59,14	0,851	53,55	0,68	59,52	0,847	60,08	0,868
Ni	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-
Co	-	-	-	-	-	-	0,13	0,002	-	-	-	-
S	40,30	1,00	39,78	1,00	39,89	1,00	45,21	1,00	40,35	1,00	39,75	1,00
Cu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ag	-	-	-	-	-	-	0,13	0,001	-	-	-	-
As	0,02	0,041	0,04	-	-	-	0,04	-	0,02	-	0,02	-
Bi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb	0,09	0,001	0,01	-	0,03	0,041	-	-	0,07	0,001	0,08	0,001
Mn	0,02	0,004	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	0,74	0,009	0,90	0,011	0,42	0,005	0,47	0,005	0,01	-	0,01	-
Cd	-	-	0,08	-	0,02	0,401	-	-	-	-	-	-
Sn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	99,75	-	99,51	-	99,5	-	99,55	-	99,97	-	99,94	-

2. COBALTITE

	PÓREIRO GRANODIORÍTICO						FILÃO DE QUARTZO COM BARITE, GALENA E BLENDAS (Eiras do Gordo)															
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b		
Fe	4,03	0,104	6,19	0,158	5,09	0,131	5,88	0,154	5,36	0,137	6,15	0,117	7,43	0,144	6,76	0,13	6,75	0,131	6,92	0,132	6,63	0,126
Ni	2,51	0,061	1,91	0,045	2,21	0,054	2,15	0,054	2,14	0,052	0,11	0,002	-	-	0,05	0,001	0,06	0,001	0,03	0,001	0,06	0,001
Co	29,46	0,717	28,59	0,691	28,99	0,704	30,01	0,745	28,93	0,701	25,27	0,454	22,99	0,422	24,18	0,439	24,13	0,439	23,05	0,415	25,22	0,455
As	41,22	0,789	40,31	0,766	40,71	0,778	39,55	0,772	40,68	0,775	37,54	0,531	39,63	0,573	38,57	0,551	38,50	0,551	39,57	0,561	37,42	0,532
S	22,35	1,00	22,52	1,00	22,40	1,00	21,92	1,00	22,46	1,00	30,26	1,00	23,64	1,00	29,97	1,00	29,92	1,00	30,21	1,00	30,13	1,00
Bi	0,14	0,001	-	-	0,07	0,001	0,04	-	0,05	-	0,07	-	-	-	0,05	-	0,04	-	0,04	-	0,04	-
Total	99,71	-	99,52	-	99,46	-	99,55	-	99,62	-	99,42	-	99,75	-	99,58	-	99,40	-	99,82	-	99,50	-

a. Análises químicas; b. fórmulas estruturais. - valor abaixo do limite de detecção. Pirrotite e cobaltite calculadas com base em 1 átomo de S.
Analista: I. M. H. R. Antunes.

Tabelas I a 10 - Composições químicas e fórmulas estruturais de sulfuretos da região de Segura (continuação)

3. ARSENOPIRITE

		FILÃO DE QUARTZO COM CASSITERITE E VOLFRAMITE (Papa Queijo)																								
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b								
Fe	35,53	1,011	35,23	1,089	35,31	1,099	35,15	1,115	34,64	1,101	35,33	1,099	34,36	1,005	33,84	0,971	34,08	0,999	33,39	1,021	33,77	0,957	34,14	0,992	34,19	0,991
Co	0,06	0,002	0,05	0,002	0,05	0,002	-	-	-	-	0,03	0,001	0,03	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ni	-	-	0,02	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
Bi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	0,03	0,001	-	-	0,03	-	-	-	-	0,06	0,001	-	-	0,01
As	44,79	0,951	46,22	1,065	45,49	1,079	46,77	1,106	47,27	1,121	46,62	1,081	45,16	1,007	45,12	0,986	46,62	1,019	48,24	1,101	46,06	0,973	46,42	1,005	45,06	0,995
S	20,18	1,00	18,57	1,00	18,45	1,00	18,10	1,00	18,07	1,00	18,46	1,00	19,63	1,00	20,04	1,00	19,59	1,00	18,77	1,00	20,27	1,00	19,77	1,00	19,82	1,00
Total	100,56		100,09		100,31		100,07		99,98		100,44		100,26		100,05		100,32		100,40		100,16		100,33		100,09	
		FILÃO DE QUARTZO COM CASSITERITE E VOLFRAMITE (Santa Marina)																								
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Fe	33,85	0,961	34,28	0,983	34,41	0,997	34,23	0,995	35,57	1,053	35,90	1,054	33,40	1,135	35,58	1,079	34,85	1,078	33,75	0,971	33,34	0,957	33,34	0,957	33,54	0,959
Co	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	0,001	0,04	0,001	-	-	0,03	0,001	0,02	0,001	0,06	0,002	0,17	0,005	0,17	0,005	0,40	0,011
Ni	0,09	0,003	-	-	0,06	0,002	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,16	0,003
Bi	-	-	-	-	-	-	0,06	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	0,01	-	-	0,08	0,001	-	-	-	-	-
As	46,19	0,994	45,74	0,975	46,01	0,994	45,84	0,997	45,44	1,003	44,58	0,985	48,94	1,241	45,41	1,026	46,29	1,068	45,91	0,984	45,65	0,976	45,29	0,965	45,29	0,965
S	19,88	1,00	20,09	1,00	19,92	1,00	19,67	1,00	19,40	1,00	19,55	1,00	16,89	1,00	18,94	1,00	18,56	1,00	19,98	1,00	20,01	1,00	20,01	1,00	20,08	1,00
Total	100,11		100,21		100,40		99,80		100,44		100,48		99,25		99,96		99,73		99,78		99,33		99,42		99,42	
		FILÃO DE QUARTZO COM CASSITERITE E VOLFRAMITE (Santa Marina) (cont)																								
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Fe	33,88	0,955	34,46	0,961	33,99	0,968	33,55	0,954	33,92	0,944	33,87	0,967	33,97	0,963	33,90	0,971	34,63	0,979	33,91	0,973	-	-	-	-	-	-
Co	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ni	0,04	0,001	-	-	0,09	0,002	0,01	-	-	-	-	-	-	0,02	0,001	0,06	0,002	0,05	0,001	-	-	-	-	-	-	-
Bi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
As	45,22	0,951	45,23	0,939	45,42	0,964	45,67	0,966	45,17	0,937	45,45	0,972	45,37	0,959	45,59	0,973	45,08	0,951	45,47	0,972	-	-	-	-	-	-
S	20,37	1,00	20,61	1,00	20,17	1,00	20,20	1,00	20,64	1,00	20,11	1,00	20,26	1,00	20,05	1,00	20,30	1,00	20,02	1,00	-	-	-	-	-	-
Total	99,51		100,30		99,68		99,43		99,73		99,44		99,60		99,55		100,08		99,51		-	-	-	-	-	-

a. Análises químicas; b. fórmulas estruturais. - valor abaixo do limite de detecção. Arsenopirite calculada com base em 1 átomo de S. Analista: I. M. H. R. Antunes.

Tabelas 1 a 10 - Composições químicas e fórmulas estruturais de sulfuretos da região de Segura (continuação)

4. PIRITE

PÓRFIRO GRANODIÓRITICO												FILÃO DE QUARTZO COM												
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b						
Fe	46,58	1,022	48,29	1,013	45,42	0,992	44,28	0,955	49,98	1,221	49,12	1,176	49,57	1,198	48,47	1,126	48,92	1,145	48,90	1,14	47,45	1,05	47,06	1,018
Ni	0,3	0,006	0,23	0,005	0,25	0,005	0,29	0,006	0,96	0,022	0,99	0,023	0,98	0,023	0,36	0,008	0,32	0,007	0,34	0,01	-	-	0,01	0,04
Co	0,2	0,004	0,19	0,004	0,25	0,005	0,25	0,005	0,70	0,02	0,65	0,015	0,67	0,015	0,15	0,003	0,16	0,004	0,15	0,00	0,04	-	0,06	0,001
As	0,15	0,005	0,38	0,012	0,84	0,028	1,77	0,06	0,89	0,027	0,79	0,024	0,84	0,025	1,10	0,03	1,10	0,03	1,10	0,03	0,16	0,005	-	-
S	52,35	2,00	52,46	2,00	52,60	2,00	53,27	2,00	47,00	2,00	47,96	-	47,51	2,00	49,45	2,00	49,06	2,00	49,45	2,00	51,90	2,00	53,07	2,00
Total	99,58	-	99,55	-	99,36	-	99,86	-	99,53	-	99,51	-	99,57	-	99,53	-	99,56	-	99,95	-	99,55	-	100,2	-

CASSITERITE E VOLFRAMITE (Santa Marina)												FILÃO DE QUARTZO COM BARITE, GALENA E BLENDA (Vale de Lobos)													
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
Fe	48,53	1,095	48,44	1,09	47,08	1,034	47,09	1,034	50,02	1,184	49,87	1,181	51,92	1,253	52,84	1,294	47,07	1,031	49,69	1,149	50,41	1,164	-	-	
Ni	0,06	0,001	0,03	-	0,01	0,04	-	-	0,21	0,005	0,03	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,04	-	-
Co	0,05	0,001	0,04	-	0,05	0,001	0,05	0,001	0,19	0,004	0,24	0,005	0,08	0,002	0,03	-	0,06	0,001	0,04	-	-	0,06	0,001	-	
As	-	-	-	-	0,08	0,003	0,08	0,003	1,11	0,033	1,10	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
S	50,89	2,00	51,16	2,00	52,30	2,00	52,31	2,00	48,52	2,00	48,50	2,00	47,60	2,00	46,88	2,00	52,42	2,00	49,67	2,00	49,71	2,00	53,07	2,00	
Total	99,53	-	99,67	-	99,52	-	99,53	-	100,05	-	99,74	-	99,62	-	99,75	-	99,55	-	99,40	-	100,19	-	100,2	-	

FILÃO DE QUARTZO COM BARITE, GALENA E BLENDA (Eiras do Gordo)												
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Fe	46,41	1,002	47,07	1,019	46,68	1,003	46,22	1,00	45,94	0,983	45,78	0,965
Ni	-	-	0,02	-	0,02	-	0,01	0,04	-	-	-	-
Co	0,04	-	0,03	-	0,04	-	0,01	0,40	0,06	0,001	0,07	0,001
As	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	53,21	2,00	53,05	2,00	53,42	2,00	53,35	2,00	53,69	2,00	54,50	2,00
Total	99,66	-	100,17	-	100,16	-	99,59	-	99,69	-	100,35	-

a. Análises químicas; b. fórmulas estruturais. - valor abaixo do limite de detecção. Pirite calculada com base em 2 átomos de S. Analista: I. M. H. R. Antunes.

