



ZVM-3D
Modelos Metalógénicos 3D da Zona de Ossa Morena:
Valorização dos recursos minerais do Alentejo

GEOUE
Núcleo de Geologia da Universidade de Évora

 UNIVERSIDADE
DE ÉVORA

CURSO DE PRIMAVERA

E

ENCONTRO DE CAMPO DO GGET



2019

GUIA DE CAMPO

ALEXANDRE ARAÚJO
JORGE PEDRO
JOSÉ ROSEIRO
MIGUEL MAIA
NOEL MOREIRA
PEDRO NOGUEIRA
RUI DIAS


ICT
Instituto de Ciências da Terra


Centro
Ciência Viva
Estremoz



Programa

26 de Abril

Conversas sobre Sustentabilidade

18:30-20:30h - Recepção aos participantes (CCV Estremoz)

20:30-22:00h - Jantar livre

22:00-23:30h - Conferência “Sustentabilidade Insustentável” com Professor Doutor Rui Dias (CCVEstremoz)

27 de Abril

Sector Estremoz-Barrancos: o Cobre e o Mármore como Georrecursos

08:00h - Saída de Estremoz

08:30h - Mostardeira; mineralização e edificado

10:30h - Anticlinal de Estremoz: estratigrafia, estrutura e uso do mármore

13:00h - Pausa para Almoço

14:00h - Cluster do Alandroal: enquadramento do Cobre e os seus condicionalismos geológicos

20:00h - Chegada prevista a Estremoz

21:30h - Jantar do curso

28 de Abril

Sector de Alter do Chão - Elvas: Magmatismo Varisco da Zona de Ossa-Morena

08:00h - Saída de Estremoz

09:00h - Estrutura do Sector de Alter do Chão - Elvas e a sua relação com o magmatismo

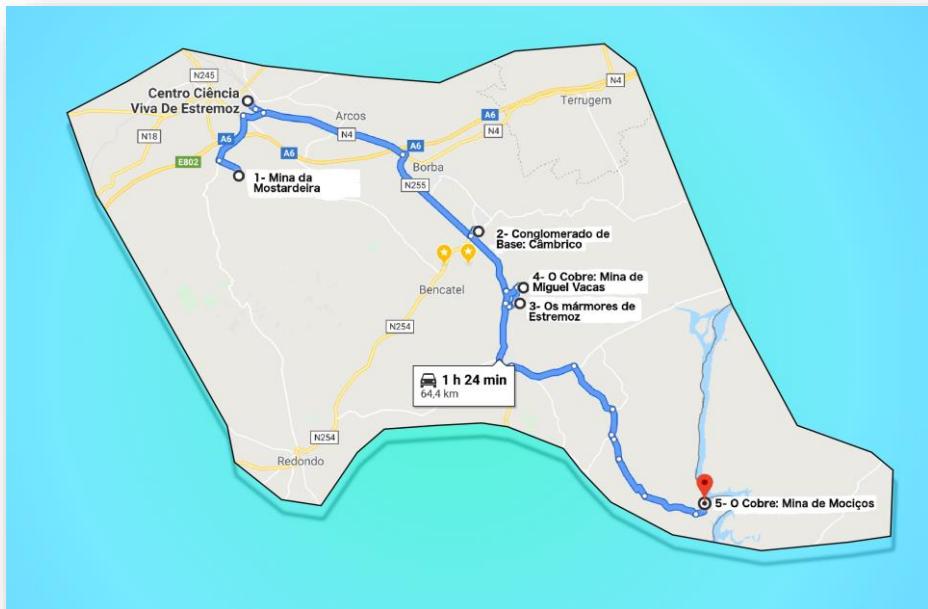
13:45h - Pausa para Almoço

14:30h - Magmatismo e mineralizações do Complexo Plutónico de Santa Eulália

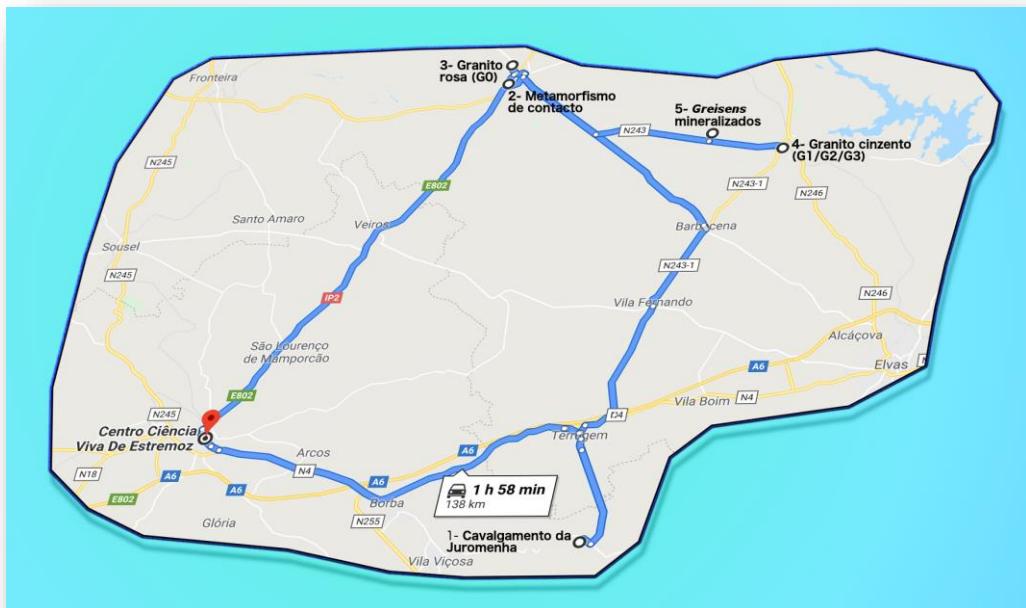
19:00h - Chegada prevista a Estremoz

Percursos

Dia 1: Sector Estremoz-Barrancos: o Cobre e o Mármore como Georrecursos



Dia 2: O Sector de Alter do Chão-Elvas e o Magmatismo Varisco da Zona de Ossa-Morena



Mensagem de Boas Vindas

O projeto ZOM3D-*Modelos metalogénicos 3D da Zona de Ossa-Morena: valorização dos recursos minerais do Alentejo*, tem vindo a desenvolver um conjunto alargado de atividades de divulgação coordenadas pelo Centro de Ciência Viva de Estremoz. A realização de um curso de campo ao estilo de *Summer School* foi uma das atividades que nos propusemos desde o início do projeto e esta foi uma atividade que sempre contou com a colaboração do GEOUE-Núcleo de Estudantes de Geociências da Universidade de Évora. É com contentamento que constato que chegamos à terceira edição deste Curso de Primavera!!!

Para esta edição reunimos ainda o apoio do GGET-Grupo de Geologia Estrutural e Tectónica da Sociedade Geológica de Portugal e associamos as atividades às comemorações do Dia do Geólogo promovido por esta Sociedade. As expectativas são altas, e tenho a certeza que com a equipa que reunimos, este curso vai mais uma vez ser uma atividade do agrado de todos.

A edição deste ano vai centrar-se nos Setores de Estremoz-Barrancos e Alter do Chão-Elvas; vamos percorrer as principais formações destes Setores e visitar algumas das minas e ocorrências minerais mais relevantes. A viagem vai percorrer todo o ciclo Varisco, desde calcários do Câmbrico inferior a granitos do Carbónico-Pérnico. As mineralizações que vamos observar passam pelos mármore de Estremoz até aos *greisens* com cassiterite de Santa Eulália. Tudo isto com o nosso conceito de *Slow Geology*, isto é, geologia feita devagar, para todos entendermos tudo e para que possamos debater com tempo as nossas dúvidas e observações.

Bem-vindos e votos de bom curso!