Tabelas 1 a 10 - Composições químicas e fórmulas estruturais de sulfuretos da região de Segura (continuação)

5. BLEND A

FILÃO DE QUARTZO COM CASSITERITE E VOLFRAMITE (Santa Marina)												FILÃO DE QUARTZO COM CASSITERITE E VOLFRAMITE (Santa Marina - associada)																		
	a		b		a		b		a		b		Fe	Mn	Cd	Zn	Cu	Co	S	Total	a		b		a	b	a	b		
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b									a	b	a	b					a	b
Fe	4,95	0,077	4,71	0,075	3,68	0,059	3,74	0,061	3,99	0,063	4,68	0,073	10,89	0,164	10,55	0,165	10,46	0,156	10,46	0,156	10,39	0,154	10,88	0,162	10,88	0,162	9,12	0,136	9,75	0,144
Mn	0,11	0,002	0,14	0,002	0,15	0,002	-	-	0,17	0,003	0,15	0,002	-	-	-	-	0,15	0,002	0,15	0,002	0,31	0,005	0,24	0,004	0,24	0,004	0,06	-	0,29	0,004
Cd	1,14	0,009	0,85	0,007	0,96	0,008	1,03	0,008	1,11	0,009	0,98	0,008	1,53	0,012	1,74	0,013	1,71	0,013	1,71	0,013	1,49	0,011	1,60	0,012	1,60	0,012	1,50	0,012	1,58	0,012
Zn	63,23	0,841	63,86	0,856	64,23	0,877	63,46	0,865	63,61	0,86	63,65	0,851	62,33	0,804	63,16	0,842	61,18	0,781	61,18	0,781	60,81	0,709	61,35	0,779	61,35	0,779	61,10	0,779	60,97	0,769
Cu	0,04	-	0,10	0,001	0,06	-	0,15	0,002	0,06	0,001	0,13	0,002	0,08	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,401	0,01	0,401
Co	0,07	0,001	-	-	-	-	0,01	0,041	-	-	-	-	0,07	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	0,004	-	-	-
S	36,80	1,00	36,08	1,00	35,84	1,00	35,93	1,00	36,22	1,00	35,66	1,00	37,99	1,00	36,72	1,00	38,34	1,00	38,34	1,00	38,71	1,00	38,57	1,00	38,57	1,00	38,38	1,00	38,79	1,00
Total	100,14		100,04		100,13		99,55		99,91		100,44		100,53		99,88		99,52		99,52		99,52		99,92		99,92		99,51		99,77	

FILÃO DE QUARTZO COM BARITE, GALENA E BLEND A (Vale de Lobos)																												
a	b	a		b		a		b		a		b		Fe	Mn	Cd	Zn	Cu	Co	S	Total	a		b		a	b	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b															
Fe	10,05	0,151	3,91	0,065	3,51	0,058	4,19	0,069	4,23	0,069	3,19	0,053	3,35	0,055	3,71	0,062	9,50	0,141	9,50	0,141	5,14	0,079	7,93	0,117	8,16	0,123		
Mn	0,35	0,005	-	-	-	-	-	0,03	-	0,03	-	-	0,08	0,001	-	-	0,04	-	0,04	-	0,02	0,004	0,08	0,001	0,07	0,001		
Cd	1,64	0,012	0,16	0,001	0,30	0,002	0,31	0,003	0,19	0,002	0,44	0,004	0,29	0,002	0,30	0,002	7,14	0,052	7,14	0,052	5,41	0,041	7,06	0,052	6,22	0,047		
Zn	61,19	0,782	65,37	0,927	65,91	0,932	65,6	0,919	64,3	0,894	65,65	0,924	64,79	0,912	65,50	0,929	60,59	0,762	60,59	0,762	62,47	0,617	60,52	0,761	61,55	0,793		
Cu	0,12	0,002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,401	0,01	0,401	0,02	0,004	0,05	-	-	-	-	-
S	38,29	1,00	34,52	1,00	34,63	1,00	34,95	1,00	35,20	1,00	34,79	1,00	34,77	1,00	34,53	1,00	38,94	1,00	38,94	1,00	37,42	1,00	38,96	1,00	38,02	1,00		
Total	99,6		99,89		100,54		100,55		99,5		100,44		99,56		100,03		99,54		99,54		99,91		99,58		99,57			

a. Análises químicas; b. fórmulas estruturais. - valor abaixo do limite de detecção. Blend A calculada com base em 1 átomo de S.
 Analista: I. M. H. R. Antunes.

Tabelas I a 10 - Composições químicas e fórmulas estruturais de sulfuretos da região de Segura (continuação)

5. BLEND A (continuação)

	a		b		a		b		a		b		a		b		a		b		a		b	
Fe	7,84	0,117	1,30	0,022	1,28	0,022	1,12	0,018	1,49	0,025	0,52	0,009	1,36	0,023	1,82	0,03	0,81	0,013	0,51	0,008	1,32	0,021	0,85	0,014
Mn	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,041	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cd	6,11	0,045	0,32	0,003	0,16	0,001	0,17	0,001	0,34	0,003	-	-	0,16	0,001	0,18	0,001	-	-	0,11	-	0,36	0,003	0,10	-
Zn	61,10	0,777	65,94	0,943	66,38	0,959	65,19	0,917	66,02	0,953	65,59	0,949	65,41	0,941	65,87	0,941	65,45	0,932	65,34	0,929	64,35	0,895	63,78	0,866
Cu	-	-	0,11	0,002	0,23	0,003	0,01	0,401	-	-	0,21	0,003	0,12	0,002	0,09	0,037	0,08	0,001	0,06	-	-	0,14	0,002	0,14
Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	38,51	1,00	34,22	1,00	33,90	1,00	34,80	1,00	33,92	1,00	33,82	1,00	34,08	1,00	34,29	1,00	34,39	1,00	34,43	1,00	35,21	1,00	36,05	1,00
Total	99,61		100,27		100,51		100		99,94		99,62		99,61		100,25		99,92		99,83		99,56		99,97	

	a		b		a		b		a		b		a		b		a		b		a		b	
Fe	0,55	0,009	1,95	0,032	1,49	0,024	1,29	0,021	2,68	0,042	3,11	0,049	2,21	0,034	1,71	0,027	2,90	0,046	-	-	-	-	-	-
Mn	0,02	0,004	0,01	0,041	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cd	0,07	-	0,18	0,001	0,07	-	0,17	0,001	0,24	0,002	0,20	0,002	0,18	0,001	0,11	-	0,22	0,002	-	-	-	-	-	-
Zn	64,73	0,912	64,35	0,897	63,07	0,856	63,54	0,886	63,46	0,854	62,94	0,841	62,97	0,839	63,24	0,851	63,54	0,857	63,54	0,857	64,35	0,895	63,78	0,866
Cu	0,04	-	0,05	-	0,39	0,005	0,27	0,004	0,05	-	0,03	0,001	0,15	0,002	0,33	0,005	0,11	0,002	-	-	-	-	-	-
Co	0,04	-	0,01	0,041	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,401	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	34,75	1,00	35,10	1,00	36,07	1,00	35,92	1,00	36,37	1,00	36,67	1,00	36,76	1,00	36,41	1,00	36,30	1,00	36,30	1,00	35,21	1,00	36,05	1,00
Total	99,56		99,53		99,53		99,73		99,9		99,69		99,89		99,98		99,95		99,81		99,56		99,97	

a. Análises químicas; b. fórmulas estruturais. - valor abaixo do limite de detecção. Blend a calculada com base em 1 átomo de S.
Analista: I. M. H. R. Antunes.

Tabelas I a 10 - Composições químicas e fórmulas estruturais de sulfuretos da região de Segura (continuação)

6. CALCOPIRITE

	PÓRFIRO GRANODIORÍTICO						FILÃO DE QUARTZO COM CASSITERITE E VOLFRAMITE (Santa Marina)													
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b								
Cu	33,27	0,954	32,50	0,881	32,83	0,917	33,04	0,916	32,99	0,916	32,75	0,917	31,49	0,968	33,32	0,931	33,98	0,965	33,64	0,938
Fe	31,08	1,014	30,30	0,934	30,83	0,981	30,90	0,975	30,80	0,973	30,69	0,977	35,18	1,231	29,76	0,946	29,78	0,962	29,50	0,936
S	35,21	2,00	37,25	2,00	36,14	2,00	36,39	2,00	36,35	2,00	36,06	2,00	32,83	2,00	36,14	2,00	35,54	2,00	36,20	2,00
Ag	0,01	0,041	0,01	0,041	0,03	-	0,02	0,004	0,01	0,041	0,02	0,004	0,08	0,001	0,35	0,006	0,26	0,004	0,22	0,004
Total	99,57		100,06		99,83		100,35		100,15		99,52		99,54		99,52		99,57		99,56	

	FILÃO DE QUARTZO COM CASSITERITE E VOLFRAMITE (Santa Marina) (cont)						FILÃO DE QUARTZO COM CASSITERITE E VOLFRAMITE (Papa Queijo)													
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b								
Cu	34,10	0,952	33,91	0,948	34,20	0,951	34,25	0,961	33,59	0,938	34,22	0,958	34,11	0,956	34,08	0,958	34,81	0,971	34,09	0,958
Fe	29,25	0,929	29,51	0,938	29,26	0,926	29,67	0,947	29,80	0,947	29,40	0,937	29,46	0,941	29,19	0,928	29,10	0,931	29,09	0,931
S	36,15	2,00	36,11	2,00	36,28	2,00	35,97	2,00	36,14	2,00	36,04	2,00	36,00	2,00	36,11	2,00	35,92	2,00	36,22	2,00
Ag	-	-	-	-	-	-	0,01	0,041	-	-	-	-	-	-	0,43	0,007	0,42	0,007	0,47	0,008
Total	99,50		99,53		99,74		99,90		99,53		99,66		99,57		99,60		99,57		99,57	

	FILÃO DE QUARTZO COM BARITE, GALENA E BLENDA (Vale de Lobos)													
	a	b	a	b	a	b								
Cu	34,45	0,964	34,69	0,999	34,40	0,973	34,97	0,992	34,62	0,983	34,47	0,986	34,74	0,988
Fe	28,60	0,911	29,99	0,983	29,50	0,951	29,34	0,947	29,36	0,949	29,69	0,966	29,31	0,948
S	36,07	2,00	35,04	2,00	35,67	2,00	35,57	2,00	35,54	2,00	35,28	2,00	35,50	2,00
Ag	0,45	0,007	0,15	0,003	0,12	0,002	-	-	0,05	-	0,13	0,002	0,02	0,004
Total	99,57		99,87		99,69		99,88		99,57		99,57		99,57	

a. Análises químicas; b. fórmulas estruturais. - valor abaixo do limite de detecção. Calcopirite calculada com base em 2 átomos de S.
 Análises: I. M. H. R. Antunes.