Évora, 22 de Abril de 2019

Pedro Nogueira

Índice

Percursos	2
Dia 1: Sector Estremoz-Barrancos: o Cobre e o Mármore como Georrecursos	2
Dia 2: O Sector de Alter do Chão-Elvas e o Magmatismo Varisco da Zona de Ossa-Morena	2
Mensagem de Boas Vindas	3
Dia 0: Conferência: “UMA TERRA... UMA POPULAÇÃO...VÁRIAS NECESSIDADES E... METAIS...”	5
Enquadramento	6
SECTOR DE ALTER DO CHÃO-ELVAS	7
SECTOR DE ESTREMOZ-BARRANCOS	8
Dia 1: Sector Estremoz-Barrancos: o Cobre e o Mármore como Georrecursos	9
Paragem 1 - Mina da Mostardeira: Edificado e Mineralização	9
Paragem 2 - Estratigrafia do Anticlinal de Estremoz: o conglomerado de base do Câmbrico	11
Paragem 3 - Estratigrafia do Anticlinal de Estremoz: Os mármore do CVSC de Estremoz.....	13
Paragem 4 - Mina de Miguel Vacas: mineralização e estrutura	15
Paragem 5 - Mina de Mociços: Mineralização e Estrutura	17
Dia 2: O Sector de Alter do Chão - Elvas e o Magmatismo Varisco da Zona de Ossa-Morena	20
Paragem 1 - Estratigrafia e Estrutura do sector de Alter do Chão - Elvas: Cavalgamento da Juromenha	20
Paragem 2- O Complexo Plutónico de Santa Eulália: O Metamorfismo de Contacto ..	24
Paragem 3- Facies G0 - Granito Rosa de Monforte (Granitos de Maceira/Monforte S.A.).....	26
Paragem 4- Facies G2 - Granito Cinzento (Pedreira Carlos Granitos, Lda.)	26
Paragem 5- As Mineralizações de Sn-W e Ti (Escombeira do Baldio do Conde)	27
Bibliografia	29

Dia 0: Conferência: “UMA TERRA... UMA POPULAÇÃO... VÁRIAS NECESSIDADES E... METAIS...”

Rui Dias

Em 1960 a Terra tinha 3 000 milhões de habitantes. Desde então, a população tem aumentado cerca de 1 000 milhões a cada 12 anos. São, em média, mais de 225 000 NOVOS HABITANTES POR DIA! Este é um número que é frequentemente esquecido e... não devia. E nada faz prever que possa vir a mudar!

As consequências deste vertiginoso aumento populacional são imprevisíveis. Os desafios a vencer são imensos e os exemplos inumeráveis... Anualmente tanto a China como a Índia precisam de criar cada uma 10 milhões de novos empregos APENAS para garantir que a taxa de desemprego não aumenta....10 milhões de novos trabalhadores!!! Se só por si esse número já impressionava, é preciso não esquecer que estes empregos são quase sempre a produzir produtos que irão alimentar um consumo que não pode parar de crescer, pois só o aumento do consumo garante alguma sustentabilidade (precária...) ao tipo de Sociedade dominante.

Mas esta lógica de fuga para frente necessita de um consumo exponencial de MATÉRIAS PRIMAS para produzir estes materiais de consumo. No entanto, o ritmo a que se estão a consumir os recursos geológicos essenciais à nossa sobrevivência só excepcionalmente são discutidos. Com efeito, o fecho de uma mina/região mineira por se terem ESGOTADO as suas reservas quase sempre é notícia apenas pelos problemas sociais inerente ao desemprego dos mineiros. Só excepcionalmente estas situações são utilizadas para refletir sobre a SUSTENTABILIDADE do consumo dos recursos geológicos que suportam a nossa Sociedade. O encerramento das minas não é ainda capaz de despertar em nós as emoções e os sinais de alerta que temos sempre que somos confrontados com notícias de escassez alimentar, de falta de água potável, ou da existência de espécies em perigo de extinção... E... no entanto, tudo indica que nas próximas décadas alguns dos recursos geológicos de que dependemos para viver como vivemos terá sido consumido até à exaustão.

É fundamental que tomemos consciência deste Mundo que se avizinha e que tão mal compreendemos.

É fundamental que tomemos consciência, não só da nossa dependência dos RECURSOS GEOLÓGICOS (e.g. petróleo, ferro, carvão ou cobre... mas também índio, lítio, césio ou platina), mas também de que não são recursos inesgotáveis e que na esmagadora maioria dos casos se formam a velocidades muito inferiores às do seu consumo.