Tabelas I a 10 - Composições químicas e fórmulas estruturais de sulfuretos da região de Segura (continuação)

7. MATILDITE

	FILÃO DE QUARTZO COM CASSITERITE E VOLFRAMITE (Santa Marina)																			
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b								
Ag	28,74	1,016	28,08	0,995	25,52	0,906	28,73	1,031	28,45	1,021	27,93	1,021	27,74	0,987	28,11	0,998	29,09	1,042	27,45	1,028
Bi	53,70	0,982	53,34	0,976	49,92	0,915	53,79	0,995	54,17	1,003	52,40	0,969	54,51	1,001	54,60	1	53,67	0,993	51,97	1,005
Fe	-	-	-	-	0,85	0,058	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	0,15	0,011	0,21	0,015
S	16,78	2,00	16,77	2,00	16,74	2,00	16,58	2,00	16,57	2,00	16,59	2,00	16,71	2,00	16,75	2,00	16,59	2,00	15,87	2,00
Cu	0,07	0,004	0,04	0,002	2,07	0,125	0,18	0,011	0,12	0,007	0,28	0,017	0,45	0,027	0,14	0,008	0,24	0,015	0,41	0,026
Sb	0,12	0,004	-	-	-	-	0,09	0,003	-	-	0,05	0,002	0,01	0,004	0,04	0,001	-	-	0,10	0,003
Zn	0,57	0,033	0,30	0,018	-	-	0,60	0,035	0,43	0,025	0,25	0,015	0,24	0,014	0,35	0,021	0,31	0,018	0,36	0,022
Cd	0,07	0,002	0,28	0,011	0,04	0,001	0,08	0,003	0,31	0,011	0,26	0,009	0,10	0,003	0,06	0,002	-	-	0,11	0,004
Pb	-	-	1,24	0,023	4,91	0,091	-	-	-	-	2,29	0,043	0,26	0,005	-	-	-	-	3,57	0,071
Total	100,05		100,05		100,05		100,05		100,05		100,05		100,05		100,05		100,05		100,05	

8. SCHAPBACHITE

	FILÃO DE QUARTZO COM CASSITERITE E VOLFRAMITE (Santa Marina)											
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Ag	17,15	1,651	20,73	1,911	15,59	1,591	18,87	1,782	18,18	1,759	18,58	1,773
Bi	35,14	1,746	38,14	1,814	28,07	1,479	36,52	1,781	33,13	1,655	34,93	1,721
Fe	1,23	0,229	0,09	0,016	-	-	0,66	0,121	0,04	0,007	0,35	0,064
S	15,44	5,00	16,13	5,00	14,56	5,00	15,74	5,00	15,36	5,00	15,58	5,00
Cu	1,55	0,253	0,12	0,019	0,41	0,071	0,83	0,133	0,70	0,115	0,77	0,125
Sb	0,02	0,002	0,08	0,007	0,07	0,006	0,05	0,004	0,07	0,006	0,06	0,005
Zn	0,25	0,041	0,49	0,074	0,40	0,067	0,37	0,058	0,27	0,043	0,32	0,051
Cd	0,14	0,013	0,12	0,011	0,07	0,007	0,13	0,012	0,09	0,008	0,11	0,011
Pb	29,52	1,479	24,08	1,155	40,95	2,176	26,73	1,314	32,6	1,642	29,74	1,477
Total	100,44		99,98		100,12		99,90		100,44		100,44	

a. Análises químicas; b. fórmulas estruturais. - valor abaixo do limite de detecção. Matildite e schapbachite calculadas com base em 2 e 5 átomos de S, respectivamente. Analista: I. M. H. R. Antunes.

Tabelas 1 a 10 - Composições químicas e fórmulas estruturais de sulfuretos da região de Segura (continuação)

9. GALENA

		FILÃO DE QUARTZO COM BARITE, GALENA E BLEND A (Vale de Lobos)																									
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b									
Pb	84,63	0,895	85,93	0,985	85,44	0,939	86,42	0,991	86,54	0,985	85,43	0,979	86,17	0,991	85,57	0,979	85,8	0,986	85,74	0,984	86,1	0,936	84,12	0,897	84,63	0,908	
Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	0,002	-	-	0,13	0,003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,18	0,007	0,28	0,01	0,07	0,003	-	-	0,10	0,004	-	-	0,01	0,004	-	-	-
Fe	0,01	-	0,13	-	0,07	-	0,14	-	0,05	-	-	-	0,09	-	0,07	0,006	-	-	0,04	-	-	-	0,04	-	-	-	-
Bi	-	-	0,11	0,001	0,06	-	0,13	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	0,002	0,02	-	0,02	-	-	-	0,01	0,041	-	-	-
S	14,63	1,00	13,48	1,00	14,08	1,00	13,51	1,00	13,59	1,00	13,51	1,00	13,47	1,00	13,53	1,00	13,46	1,00	13,48	1,00	14,23	1,00	14,51	1,00	14,43	1,00	
Mn	-	-	0,02	-	0,01	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	0,003	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	-	-	0,04	0,001	0,02	-	0,04	0,001	0,16	0,006	0,32	0,012	0,05	0,002	-	-	0,09	0,003	-	-	-	-	0,94	0,032	1,29	0,044	
Cd	0,24	0,005	0,16	0,003	0,20	0,004	0,12	0,003	0,10	0,002	-	-	-	-	0,11	0,002	0,11	0,002	0,18	0,004	0,17	0,003	0,20	0,004	0,13	0,003	
Total	99,51		99,77		99,88		100,37		100,44		99,61		100,06		99,56		99,55		99,58		100,50		99,83		100,48		

		FILÃO DE QUARTZO COM BARITE, GALENA E BLEND A (Bouçal Paulo)												FILÃO DE QUARTZO COM BARITE, GALENA E BLEND A (Pereiro - Horta da Calçada)													
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
Pb	86,10	0,948	85,41	0,932	85,55	0,941	85,75	0,941	85,48	0,936	85,75	0,941	87,16	1,036	86,26	1,002	86,35	1,005	86,34	0,993	87,15	1,027	87,08	1,011	-	-	
Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	-	-	0,01	-	0,03	0,001	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	0,003	-	-	-	-
Fe	-	-	0,02	-	0,08	-	0,01	-	0,05	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb	0,03	-	-	-	0,01	0,041	0,01	0,04	-	-	0,01	0,041	0,03	0,002	0,02	-	-	-	-	-	-	0,01	0,041	0,01	0,041	-	-
S	14,06	1,00	14,18	1,00	14,09	1,00	14,12	1,00	14,13	1,00	14,12	1,00	13,02	1,00	13,22	1,00	13,29	1,00	13,46	1,00	13,13	1,00	13,34	1,00	-	-	
Mn	-	-	0,01	-	0,03	0,001	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	-	-	0,04	0,001	-	-	0,02	-	0,02	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cd	0,21	0,004	0,16	0,003	0,18	0,004	0,18	0,004	0,17	0,003	0,18	0,004	0,10	0,002	0,09	0,002	0,08	0,002	0,18	0,004	0,18	0,004	-	-	0,07	0,001	
Total	100,40		99,83		99,97		100,09		99,89		100,09		100,36		99,69		99,72		99,98		100,37		100,50		100,48		

a. Análises químicas; b. fórmulas estruturais. - valor abaixo do limite de detecção. Galena calculada com base em 1 átomo de S. Analista: I. M. H. R. Antunes.

Tabelas I a 10 - Composições químicas e fórmulas estruturais de sulfuretos da região de Segura (continuação)

9. GALENA (continuação)

	a		b		a		b		a		b		a		b		a		b		a		b			
	FILAÇÃO DE QUARTZO COM BARITE, GALENA E BLENDAS (Pereiro - Horta da Calçada) (cont)																									
Pb	86,27	0,991	86,03	0,998	86,69	1,003	86,28	0,993	86,67	1,005	86,75	0,997	86,76	1,006	86,70	1,004	87,16	1,028	87,08	1,01	85,27	0,991	86,04	0,998	86,4	1,023
Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	0,06	0,002	0,08	0,003	0,03	0,001	0,15	0,006	0,25	0,011	0,04	0,001	0,06	0,002	-	-	0,08	0,003	-	-	0,05	0,002	0,08	0,003	-	-
Fe	0,02	-	-	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-
Bi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb	-	-	0,03	-	-	-	0,09	0,002	-	-	0,09	0,002	0,01	0,041	0,05	0,301	0,01	0,041	0,01	0,041	-	-	0,03	-	0,08	0,002
S	13,47	1,00	13,48	1,00	13,37	1,00	13,44	1,00	13,35	1,00	13,47	1,00	13,32	1,00	13,37	1,00	13,12	1,00	13,34	1,00	13,47	1,00	13,48	1,00	13,07	1,00
Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	0,10	0,004	0,14	0,005	-	-	0,09	0,003	-	-	0,11	0,004	0,16	0,006	-	-	-	-	-	-	0,11	0,004	0,14	0,005	0,11	0,004
Cd	0,03	-	0,16	0,003	0,16	0,003	0,07	0,001	0,1	0,002	0,01	0,041	0,13	0,003	0,11	0,002	-	-	0,07	0,001	0,03	-	0,15	0,003	0,14	0,003
Total	99,95	-	99,92	-	100,33	-	100,12	-	100,38	-	100,47	-	100,44	-	100,23	-	100,37	-	100,50	-	99,96	-	99,92	-	99,81	-

	a		b		a		b		a		b		a		b		a		b		a		b			
	FILAÇÃO DE QUARTZO COM BARITE, GALENA E BLENDAS (Pereiro - Horta da Calçada) (cont)																									
Pb	86,69	1,003	86,28	0,993	86,67	1,005	86,75	0,997	86,76	1,008	86,7	1,004	86,67	1,004	86,31	0,993	86,79	0,995	86,65	1,011	86,32	1,014	-	-	-	-
Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	0,03	0,001	0,15	0,006	0,26	0,011	0,04	0,001	0,06	0,002	-	-	-	-	0,12	0,005	-	-	0,03	0,001	0,12	0,005	-	-	-	-
Fe	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15	-	0,12	-	0,05	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-
Bi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb	-	-	0,09	0,002	-	-	0,09	0,002	0,01	0,041	0,05	0,301	0,02	-	0,07	0,001	0,04	-	0,09	0,002	0,03	-	-	-	-	-
S	13,37	1,00	13,44	1,00	13,35	1,00	13,47	1,00	13,32	1,00	13,37	1,00	13,36	1,00	13,45	1,00	13,48	1,00	13,27	1,00	13,17	1,00	-	-	-	-
Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	-	-	0,09	0,003	-	-	0,11	0,004	0,16	0,006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cd	0,16	0,003	0,07	0,001	0,1	0,002	0,01	0,041	0,13	0,003	0,11	0,002	0,24	0,005	-	-	0,07	0,001	-	-	0,07	0,002	-	-	-	-
Total	100,33	-	100,12	-	100,38	-	100,47	-	100,44	-	100,23	-	100,45	-	100,07	-	100,43	-	100,09	-	99,71	-	-	-	-	-

a. Análises químicas; b. fórmulas estruturais. - valor abaixo do limite de detecção. Galena calculada com base em 1 átomo de S. Analista: I. M. H. R. Antunes.

Tabelas 1 a 10 - Composições químicas e fórmulas estruturais de sulfuretos da região de Segura (continuação)

10. ESTANITE

	a		b		a		b		a		b		a		b		a		b		a		b			
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b		
Fe	10,46	0,814	10,34	0,812	10,19	0,805	10,11	0,792	10,39	0,792	10,11	0,753	10,63	0,792	10,65	0,801	9,99	0,745	10,33	0,775						
Cu	28,61	1,957	29,44	2,032	29,11	2,007	28,76	1,999	28,74	1,927	28,93	1,895	28,75	1,882	28,70	1,894	27,58	1,808	28,69	1,892						
Zn	3,30	0,219	2,18	0,146	2,60	0,174	3,16	0,213	2,84	0,185	2,60	0,166	2,47	0,157	2,87	0,184	6,18	0,394	2,67	0,171						
Sn	27,97	1,024	28,34	1,047	28,26	1,044	28,40	1,057	27,32	0,981	27,73	0,972	27,29	0,956	27,65	0,977	25,91	0,909	27,66	0,976						
S	29,51	4,00	29,24	4,00	29,28	4,00	29,04	4,00	30,11	4,00	30,82	4,00	30,84	4,00	30,59	4,00	30,80	4,00	30,61	4,00						
Total	99,85		99,54		99,52		99,55		99,40		100,19		99,98		100,46		100,46		99,96							

a. Análises químicas; b. fórmulas estruturais. - valor abaixo do limite de detecção. Estanite calculada com base em 4 átomos de S.
 Analista: L. M. H. R. Antunes.

ANEXO IV - COMPOSIÇÕES QUÍMICAS E FÓRMULAS ESTRUTURAIS DOS PRODUTOS DE ALTERAÇÃO DOS SULFURETOS DA REGIÃO DE SEGURA

Tabela 1 - Composição química e fórmulas estruturais dos produtos de alteração dos sulfuretos dos filões de quartzo mineralizados da região de Segura

FARMACOSIDERITE

FILÃO DE QUARTZO COM CASSITERITE E VOLFRAMITE								
	phar1	phar2	phar3	phar4	phar5	phar6	phar7	phar8
Fe2O3	32,78	33,13	33,17	32,31	31,94	30,34	31,90	32,64
As2O5	45,77	46,54	45,60	45,30	49,08	46,17	45,50	48,44
H2O*	21,45	20,33	21,23	22,39	18,98	23,49	22,60	18,92
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Número de iões na base 16(O)								
Fe3+	2,344	2,402	2,379	2,283	2,352	2,112	2,248	2,407
As	2,274	2,345	2,272	2,224	2,511	2,233	2,227	2,482
OH	3,601	3,071	3,501	4,031	2,358	4,501	4,121	2,371
H2O	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00

ANGLESITE

FILÃO DE QUARTZO COM BARITE, GALENA E BLENDA						
	angl1	angl2	angl3	angl4	angl5	angl6
SO3	27,07	26,94	26,56	26,49	26,81	18,66
P2O5	0,09	0,06	0,03	0,17	0,12	1,98
CaO	-	0,01	0,01	0,01	-	0,29
PbO	72,3	69,36	69,7	70,42	71,09	74,38
ZnO	0,02	-	0,05	-	-	0,02
CuO	-	0,01	0,04	-	0,03	-
Total	99,46	96,38	96,39	97,09	98,05	95,33
Número de iões na base de 4(O)						
S	1,008	1,018	1,013	1,007	1,009	0,842
P	0,004	0,003	0,001	0,007	0,005	0,101
Ca	-	-	-	-	-	0,019
Pb	0,966	0,941	0,954	0,961	0,961	1,203
Zn	-	-	0,002	-	-	-
Cu	-	-	0,002	-	0,001	-

PIROMORFITE

FILÃO DE QUARTZO COM BARITE, GALENA E BLENDA						
	pirn1	pirn2	pirn3	pirn4	pirn5	pirn6
PbO	77,28	75,93	77,96	77,38	77,14	78,29
CaO	1,49	1,68	0,44	0,55	0,58	0,38
P2O5	7,53	7,19	6,99	7,00	6,84	6,97
Cl	3,11	3,08	3,10	3,00	3,06	3,05
As2O5	10,79	12,32	11,71	12,27	12,58	11,51
Total	100,20	100,20	100,20	100,20	100,20	100,20
O=Cl	0,70	0,69	0,70	0,68	0,69	0,69
Total	99,50	99,51	99,50	99,52	99,51	99,51
Número de iões na base de 12(O)						
Pb	4,326	4,173	4,433	4,358	4,334	4,481
Ca	0,332	0,367	0,101	0,123	0,131	0,087
P	1,326	1,243	1,251	1,241	1,209	1,254
As	1,096	1,066	1,111	1,064	1,083	1,099
Cl	1,173	1,315	1,293	1,342	1,373	1,279

FOSFATO DE Fe E Pb

FILÃO DE QUARTZO COM BARITE, GALENA E BLENDA						
	cork1	cork2	cork3	cork4	cork5	cork6
PbO	28,12	32,87	32,01	30,5	32,44	31,00
CuO	0,1	-	0,13	0,05	0,07	0,12
Fe2O3	36,07	30,18	30,91	33,13	30,55	32,39
P2O5	20,3	20,29	17,96	20,3	19,13	19,52
SO3	0,44	0,91	3,52	1,35	2,22	1,62
H2O*	14,97	15,75	15,47	14,67	15,59	15,35
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Número de iões na base de 14(O)						
Pb	0,745	0,882	0,855	0,818	0,869	0,828
Cu	0,007	-	0,011	0,004	0,005	0,009
Fe3+	2,671	2,264	2,307	2,482	2,286	2,417
P	1,691	1,712	1,508	1,711	1,611	1,639
S	0,032	0,068	0,262	0,101	0,166	0,121
OH	9,831	10,481	10,241	9,747	10,351	10,161

- valor abaixo do limite de detecção. * valor estimado.

Analista: I. M. H. R. Antunes.

Tabela 1 - Composição química e fórmulas estruturais dos produtos de alteração dos sulfuretos dos filões de quartzo mineralizados da região de Segura (continuação)

LIMONITE

	FILÃO DE QUARTZO COM BARITE, GALENA E BLENDA												
	magn1	magn2	magn3	magn4	magn5	magn6	magn7	magn8	magn9	magn10	magn11	magn12	magn13
MgO	0,06	0,21	0,05	0,07	0,30	0,08	0,10	0,59	0,07	0,04	0,07	0,06	0,30
FeO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MnO	-	0,02	0,01	0,26	0,24	0,25	0,18	0,24	0,19	0,11	0,15	0,10	0,20
ZnO	5,04	1,08	2,76	0,15	0,48	0,07	0,03	0,50	0,07	-	-	-	-
Al ₂ O ₃	2,23	6,40	0,59	-	-	-	1,93	1,61	0,03	0,08	0,05	0,03	0,06
Fe ₂ O ₃	71,3	70,60	73,54	81,62	79,85	81,45	77,70	77,13	82,04	86,27	86,48	83,56	83,27
TiO ₂	0,01	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-
SiO ₂	4,53	5,11	4,75	3,15	3,18	3,21	6,23	3,21	3,31	0,99	0,50	2,41	1,40
H ₂ O	16,83	16,57	18,30	14,75	15,95	14,94	13,83	16,72	14,29	12,51	12,75	13,82	14,77
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	Número de íões na base de 4(O)												
Mg	0,004	0,012	0,003	0,004	0,018	0,005	0,006	0,036	0,004	0,002	0,004	0,004	0,018
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	-	-	-	0,009	0,008	0,009	0,006	0,008	0,006	0,004	0,005	0,003	0,007
Zn	0,153	0,031	0,085	0,004	0,015	0,002	-	0,015	0,002	-	-	-	-
Al	0,108	0,295	0,029	-	-	-	0,088	0,078	0,001	0,004	0,002	0,001	0,003
Fe ³⁺	2,205	2,076	2,314	2,485	2,465	2,483	2,251	2,374	2,479	2,606	2,631	2,531	2,571
Ti	0,004	0,004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Si	0,186	0,201	0,199	0,127	0,131	0,131	0,241	0,131	0,133	0,041	0,021	0,097	0,057

- valor abaixo do limite de detecção. * valor estimado.

Analista: I. M. H. R. Antunes.