É fundamental que tomemos consciência de que os nossos consumos são essencialmente suportados pela exploração de algumas concentrações de minerais excepcionalmente ricas formadas em condições muito particulares.

É fundamental que tomemos consciência de que a generalidade das restantes ocorrências minerais, embora fundamentais por vários motivos (e.g. desenvolvimento local/regional) são claramente insuficientes para suportar as nossas necessidades.

Enquadramento

Alexandre Araújo, Miguel Maia, Noel Moreira, Pedro Nogueira e José Roseiro

A estratigrafia da Zona de Ossa Morena (ZOM) é complexa e bastante diversificada pelo que tem sido tradicionalmente apresentada em termos de zonas e subzonas (Carvalho *et al.*, 1971) ou domínios tectono-estratigráficos (Chacón *et al.*, 1974; Delgado *et al.*, 1977; Apalategui *et al.*, 1990). Posteriormente foi introduzido o conceito de sector, que visa a melhor compreensão dos vários depocentros, independentemente dos seus limites geográficos coincidirem ou não com acidentes tectónicos importantes (Oliveira *et al.*, 1991; Fig. 1).

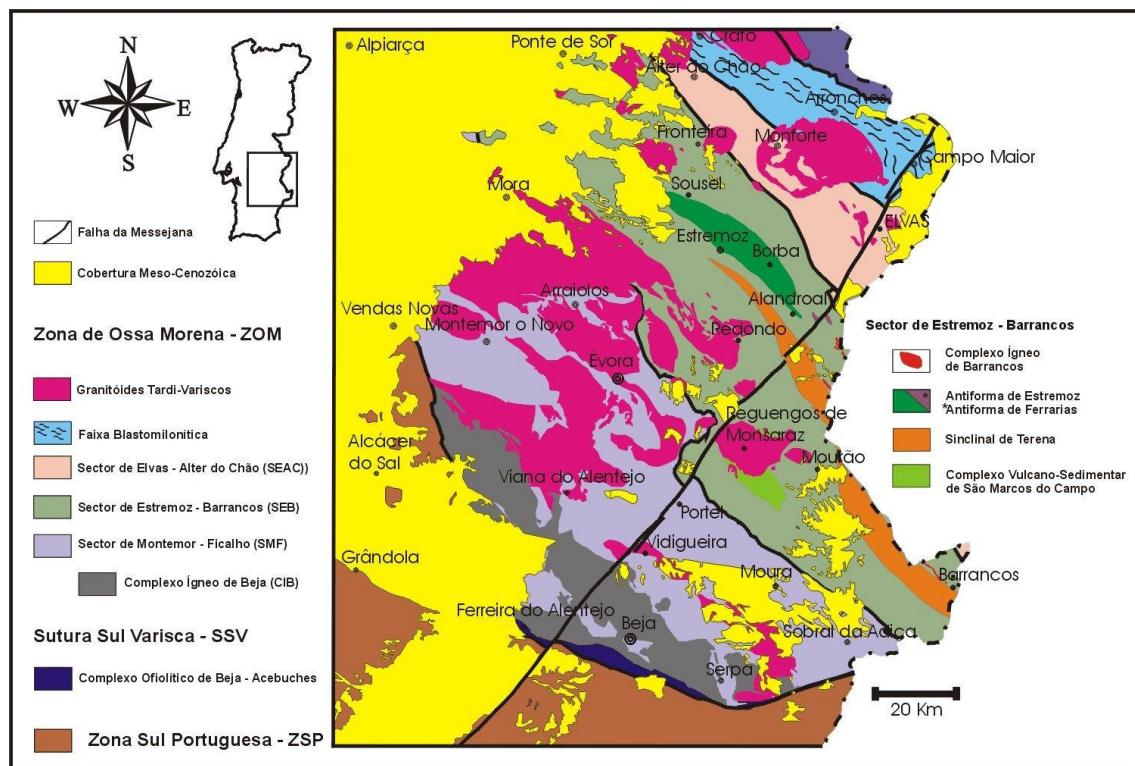


Figura 1- Principais sectores da Zona de Ossa-Morena (retirado de Araújo *et al.*, 2013).