Tabela 1 - Cálculo de erros de fecho para as águas da região de Segura

	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	Σ aniões	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Li ⁺	As ⁵⁺	Σ catiões	Erro de fecho
1	1.6357	9.8707	1.7759	7.2343	0.0248	0.0941	20.6355	5.0547	1.2150	10.0549	4.5835	*	0.0051	0.0587	0.0086	0.0007	20.9812	0.8%
2	2.5519	2.8887	1.1389	0.0113	0.0013	0.0104	6.6025	2.4839	0.4195	1.7166	2.4193	0.0988	0.0375	0.0089	0.0101	0.0027	7.1973	4.3%
5	0.9555	0.1608	0.0500	0.0029	0.0004	0.0019	1.1715	0.2392	0.0588	0.2495	0.5349	0.0177	0.0073	0.0027	0.0014	0.0003	1.1118	2.6%
8	1.5439	0.4006	1.2513	0.0081	0.0007	0.0152	3.2198	1.0327	0.0972	0.6487	1.4072	0.1595	0.0069	0.0037	0.0130	0.0033	3.3922	2.6%
9	0.9555	0.4824	0.4351	0.0098	0.0004	0.0028	1.8860	0.6525	0.0691	0.3543	0.7241	0.0290	0.0044	0.0021	0.0029	0.0007	1.8391	1.3%
10	0.4966	0.2652	0.2727	0.2102	0.0007	0.0050	1.2504	0.5916	0.0307	0.1796	0.3456	0.0124	0.0018	0.0024	0.0043	0.0006	1.1690	3.4%
11	0.8244	0.8040	0.3831	0.0108	0.0009	0.0066	2.0298	0.9309	0.0409	0.3493	0.3374	0.1832	0.0149	0.0027	0.0014	0.0031	1.8638	4.3%
12	1.1981	0.3216	0.7266	0.0077	0.0002	0.0019	2.2561	0.9004	0.0358	0.3194	0.9546	0.1982	0.0207	0.0012	0.0086	0.0054	2.4443	4.0%
13	1.8980	0.4824	0.8495	0.0124	0.0004	0.0139	3.2566	1.0614	0.0716	0.5389	1.4401	0.0333	0.0120	0.0021	0.0086	0.0741	3.2421	0.2%
16	0.4458	0.5614	0.6517	0.0113	0.0902	0.0016	1.6720	0.7090	0.0128	0.2096	0.6172	0.0057	*	0.0024	0.0043	0.0005	1.5612	3.4%
17	0.9555	0.4824	0.2269	0.0153	0.0009	0.0464	1.7274	0.6438	0.0281	0.2495	0.6172	0.2256	0.0080	0.0027	0.0029	0.0081	1.7859	1.7%
7	1.6029	0.8830	0.7245	0.0032	0.0004	0.0041	3.2181	1.2441	0.0460	0.5539	1.4483	0.1488	0.0491	0.0058	0.0038	0.0034	3.5052	4.3%
14	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
15	1.0342	2.0875	0.8869	1.7304	0.0009	0.1737	5.9136	1.8226	0.2021	2.9042	0.9957	*	0.0011	0.0113	0.0101	0.0009	5.9480	0.3%
3	1.3096	0.5247	0.0854	0.0098	0.0009	0.0044	1.9348	0.7917	0.2456	0.2695	0.6419	0.1139	0.0098	0.0037	*	0.0030	2.0791	3.6%
4	0.0918	0.1495	0.1187	0.0042	0.0004	0.0028	0.3674	0.2479	0.0332	0.0249	0.0576	0.0075	0.0062	*	*	*	0.3773	1.3%
6	1.5964	0.7701	0.1291	0.0413	0.0048	0.0231	2.5648	0.6003	0.5704	0.5389	0.5267	0.5329	0.0397	0.0046	0.0014	0.0006	2.8155	4.6%
1	1.6390	11.1035	3.9787	6.8827	0.0002	0.1011	23.7052	5.0765	1.1051	12.5399	5.0361	*	*	0.0532	0.0072	0.0031	23.8212	0.2%
2	1.4292	4.5982	2.4339	0.1129	0.0004	0.0025	8.5771	3.2756	0.5142	1.9810	2.7979	0.0022	0.0113	0.0024	0.0115	0.0004	8.5979	0.1%
5	2.1438	0.2454	0.1228	0.0097	0.0022	0.0016	2.5255	0.3611	0.1637	0.6238	1.1356	0.0204	0.0135	0.0009	0.0043	0.0003	2.5236	4.2%
8	1.1604	0.5755	1.4387	0.0097	0.0002	0.0041	3.1886	1.0266	0.0742	0.5489	1.3660	0.0360	*	0.0012	0.0115	0.0011	3.0655	2.0%
9	0.8588	0.5557	0.5392	0.0500	0.0002	0.0019	2.0058	0.6569	0.0870	0.4541	0.82296	0.0231	0.0022	*	0.0029	0.0026	2.0517	1.1%
10	0.1737	0.0123	0.3661	0.0022	0.2172	0.2498	1.0213	0.4306	0.0230	0.1397	0.3292	0.0070	*	0.0003	0.0029	0.0004	0.9331	4.5%
11	0.2491	0.2567	0.2186	0.0645	0.0004	0.0047	0.7940	0.3219	0.0153	0.1148	0.2633	0.0231	*	0.0003	*	0.0001	0.7388	3.6%
12	1.2719	0.3554	0.7183	0.0048	0.0002	0.0117	2.3623	0.8265	0.0409	0.3493	0.9957	0.3094	0.0189	*	0.0086	0.0273	2.5766	4.3%
13	1.6652	0.3808	1.1951	0.0210	0.0004	0.0521	3.3146	1.1049	0.0537	0.4840	1.4648	0.2579	0.0164	0.0003	0.0086	0.0424	3.4330	1.7%
16	0.2754	0.7053	0.5267	0.2307	0.0004	0.0079	1.7464	0.7047	0.0230	0.2395	0.6830	0.0188	*	0.0003	0.0014	0.0011	1.6718	2.2%
17	0.6818	0.4090	0.7266	0.0968	0.0015	0.0142	1.9299	0.6046	0.0256	0.3194	0.7241	0.1128	0.0135	0.0018	0.0029	0.0055	1.8102	3.2%
7	0.7212	1.0043	1.8134	0.0016	*	0.0006	3.5411	1.2615	0.0435	0.3892	1.5388	0.0172	0.0066	0.0018	0.0043	0.0005	3.2634	4.1%
14	0.8719	0.7053	0.5496	0.7000	0.0009	0.1068	2.9345	0.8048	0.1842	1.0928	0.7159	0.0086	0.0011	0.0003	*	0.0035	2.8112	2.1%
15	0.9178	2.4120	0.9036	1.8937	0.0002	0.1415	6.2688	2.0184	0.1612	3.1736	1.0122	0.0086	0.0033	0.0024	0.0115	0.0022	6.3934	1.0%
3	1.7570	0.4514	0.2061	0.0210	0.0043	0.0073	2.4471	0.6047	0.2072	0.7735	0.7242	0.0677	0.0182	0.0024	*	0.0008	2.3987	1.0%
4	0.1180	0.2793	0.2290	0.0177	0.0007	0.0028	0.6475	0.2828	0.0460	0.0449	0.1070	0.0655	0.0462	*	*	0.0003	0.5927	4.4%
6	0.0983	1.2384	1.2055	0.1032	0.0030	0.0092	2.6576	0.9570	0.6472	0.3892	0.3456	0.0665	0.0280	0.0018	0.0029	0.0001	2.4384	4.3%

* - Valores abaixo do limite de detecção. a. valor não determinado por inexistência de dados. Águas colhidas em: Complexo Xisto-Metagrauquico (pontos de água 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 e 17); conserana (ponto de água 7); granito (pontos de água 14 e 15); arcoses (pontos de água 3, 4 e 6). O ponto de água 1, embora com água colhida em xistos, é de escorrência granítica. Os pontos de água 4 e 5 recebem água de escorrência de filões de quartzo com barite, galena e blenda. Águas recolhidas em: O - poços, ● - nascentes, ▲ - linhas de água e pequenas retenções.

Tabela 1 - Cálculo de erros de fecho para as águas da região de Segura (continuação)

	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	Σ aniões	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Li ⁺	As ⁵⁺	Σ cations	Erro de fecho
*1	1.7570	11.1683	1.8093	7.3908	0.0089	0.1194	22.2537	4.9547	1.2637	10.5688	4.7234	*	0.0029	0.0655	0.0086	0.0007	21.5883	1.5%
*2	1.2784	1.6277	0.9078	0.7686	0.0026	0.0152	4.6003	1.3181	0.2225	0.9431	1.2344	*	0.0011	0.0037	0.0043	0.0002	3.7274	10.5%
*5	0.5900	0.0564	0.0833	0.0052	0.0004	0.0016	0.7369	0.1566	0.0333	0.1846	0.2880	0.0167	*	0.0009	*	*	0.6801	4.0%
*8	0.5441	0.1241	0.4809	0.0021	0.0002	0.0009	1.1525	0.5438	0.0077	0.1747	0.3950	0.0021	*	0.0003	0.0014	0.0001	1.1251	1.2%
*9	0.6622	0.2341	0.5163	0.0110	0.0002	0.0016	1.4254	0.5655	0.0077	0.2545	0.5760	0.0070	*	0.0009	0.0014	0.0001	1.4132	0.4%
*10	0.4589	0.2906	0.3373	0.1676	0.0004	0.0095	1.2643	0.6090	0.0205	0.1846	0.3868	0.0021	0.0011	0.0003	0.0038	0.0002	1.2104	2.2%
*11	0.5245	0.2200	0.4705	0.0018	0.0002	0.0019	1.2189	0.5612	0.0077	0.1996	0.4444	*	*	0.0003	0.0014	0.0002	1.2147	0.2%
*12	1.1997	0.2821	0.8266	0.0034	0.0004	0.0092	2.3214	0.8396	0.0307	0.3144	0.9957	0.2874	0.0226	0.0003	0.0086	0.0088	2.5079	3.9%
*13	1.4751	0.2962	1.0452	0.0053	0.0004	0.0019	2.8241	1.0353	0.0307	0.4192	1.2344	0.2353	0.0055	0.0003	0.0101	0.0217	2.9924	2.9%
*16	0.3999	0.4062	0.4455	0.0774	0.0004	0.0047	1.3341	0.6003	0.0153	0.1796	0.4855	0.0091	*	0.0003	0.0029	0.0006	1.2937	1.5%
*17	0.5048	0.2934	0.3706	0.0058	0.0004	0.0088	1.1839	0.5264	0.0230	0.1647	0.4361	0.0236	0.0086	0.0015	0.0043	0.0005	1.1867	0.1%
*7	0.7408	0.2990	0.7370	0.0053	0.0002	0.0019	1.7843	0.7178	0.0102	0.3293	0.7242	0.0048	*	0.0003	0.0043	0.0004	1.7913	0.2%
*14	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
*15	1.2653	2.2173	0.8744	1.9485	0.0002	0.2085	6.5143	1.7183	0.2405	3.0689	1.0615	*	0.0011	0.0067	0.0115	0.0009	6.1093	3.2%
*3	0.6261	0.0846	0.1874	0.0031	0.0004	0.0022	0.9038	0.3002	0.0205	0.2196	0.2551	0.0188	0.0188	0.0012	*	0.0001	0.8173	5.0%
*4	0.0787	0.0903	0.1791	0.0127	0.0015	0.0073	0.3696	0.2219	0.0358	0.0250	0.0658	0.0140	0.0018	0.0003	*	*	0.3646	0.7%
*6	0.4917	0.0762	0.1103	0.0110	0.0009	0.0047	0.8948	0.1653	0.0691	0.1697	0.1728	0.0913	0.0036	0.0003	*	*	0.6721	1.7%
*1	1.7504	8.4489	1.6718	6.0826	0.0015	0.4574	18.4126	4.3500	1.8034	8.3832	3.5385	*	0.0025	0.0395	0.0072	0.0042	18.1285	0.8%
*2	2.8060	4.5164	1.7780	2.7905	*	0.2875	12.1784	3.3582	0.8953	4.5510	2.3782	*	*	0.0079	0.0058	0.0037	11.1601	4.4%
*5	0.3999	0.0677	0.0916	0.0118	*	0.0057	0.5767	0.1653	0.0409	0.1198	0.2057	0.0199	0.0025	0.0009	*	0.0001	0.5551	1.9%
*8	0.3475	0.2370	0.2457	0.0906	*	0.0003	0.9211	0.4132	0.0128	0.1998	0.2880	0.0177	*	0.0006	*	0.0001	0.8522	3.9%
*9	0.3147	0.2454	0.3373	0.0697	*	0.0013	0.9684	0.4263	0.0230	0.1497	0.3127	0.0113	*	*	0.0014	0.0001	0.9245	2.3%
*10	0.3601	0.2877	0.2748	0.2523	*	0.0104	1.1853	0.5089	0.0256	0.1697	0.3621	0.0156	*	*	0.0058	0.0002	1.0879	4.3%
*11	0.4327	0.2595	0.3394	0.0342	*	*	1.0658	0.4524	0.0230	0.1597	0.3456	0.0177	0.0018	*	*	0.0001	0.9998	3.2%
*12	1.2260	0.3583	0.8286	0.0018	*	0.0142	2.4286	0.8613	0.0307	0.3194	0.9792	0.3008	0.0247	*	0.0086	0.0327	2.5574	2.6%
*13	1.4554	0.3301	0.8994	0.0016	*	0.0379	2.7244	0.9265	0.0332	0.4042	1.1685	0.3191	0.0229	0.0006	0.0101	0.0794	2.9645	4.2%
*16	0.2950	0.2680	0.3123	0.0894	*	0.0060	0.9707	0.4263	0.0281	0.1397	0.2880	0.0043	*	*	0.0029	0.0009	0.8902	4.3%
*17	0.3671	0.2962	0.2977	0.0798	*	0.0050	1.0458	0.4306	0.0153	0.3868	0.1547	0.0064	0.0007	0.0046	0.0043	0.0010	1.0044	2.0%
*7	0.7867	0.6178	0.7100	0.3787	0.0004	0.0347	2.5283	0.8352	0.0460	0.6237	1.0368	0.0043	*	0.0012	0.0072	0.0008	2.5552	0.6%
*14	0.7998	0.3667	0.3206	0.1971	*	0.1128	1.7970	0.4393	0.1125	0.7136	0.4526	*	0.0007	0.0018	*	0.0023	1.7228	2.1%
*15	1.6652	1.0043	0.7932	1.9049	*	0.3348	5.7024	0.9048	0.3044	2.8243	1.1274	*	*	0.0055	0.0058	0.0027	5.1749	4.8%
*3	0.2295	0.1100	0.1874	0.0061	*	0.0025	0.5355	0.2958	0.0230	0.0898	0.0987	0.0091	*	*	*	*	0.5164	1.8%
*4	0.0426	0.1100	0.1915	0.0844	*	0.0164	0.4449	0.2218	0.0895	0.0299	0.0905	0.0199	0.0038	*	*	0.0001	0.4575	1.4%
*6	0.2688	0.0959	0.0167	0.0079	*	0.0047	0.3940	0.1348	0.0435	0.0948	0.0905	0.0285	0.0025	*	*	*	0.3946	0.01%

* - Valores abaixo do limite de detecção. a. valor não determinado por inexistência de dados. Águas colhidas em: Complexo Xisto-Metagrauáquico (pontos de água 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 e 17); corneana (ponto de água 7); granito (pontos de água 14 e 15); arcoses (pontos de água 3, 4 e 6). O ponto de água 1, embora com água colhida em xistos, é de ocorrência granítica. Os pontos de água 4 e 5 recebem água de escorrência de filões de quartzo com barite, galena e bienda.
 O - poços, ● - nascentes, ▲ - linhas de água e pequenas retenções.

Tabela 2 - Valores de resíduo seco calculado para as águas de Segura

a.	Σ subst. Dissolvidas (mg/l)	$\frac{1}{2}$ HCO ₃ ⁻ (mg/l)	R calculado (mg/l)	b.	Σ subst. Dissolvidas (mg/l)	$\frac{1}{2}$ HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Resíduo calculado (mg/l)
●1	1410.7	49.9	1360.8	●1	1	1588.9	50.0
▲2	454.5	77.9	376.7	▲2	2	543.7	43.6
▲5	86.6	29.2	57.5	▲5	5	188.0	65.4
▲8	231.0	47.1	183.9	▲8	8	215.9	35.4
▲9	131.4	29.1	102.3	▲9	9	139.3	26.2
●10	89.0	15.2	73.9	●10	10	71.3	5.3
▲11	136.2	25.2	111.1	▲11	11	52.9	7.6
●12	164.5	36.6	128.0	●12	12	171.8	38.8
●13	232.6	57.9	174.7	●13	13	236.4	50.8
○16	107.9	13.6	94.3	○16	16	112.3	8.4
○17	121.8	29.2	92.7	○17	17	130.2	20.8
▲7	227.8	48.9	178.9	▲7	7	224.6	22.0
▲14	a	a	a	▲14	14	208.0	26.6
●15	413.1	31.6	381.6	●15	15	435.8	28.0
▲3	146.9	39.9	106.9	▲3	3	183.0	53.6
▲4	25.5	2.8	22.7	▲4	4	42.3	3.6
▲6	198.9	48.7	150.2	▲6	6	176.0	3.0
c.				d.			
●1	1487.2	53.6	1433.6	●1	1	1261.2	53.4
▲2	300.6	39.0	261.6	▲2	2	830.7	85.6
▲5	54.8	18.0	36.8	▲5	5	42.9	12.2
▲8	82.0	16.6	65.4	▲8	8	63.3	10.6
▲9	99.8	20.2	79.6	▲9	9	66.2	9.6
●10	88.5	14.0	74.5	●10	10	82.2	11.0
▲11	85.2	16.0	69.2	▲11	11	73.1	13.2
●12	168.5	36.6	131.9	●12	12	174.0	37.4
●13	204.4	45.0	159.4	●13	13	197.8	44.4
○16	89.3	12.2	410.3	○16	16	65.5	9.0
○17	82.0	15.4	66.6	○17	17	70.9	11.2
▲7	124.0	22.6	101.4	▲7	7	125.8	24.0
▲14	a	a	a	▲14	14	127.4	24.4
●15	448.8	38.6	410.3	●15	15	407.3	50.8
▲3	66.1	19.1	47.0	▲3	3	38.2	7.0
▲4	25.8	2.4	23.4	▲4	4	32.3	1.3
▲6	52.7	15.0	37.7	▲6	6	29.6	8.2

a. valor não determinado por inexistência de dados. Σ subst. Dissolvidas - somatório de substâncias dissolvidas. a. Julho/97; b. Outubro/96; c. Março/96; d. Dezembro/96.

Águas colhidas em: Complexo Xisto-Metagrauvaquico (pontos de água 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 e 17); coneaná (ponto de água 7); granito (pontos de água 14 e 15); arcoses (pontos de água 3, 4 e 6). O ponto de água 1, embora com água colhida em xistos, é de ocorrência granítica. Os pontos de água 4 e 5 recebem água de escorrência de fições de quartzão com barite, galena e blenda. Águas recolhidas em: ○ - poços, ● - nascentes, ▲ - linhas de água e pequenas retenções.

Tabela 1 - Valores para projeção no diagrama de Piper

a.	%(Na+K)	%Ca	%Mg	%HCO ₃	Cl	SO ₄ ²⁻	b.	%(Na+K)	%Ca	%Mg	%HCO ₃	Cl	SO ₄ ²⁻
•1	30.0	48.1	21.9	12.3	74.2	13.5	1	26.1	52.8	21.1	9.8	66.4	23.8
▲2	41.2	24.4	34.4	38.8	43.9	17.3	▲2	38.2	40.5	21.3	16.9	54.3	28.8
▲5	27.5	23.1	49.4	81.9	13.8	4.3	▲5	50.9	27.4	49.7	85.3	9.8	4.9
▲8	35.9	20.2	43.9	48.3	12.5	39.2	▲8	36.5	18.2	45.3	36.5	18.2	45.3
▲9	40.1	19.7	40.2	51.4	25.8	23.8	▲9	36.8	22.5	40.7	44.0	28.4	27.6
•10	54.2	15.7	30.1	45.5	29.5	25.0	10	49.2	15.1	35.7	27.1	33.9	31.0
▲11	58.6	21.1	20.3	36.9	36.0	27.1	▲11	49.1	16.7	38.2	34.4	35.4	30.2
•12	42.4	14.4	43.2	53.3	14.4	32.3	12	39.2	15.8	45.0	54.2	15.2	30.6
•13	36.4	17.3	46.3	58.8	14.9	26.3	13	37.3	15.6	47.1	51.4	11.7	36.9
•16	46.6	13.5	39.9	26.2	33.0	40.8	•16	44.1	14.5	41.4	18.3	46.8	34.9
•17	43.7	16.2	40.1	57.4	29.0	13.6	•17	37.6	19.1	43.3	37.5	22.5	40.0
▲7	39.2	16.8	44.0	49.9	27.5	22.6	▲7	40.4	12.0	47.6	20.4	28.4	51.2
▲14	a	a	a	a	a	a	▲14	35.3	39.1	25.6	41.0	33.2	25.8
15	34.2	49.0	16.8	25.8	52.1	22.1	15	34.1	50.0	15.9	21.7	57.0	21.3
▲3	53.2	13.9	32.9	68.2	27.3	4.5	▲3	25.2	33.4	31.4	72.8	18.7	8.5
▲4	77.3	6.9	15.8	25.5	41.5	3.3.0	▲4	68.4	9.3	22.3	17.7	41.8	40.5
▲6	52.3	24.1	23.6	64.0	30.9	5.1	▲6	68.6	16.6	14.8	3.9	48.7	47.4
c.							d.						
•1	28.9	49.1	22.0	11.9	75.8	12.3	•1	34.0	46.4	19.6	14.7	71.2	14.1
▲2	41.4	25.4	33.2	33.5	42.7	23.8	▲2	38.2	40.5	21.3	30.8	49.7	19.5
▲5	28.7	27.8	43.5	80.7	7.8	11.5	▲5	38.8	22.5	38.7	71.5	12.1	16.4
▲8	49.2	15.6	35.2	47.4	10.8	41.8	▲8	51.1	14.4	34.5	41.9	28.5	29.6
▲9	40.8	18.1	41.1	42.8	15.1	42.1	▲9	49.3	16.4	34.3	35.1	27.3	37.6
•10	52.4	15.4	32.2	42.2	26.7	31.1	•10	51.9	15.4	32.7	36.8	29.4	33.8
▲11	46.9	16.5	36.6	43.2	18.1	38.7	▲11	48.5	16.3	35.2	41.9	25.2	32.9
•12	39.9	14.4	45.7	52.0	12.2	35.8	•12	40.7	14.6	44.7	50.8	14.8	34.4
•13	39.2	15.4	45.4	52.4	10.5	37.1	•13	37.9	16.0	46.1	54.2	12.3	33.5
•16	48.1	14.0	37.9	29.1	29.5	41.4	•16	51.5	15.8	32.7	33.7	30.6	35.7
•17	47.8	14.3	37.9	43.2	25.1	31.7	•17	45.2	15.7	39.1	38.2	30.8	40.0
▲7	40.9	18.5	40.6	41.7	16.8	41.5	▲7	34.7	24.5	40.8	37.2	29.2	33.6
▲14	a	a	a	a	a	a	▲14	32.2	41.5	26.3	53.8	24.7	21.5
•15	32.2	50.4	17.4	29.0	50.9	20.1	•15	23.4	54.7	21.9	48.1	29.0	22.9
▲3	40.3	27.6	32.1	69.7	9.4	20.9	▲3	62.8	17.7	19.5	43.6	20.9	35.5
▲4	73.9	7.2	18.9	10.8	12.4	76.8	▲4	72.1	6.9	21.0	12.4	32.0	55.6
▲6	40.6	29.4	30.0	72.5	11.2	16.3	▲6	49.0	26.1	24.9	70.5	25.1	4.4

a. valor não determinado por inexistência de dados. a. Julho/97; b. Outubro/96; c. Março/97 e Outubro/96.

Águas colhidas em: Complexo Xisto-Metavolcânico (pontos de água 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 e 17); calcarenha (pontos de água 7); granito (pontos de água 14 e 15); arcoses (pontos de água 3, 4 e 6). O ponto de água 1, embora com água colhida em xistos, é de escorrência granítica. Os pontos de água 4 e 5 recebem água de escorrência de filões de quartzo com barite, galena e blenda.