Durante este curso serão realizadas paragens em vários pontos situados tanto no Sector de Alter do Chão-Elvas como no de Estremoz-Barrancos. No Quadro I resume-se a sequência litoestratigráfica presente em cada um destes dois sectores e estabelece-se a sua correlação.

SECTOR DE ALTER DO CHÃO-ELVAS

O seu limite nordeste é feito com o sector da Faixa Blastomilonítica, através do chamado cavalgamento de Alter do Chão. Relativamente ao limite sul, com o sector de Estremoz-Barrancos, há duas interpretações no que respeita à sua natureza. Segundo a interpretação clássica, este limite coincide com o designado carreamento da Juromenha que sublinha o contacto entre as unidades câmbricas do sector de Alter do Chão-Elvas e as sequências mais recentes do Sector de Estremoz-Barrancos (Gonçalves, 1972; Ribeiro *et al.*, 1979; Araújo *et al.*, 1994). Uma interpretação alternativa propõe a existência de uma discordância cambro-ordovícica marcada pela presença de um nível de conglomerados associado a impregnações de óxidos de ferro e manganês (Oliveira, 1984b; Oliveira *et al.*, 1991; Piçarra, 2000). A sequência estratigráfica do Sector, esquematizada no Quadro I, corresponde a um conjunto de unidades escalonadas entre o Neoproterozóico e o Câmbrio médio (a superior?).

Quadro I - Unidades litoestratigráficas dos sectores Alter do Chão-Elvas e de Estremoz-Barrancos e sua correlação (adaptado de Araújo *et al.*, 2013)

				Sector de Elvas - Alter do Chão	Sector de Estremoz - Barrancos	
				Anticinal de Estremoz		
DEVÓNICO	MÉD./SUP.			C.V.S.C. Estremoz	Fm. Terena	
		Emsiano			Fm. Monte Russianas	
	INFERIOR	Pragiano			Fm. X.Raiados	
		Lochkoviano			Fm. X.Raiados "Calcaríos do Complexo Igneo"	
	SILÚRICO	Pridoli			?	
		Ludlow				
		Wenlock				
		Llandovery				
	ORDOVÍCICO	SUPERIOR	Hirnantiano		Fm. Xistos com Nódulos	
			Kralodvoriano		Fm. de Colorada	
CÂMBRICO	MÉDIO	Berouniano		?	?	
		Dobrotiviano				
		Oretaniano				
	INFERIOR	Arenigiano			?	
		Tremadociano			?	
	SUPERIOR				?	
		LA	Fm. de Fatuquedo			
	MÉDIO	CAE	C. V. S. Terrugem			
		LEO	B.quartzítica			
	INFERIOR	Bilbiliano	Fm. de Vila Boim			
		Marianiano				
		Ovetiano	Fm. Carbonatada		Fm. Dolomítica	
		Cordubiano			?	
NEO - PROTE-ROZÓICO			Fm. de Mosteiros	Fm. de Mares		

SECTOR DE ESTREMOZ-BARRANCOS

Os limites nordeste e sudoeste fazem-se respetivamente com os Sectores de Alter do Chão-Elvas, descrito anteriormente e Montemor-Ficalho, este último através do carreamento de Santo Aleixo da Restauração (Araújo, 1995). Comparativamente ao Sector anterior, a sequência estratigráfica do Sector de Estremoz-Barrancos é bastante mais completa (*vide Quadro I*). Por outro lado, as variações litológicas, em particular das unidades atribuídas ao Silúrico superior/Devónico inferior, tornam a coluna litoestratigráfica deste sector mais complexa. O Sector apresenta uma sequência geral bastante regular, constituída da base para o topo pelas formações de Ossa, Barrancos, Colorada, Xistos com Nódulos e Terena, mas há que considerar também a litoestratigrafia particular das estruturas Antiforma de Estremoz e Ferrarias e do Complexo Ígneo de Barrancos (Araújo *et al.*, 2013). A aumentar a complexidade, na região de Barrancos a Formação de Terena passa lateralmente às Formações de Monte Russianas e dos Xistos Raiados. As acentuadas mudanças de fácies entre as várias unidades atribuídas ao Devónico inferior é uma das evidências que aponta para que o período orogénico varisco se tenha iniciado nesta altura (Araújo *et al.*, 2013). Na figura 2 está representada a estrutura geral da região a visitar durante o presente curso, correspondente a estes dois sectores.

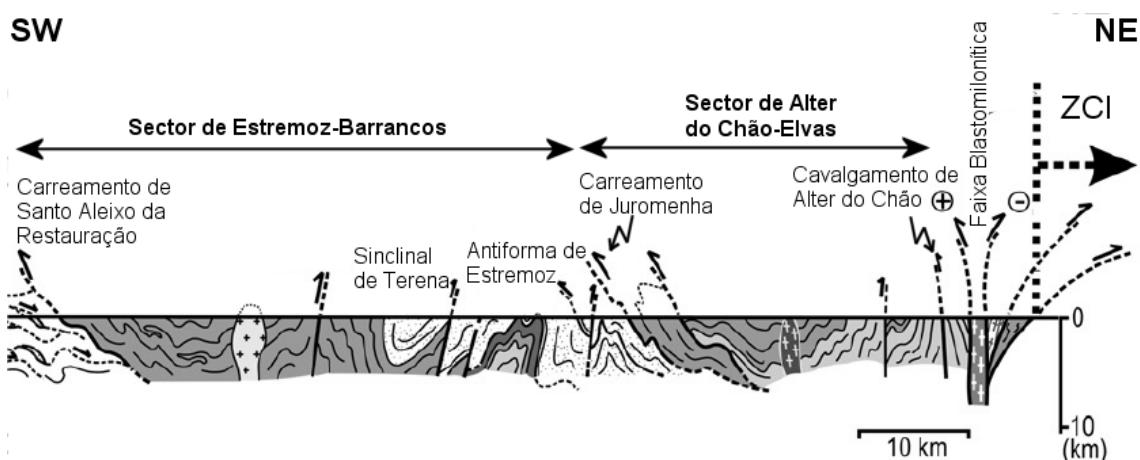


Figura 2- Estrutura do ramo Norte da Zona de Ossa-Morena, abrangendo os Sectores de Estremoz-Barrancos, Alter do Chão-Elvas e Faixa Blastomylonítica (adaptado de Ribeiro *et al.*, 2007).

Dia 1: Sector Estremoz-Barrancos: o Cobre e o Mármore como Georrecursos

Paragem 1 - Mina da Mostardeira: Edificado e Mineralização

Coordenadas: N38.801815, W7.590621

Coordenadores: Pedro Nogueira, Noel Moreira, Jorge Pedro, Alexandre Araújo

Na Faixa Metalogénica de Sousel-Barrancos definida por Oliveira (1986) estão reportadas um conjunto de ocorrências de cobre, algumas das quais exploradas durante o século XIX e XX. A mina insere-se neste conjunto de explorações de cobre, sendo também exemplos destas minas o Bugalho e os Mociços (Concelho do Alandroal).

A estrutura mineralizada da Mostardeira tem carácter filoniano, sendo caracterizada pela presença de quartzo e carbonatos (siderite \pm dolomite \pm calcite) e/ou brechas de falha, à qual se associam as mineralizações de sulfuretos primários (pirite + calcopirite + arsenopirite + tetraedrite \pm galena; Mateus *et al.*, 2003) por vezes com cobre nativo (Brandão & Matos, 2000; Mateus *et al.*, 2003). À superfície (no chapéu de ferro) surgem minérios secundários de cobre como a malaquite, cuprite e calcantite acompanhados de hematite (Brandão & Matos, 2000). Importa ainda referir que esta estrutura mineralizada apresenta indícios da presença de ouro (1,5 a 3,0 ppm), verificando-se uma boa correlação entre os conteúdos em ouro e arsénio, elemento este que pontualmente pode atingir valores consideráveis (até 7%) (Mateus *et al.*, 2003; 2013).