Águas recolhidas em: ○ - poços, ● - nascentes, ▲ - linhas de água e pequenas retenções.

Tabela 2 - Razões iônicas obtidas nas águas de Segura para a classificação de Schoeller

a.	Cond.	seq. aniônica	Fácies	seq. catiônica	Fácies	b.	cond.	seq. aniônica	Fácies	seq. catiônica	Fácies
1	C ₄	rCl>rSO ₄ <rHCO ₃	1	rCa>r(Na+K)>rMg	e	1	C ₃	rCl>rSO ₄ >rHCO ₃	1	rCa>r(Na+K)>rMg	e
2	C ₃	rCl>rHCO ₃ >rSO ₄	2	r(Na+K)>rMg>rCa	a	2	C ₄	rCl>rSO ₄ >rHCO ₃	1	r(Na+K)>rMg>rCa	a
3	C ₁	rHCO ₃ rCl>rSO ₄	5	rMg>r(Na+K)>rCa	c	3	C ₁	rHCO ₃ rCl>rSO ₄	5	rMg>r(Na+K)>rCa	d
4	C ₂	rHCO ₃ >rSO ₄ >rCl	6	rMg>r(Na+K)>rCa	c	4	C ₁	rSO ₄ >rHCO ₃ >rCl	4	rMg>r(Na+K)>rCa	c
5	C ₁	rHCO ₃ >rCl>rSO ₄	5	r(Na+K)>rMg>rCa	a	5	C ₁	rHCO ₃ >rCl>rSO ₄	5	rMg>r(Na+K)>rCa	c
6	C ₁	rHCO ₃ >rSO ₄ >rCl	6	r(Na+K)>rMg>rCa	b	6	C ₄	rSO ₄ >rCl>rHCO ₃	3	r(Na+K)>rMg>rCa	a
7	C ₁	rHCO ₃ rCl>rSO ₄	5	r(Na+K)>rMg>rMg	e	7	C ₁	rCl>rHCO ₃ >rSO ₄	2	r(Na+K)>rMg>rCa	a
8	C ₁	rHCO ₃ >rSO ₄ >rCl	6	rCa>r(Na+K)>rMg	e	8	C ₁	rHCO ₃ >rSO ₄ >rCl	6	rMg>r(Na+K)>rCa	c
9	C ₂	rHCO ₃ >rSO ₄ >rCl	6	rMg>r(Na+K)>rCa	c	9	C ₁	rHCO ₃ >rSO ₄ >rCl	6	rMg>r(Na+K)>rCa	c
10	C ₁	rSO ₄ >rCl>rHCO ₃	3	r(Na+K)>rMg>rCa	a	10	C ₁	rCl>rSO ₄ <rHCO ₃	1	r(Na+K)>rMg>rCa	a
11	C ₁	rHCO ₃ rCl>rSO ₄	5	r(Na+K)>rMg>rMg	b	11	C ₁	rCl>rHCO ₃ >rSO ₄	4	rMg>r(Na+K)>rCa	c
12	C ₁	rHCO ₃ >rSO ₄ >rCl	6	rCa>r(Na+K)>rMg	e	12	C ₁	rHCO ₃ >rSO ₄ >rCl	6	rMg>r(Na+K)>rCa	c
13	C ₂	rHCO ₃ >rSO ₄ >rCl	6	rMg>r(Na+K)>rCa	c	13	C ₁	rHCO ₃ >rSO ₄ >rCl	6	rMg>r(Na+K)>rCa	c
14	C ₁	rSO ₄ >rCl>rHCO ₃	3	r(Na+K)>rMg>rCa	a	14	C ₁	rCl>rSO ₄ <rHCO ₃	1	r(Na+K)>rMg>rCa	a
15	C ₁	rHCO ₃ rCl>rSO ₄	5	r(Na+K)>rMg>rMg	b	15	C ₂	rSO ₄ >rHCO ₃ >rCl	4	rMg>r(Na+K)>rCa	c
16	C ₁	rSO ₄ >rCl>rHCO ₃	3	r(Na+K)>rMg>rCa	a	16	C ₁	rCl>rSO ₄ <rHCO ₃	1	rMg>r(Na+K)>rCa	c
17	C ₁	rHCO ₃ rCl>rSO ₄	5	rMg>r(Na+K)>rCa	c	17	C ₂	rSO ₄ >rCl>rHCO ₃	3	rMg>r(Na+K)>rCa	c
18	*	*	*	*	*	18	C ₂	rMg>r(Na+K)>rCa	5	rCa>r(Na+K)>rMg	e
19	C ₂	rCl>rHCO ₃ >rSO ₄	2	rCa>r(Na+K)>rMg	c	19	C ₂	rCl>rHCO ₃ >rSO ₄	2	rCa>r(Na+K)>rMg	e
20	C ₁	rHCO ₃ rCl>rSO ₄	5	r(Na+K)>rMg>rCa	a	20	C ₁	rCl>rHCO ₃ >rSO ₄	2	rCa>r(Na+K)>rMg	e
21	C ₁	rCl>rSO ₄ <rHCO ₃	1	r(Na+K)>rMg>rCa	a	21	C ₁	rHCO ₃ >rSO ₄ >rCl	6	r(Na+K)>rMg>rCa	a
22	*	rHCO ₃ rCl>rSO ₄	5	r(Na+K)>rMg>rMg	b	22	C ₁	rHCO ₃ >rSO ₄ >rCl	6	r(Na+K)>rMg>rCa	a
23						23	C ₁	rSO ₄ >rHCO ₃ >rCl	4	r(Na+K)>rMg>rCa	a
24						24	C ₁	rMg>r(Na+K)>rCa	4	r(Na+K)>rMg>rCa	a
25						25	C ₁	rMg>r(Na+K)>rCa	5	r(Na+K)>rMg>rCa	a
26						26	C ₁	rHCO ₃ >rSO ₄ >rCl	6	r(Na+K)>rMg>rCa	a
27						27	C ₁	rHCO ₃ >rSO ₄ >rCl	6	rMg>r(Na+K)>rCa	a
28						28	C ₁	rHCO ₃ >rSO ₄ >rCl	6	r(Na+K)>rMg>rCa	a
29						29	C ₁	rHCO ₃ >rSO ₄ >rCl	6	rMg>r(Na+K)>rCa	c
30						30	C ₁	rMg>r(Na+K)>rCa	5	rCa>r(Na+K)>rMg	e
31						31	C ₂	rMg>r(Na+K)>rCa	5	rCa>rMg>r(Na+K)	f
32						32	C ₁	rHCO ₃ >rSO ₄ >rCl	6	r(Na+K)>rMg>rCa	a
33						33	C ₁	rSO ₄ >rCl>rHCO ₃	3	r(Na+K)>rMg>rCa	a
34						34	C ₁	rMg>r(Na+K)>rCa	5	r(Na+K)>rMg>rMg	b

a. valor não determinado por inexistência de dados. a. Julho/97; b. Outubro/96; c. Março/97; d. Dezembro/96. Águas colhidas em: Complexo Xisto-Metagrauquico (pontos de água 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 e 17); cornena (ponto de água 7); granito (pontos de água 14 e 15); arcoses (pontos de água 3, 4 e 6). O ponto de água 1, embora com água colhida em xistos, é de ocorrência granítica. Os pontos de água 4 e 5 recebem água de ocorrência de filões de quartzo com barite, galena e bienda. Águas recolhidas em: ○ - poços, ● - nascentes, ▲ - linhas de água e pequenas retenções.

Tabela 3 - Valores obtidos nas águas de Segura para a classificação de Souliné

a.	$r(\text{Na-Cl})/r\text{SO}_4$	$r(\text{Cl-Na})/r\text{Mg}$	Designação	b.	$r(\text{Na-Cl})/r\text{SO}_4$	$r(\text{Cl-Na})/r\text{Mg}$	Designação	Tipo	Tipo	Designação
1	-2.7	1.0	clorretada cálcica	1	-1.5	1.2	clorretada cálcica	4	4	clorretada cálcica
2	-0.4	0.2	clorretada magnésiana	2	-0.5	0.5	clorretada magnésiana	4	3	clorretada magnésiana
5	1.6	-0.1	bicarbonatada sódica	5	0.9	-0.1	bicarbonatada sódica	2	1	sulfatada sódica
8	0.5	-0.5	sulfatada sódica	8	0.3	-0.3	sulfatada sódica	1	1	sulfatada sódica
9	0.4	-0.2	sulfatada sódica	9	0.2	-0.1	sulfatada sódica	1r	1	sulfatada sódica
10	0.9	-0.8	sulfatada sódica	10	0.8	-0.7	sulfatada sódica	1	1	sulfatada sódica
11	0.2	-1.9	sulfatada sódica	11	0.3	-0.2	sulfatada sódica	1	1	sulfatada sódica
12	0.8	-0.6	sulfatada sódica	12	0.3	-0.2	sulfatada sódica	1	1	sulfatada sódica
13	0.7	-0.4	sulfatada sódica	13	0.6	-0.5	sulfatada sódica	1	1	sulfatada sódica
16	0.2	-0.2	sulfatada sódica	16	-0.01	0.001	clorretada magnésiana	1	3	clorretada magnésiana
17	0.5	-0.2	sulfatada sódica	17	0.3	-0.3	sulfatada sódica	1	1	sulfatada sódica
7	0.5	-0.2	sulfatada sódica	7	0.1	-0.2	sulfatada sódica	1	1	sulfatada sódica
14	a	a	a	14	0.2	-0.1	sulfatada sódica	a	1	sulfatada sódica
15	-0.3	0.3	clorretada magnésiana	15	-0.4	0.4	clorretada magnésiana	3	3	clorretada magnésiana
3	4.6	-0.6	bicarbonatada sódica	3	0.7	-0.2	sulfatada sódica	2	1	sulfatada sódica
4	0.1	-0.1	sulfatada sódica	4	0.01	-0.03	sulfatada sódica	1	1	sulfatada sódica
6	0.4	-0.1	sulfatada sódica	6	-0.2	0.8	clorretada magnésiana	1	3	clorretada magnésiana
c.										
1	-3.4	1.3	clorretada cálcica	d.						
2	-0.3	0.2	clorretada magnésiana	1	-2.4	1.2	clorretada cálcica	4	4	clorretada cálcica
5	1.2	-0.3	bicarbonatada sódica	2	-0.7	0.5	clorretada magnésiana	3	3	clorretada magnésiana
8	0.9	-1.1	sulfatada sódica	5	1.1	-0.5	bicarbonatada sódica	2	2	bicarbonatada sódica
9	0.6	-0.6	sulfatada sódica	8	0.7	-0.6	sulfatada sódica	1	1	sulfatada sódica
10	0.9	-0.8	sulfatada sódica	9	0.5	-0.6	sulfatada sódica	1	1	sulfatada sódica
11	0.7	-0.8	sulfatada sódica	10	0.8	-0.6	sulfatada sódica	1	1	sulfatada sódica
12	0.7	-0.6	sulfatada sódica	11	0.6	-0.6	sulfatada sódica	1	1	sulfatada sódica
13	0.7	-0.6	sulfatada sódica	12	0.6	-0.5	sulfatada sódica	1	1	sulfatada sódica
16	0.4	-0.4	sulfatada sódica	13	0.7	-0.5	sulfatada sódica	1	1	sulfatada sódica
17	0.6	-0.5	sulfatada sódica	16	0.5	-0.5	sulfatada sódica	1	1	sulfatada sódica
7	0.6	-0.6	sulfatada sódica	17	0.5	-0.3	sulfatada sódica	1	1	sulfatada sódica
14	a	a	a	7	0.3	-0.2	sulfatada sódica	1	1	sulfatada sódica
15	-0.6	0.5	clorretada magnésiana	14	0.2	-0.2	sulfatada sódica	a	1	sulfatada sódica
3	1.1	-0.8	bicarbonatada sódica	15	-0.1	0.1	clorretada magnésiana	3	3	clorretada magnésiana
4	0.7	-2.0	sulfatada sódica	3	0.9	-1.9	sulfatada sódica	2	1	sulfatada sódica
6	0.8	-0.5	sulfatada sódica	4	0.6	-1.2	sulfatada sódica	1	1	sulfatada sódica
				6	2.3	-0.4	bicarbonatada sódica	1	2	bicarbonatada sódica

a. valor não determinado por inexistência de dados. a. Julho/97; b. Outubro/96; c. Março/97; d. Dezembro/96. Águas colhidas em: Complexo Xisto-Metagrauaváquico (pontos de água 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 e 17); corneana (ponto de água 7); granito (pontos de água 14 e 15); arcoses (pontos de água 3, 4 e 6). O ponto de água 1, embora com água colhida em xistos, é de escorrência granítica. Os pontos de água 4 e 5 recebem água de escorrência de filões de quartzo com barite, galena e blenda. Águas recolhidas em: O - poços, ● - nascentes, ▲ - linhas de água e pequenas retenções.

Tabela 4 - Valores obtidos nas águas de Segura para a classificação de Al-Ruwaih

a	rCu / rHCO ₃	rSO ₄ ²⁻ / rHCO ₃	rCl/rS O ₄ ²⁻	r(Na+K) / rCl	rCa/r (Na+K)	rMg/r (Na+K)	rCa/Mg	b	rCl/r HCO ₃	rSO ₄ ²⁻ / rHCO ₃	rCl/r SO ₄ ²⁻	r(Na+K) / rCl	rCa/r (Na+K)	rMg/r (Na+K)	rCa/Mg	
*1	6.0	3	5.6	3	0.6	1	2.2	3	*1	6.8	3	2.4	3	2.8	3	0.8
*2	1.1	3	0.4	1	2.5	3	1.0	2	*2	3.2	3	1.7	3	1.9	3	0.7
*3	0.2	1	0.05	1	3.2	3	1.8	3	*3	0.1	1	0.1	1	2.0	3	2.2
*4	0.3	1	0.8	1	0.3	1	2.9	3	*4	0.6	1	1.2	3	0.4	1	1.2
*5	0.5	1	0.5	1	1.1	3	1.5	3	*5	0.6	1	0.6	1	1.0	2	1.1
*6	0.6	1	0.5	1	1.2	3	1.9	3	*6	1.2	3	1.4	3	0.9	1	0.7
*7	0.9	1	0.7	1	1.3	3	1.2	3	*7	1.0	2	0.9	1	1.2	3	0.8
*8	0.3	1	0.6	1	0.4	1	2.9	3	*8	0.3	1	0.6	1	0.5	1	1.1
*9	0.3	1	0.4	1	0.6	1	2.3	3	*9	0.2	1	0.7	1	0.3	1	1.3
*10	1.3	3	1.6	3	0.8	1	1.3	3	*10	2.6	3	1.9	3	1.3	1	0.9
*11	0.5	1	0.2	1	2.1	3	1.4	3	*11	0.6	1	1.1	3	0.6	1	1.1
*12	0.5	1	0.5	1	1.2	3	1.5	3	*12	1.4	3	2.5	3	0.5	1	1.2
*13	a	a	a	a	a	a	a	a	*13	0.8	1	0.6	1	1.3	3	0.7
*14	2.0	3	0.9	1	2.3	3	0.9	1	*14	0.8	1	0.6	1	1.3	3	1.1
*15	0.3	1	0.1	1	4.7	3	2.6	3	*15	2.6	3	0.98	1	2.7	3	0.9
*16	2.6	3	1.3	3	2.0	3	1.2	3	*16	0.3	1	0.1	1	2.2	3	1.8
*17	0.4	1	0.1	1	6.3	3	2.1	3	*17	0.6	1	1.1	3	0.6	1	1.5
*18	a	a	a	a	a	a	a	a	*18	1.4	3	2.5	3	0.5	1	1.3
*19	a	a	a	a	a	a	a	a	*19	0.8	1	0.6	1	0.8	1	1.2
*20	3.7	3	0.8	1	4.6	3	0.4	1	*20	0.5	1	0.6	1	0.8	1	1.2
*21	0.7	1	0.6	1	1.3	3	0.7	1	*21	0.9	1	0.5	1	1.9	3	0.7
*22	0.8	1	0.1	1	0.5	1	2.5	3	*22	0.1	1	0.2	1	0.5	1	2.3
*23	0.1	1	0.7	1	0.2	1	2.9	3	*23	0.4	1	0.6	1	0.7	1	1.2
*24	0.2	1	0.6	1	0.3	1	1.6	3	*24	0.4	1	0.8	1	0.5	1	1.2
*25	0.4	1	0.6	1	0.6	1	1.4	3	*25	0.5	1	0.6	1	0.8	1	1.2
*26	0.2	1	0.7	1	0.3	1	1.7	3	*26	0.3	1	0.6	1	0.6	1	1.2
*27	0.1	1	0.5	1	0.3	1	2.1	3	*27	0.2	1	0.5	1	0.3	1	1.6
*28	0.1	1	0.6	1	0.2	1	2.4	3	*28	0.1	1	0.5	1	0.3	1	1.9
*29	0.6	1	0.9	1	0.7	1	1.0	2	*29	0.5	1	0.8	1	0.6	1	1.1
*30	0.3	1	1.5	3	0.6	1	1.3	3	*30	0.5	1	0.6	1	0.7	1	1.0
*31	0.2	1	0.8	1	0.3	1	1.6	3	*31	0.5	1	0.7	1	0.6	1	1.0
*32	a	a	a	a	a	a	a	a	*32	0.3	1	0.3	1	0.3	1	1.6
*33	1.0	2	0.5	1	1.9	3	0.6	1	*33	0.3	1	0.3	1	0.3	1	1.9
*34	0.1	1	0.2	1	0.3	1	2.6	3	*34	0.3	1	0.6	1	0.4	1	2.0
*35	0.7	1	1.8	3	0.4	1	2.0	3	*35	1.5	3	3.5	3	0.4	1	2.2
*36	0.1	1	0.2	1	0.5	1	2.4	3	*36	0.2	1	0.1	1	4.3	3	1.8

a. valor não determinado por inexistência de dados. a. Julho/97; b. Outubro/96; c. Março/97; d. Dezembro/96. Águas colhidas em: Complexo Xisto-Metagrauítico (pontos de água 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 e 17); calcarenita (ponto de água 7); granito (pontos de água 14 e 15); arcoses (pontos de água 3, 4 e 6). O ponto de água 1, embora com água colhida em xistos, é de escorrência granítica. Os pontos de água 4 e 5 recebem água de escorrência de filões de quartzo com barite, galena e blenda. Águas recolhidas em: O - poços, ● - nascentes, ▲ - linhas de água e pequenas retenções.

Tabela 5 - Matriz dos coeficientes de correlação de Spearman para as águas da região de Segura

	Cond.				pH				Na				K				Ca				Mg				Fe				Mn				Zn				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4					
Cond	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0479	0,3741	0,5317	0,7040	0,9736	0,8374	0,9461	0,9656	0,5359	0,4548	0,3444	0,5421	0,8318	0,8319	0,9050	0,9595	-0,0581	-0,3745	-0,2508	-0,4911	0,2251	0,0630	0,1395	0,0091	0,0266	0,6755	0,5086	0,6478					
pH		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-0,0343	0,2088	0,3717	0,6708	0,1606	0,4030	0,0937	0,4760	-0,0938	0,6247	0,5703	0,7930	0,0209	-0,1242	-0,1852	-0,3637	0,0755	-0,1537	-0,1075	0,0130	-0,1312	0,6577	0,3694	0,7359					
Na			1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5956	0,3834	0,3973	0,4216	0,0873	0,6123	0,5670	0,9253	0,8706	0,7914	0,9332	0,9669	0,0367	-0,2026	-0,2607	-0,4265	0,3078	-0,1187	-0,2306	-0,0052	0,6638	0,5892	0,4289	0,5431	
K				1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,8148	0,3514	0,4265	0,5569	0,0612	0,3569	0,4355	0,5511	0,1179	0,0580	0,1028	-0,5173	0,3789	0,3485	0,5990	0,2095	0,7278	0,3137	0,5998	0,5411					
Ca					1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,8218	0,2255	0,8765	0,6919	0,1267	-0,3708	-0,2155	-0,5911	0,3610	-0,1206	-0,1441	-0,0669	0,2988	-0,1050	-0,1938	-0,0052	0,7811	0,6505	0,5680	0,6926					
Mg						1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0569	-0,1731	-0,1690	-0,4747	0,0569	-0,1731	-0,1690	-0,4747	0,7941	0,6748	0,5666	0,4702	0,0840	-0,3192	-0,1762	-0,5932	0,2896	0,0963	0,2416	-0,0967					
Fe							1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000					
Mn								1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000					
Zn									1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000					
As										1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000				
Li											1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000			
HCO ₃												1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000						
Cl													1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000					
SO ₄														1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000				
NO ₂															1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000			
NO ₃																1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000		
PO ₄																	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
Rs																		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Águas colhidas em: 1. Julho de 1997; 2. Outubro de 1996; 3. Março de 1997; 4. Dezembro de 1996.
Realizador das colheitas: I. M. H. R. Antunes.

ERRATA

Pág.	Linha	onde se lê	deve ler-se
VI	21	do	em
VII	40	30	31
IX	19	73	74
IX	21	74	75
IX	23	75	76
IX	25	76	77
IX	27	77	78
IX	29	78	79
IX	31	79	80
IX	33	80	81
X	27	31	30
XI	16	dos filões.	do filão
18	6	wollastonite	wollastonite
27	penúltima	(1960)	(1960a)
33	1	Análises	Composições
89	10	Modelo 330	Modelo 330.
91	3	séco	seco
96	44	Anexo 5	Anexo V
99	36	condutividade específica e oxigênio dissolvido	alguns parâmetros hidrofísicos
127	17	intrusion	intrusion
127	penúltima	P. Cerný	P. Cerný
128	37	assemblages	assemblages
128	46	1998	1988
131	31	Douto	Douro