A estrutura filoniana está instalada nas sequências metassedimentares de idade paleozoica pertencentes ao sector de Estremoz-Barrancos (Oliveira *et al.*, 1991), nomeadamente xistos negros, lítitos e grauvaques de idade compreendida entre o Silúrico e o Devónico inferior (Formações dos Xistos com Nódulos e de Terena; Gonçalves, 1972). A idade da mineralização é considerada como estando relacionada com um episódio tardi-Varisco. O filão mineralizado é subvertical, com uma orientação ENE-WSW (Gonçalves, 1972; Mateus *et al.*, 2003), sendo que o veio principal atinge espessuras máximas na ordem dos 4,5 m.

No que respeita à história da Mina, entre 1858 e 1865, o “negociante e proprietário” estremocense José Rodrigues Tocha requereu um conjunto de 40 direitos de descoberta sob ocorrências de minérios de cobre e ferro nos concelhos de Estremoz, Alandroal, Redondo e Arraiolos, entre as quais se inclui a mina da herdade da Mostardeira. Em 1861, esta pretensão foi-lhe atribuída, sendo que a mina obteve a licença para exploração em 1862, embora os trabalhos só tenham arrancado em 1866, com a atribuição da concessão definitiva da mina, tendo-se mantido em exploração durante 15 anos (cessou actividade em 1881; Brandão & Matos, 2000). Após o encerramento, várias tentativas de reativação

da mina tiveram lugar, não só pela família Tocha, que deixou de ser proprietária da mina em 1910, mas também pelos seguintes proprietários.

Aquando dos trabalhos no século XIX, foi reportada a presença de evidências de exploração anteriores, provavelmente de idade romana, por comparação com outras ocorrências na região como é o caso do Bugalho, embora não existam quaisquer vestígios materiais inequívocos da exploração durante essa época (Brandão & Matos, 2000). Os trabalhos mineiros do século XIX nesta mina foram realizados em galerias, com jornadas de fundo compreendidas entre as 10 e 12 horas, tendo-se atingido os 120 m de profundidade (Brandão & Matos, 2000; Mateus *et al.*, 2003), com uma produção de 330 toneladas de minério de cobre. No seu auge, a Mina da Mostardeira empregava anualmente entre 30 a 80 operários.

Importa ainda referir que apesar da pequena escala de exploração, a área de influência das antigas minas apresenta “risco ambiental potencial”, devido à presença do par cobre-arsénio provenientes das escombeiras nos solos e linhas de água.



Figura 3- Antigas infraestruturas mineiras (casa das máquinas, onde se localiza o poço principal) e zona de escombeira da mina da Mostardeira.

Paragem 2 - Estratigrafia do Anticlinal de Estremoz: o conglomerado de base do Câmbrico

Coordenadas: N38.771855, W7.423444

Coordenadores: Noel Moreira, Alexandre Araújo

A sucessão de unidades estratigráficas no Anticlinal de Estremoz foi inicialmente estabelecida com recurso a correlações com sequências definidas para outros sectores da Zona de Ossa-Morena (Sector Alter do Chão-Elvas), mantendo-se ainda hoje o paralelismo entre várias das unidades (e.g. Oliveira *et al.*, 1991). A sucessão inicia-se com a Formação de Mares, composta por xistos negros, chertes negros/liditos e metagrauvaques que ocupam uma posição central nesta estrutura (Fig. 4; Gonçalves, 1970; Oliveira *et al.*, 1991). Esta unidade foi desde cedo considerada como sendo de idade Neoproterozóica. Estudos recentes de geocronologia permitiram confirmar esta idade com base no estudo de zircões detriticos em grauvaques (Pereira *et al.*, 2012). Segundo os autores, a idade mínima de deposição é de ca. 599 Ma, sendo provável que a deposição tenha ocorrido até à transição Câmbrico-Ordovícico (população mais recente de zircões com ca. 544 Ma).

Sobre ela repousa discordantemente a Formação Dolomítica, composta por mármores dolomíticos (daqui para a frente denominados de metadolomias), por vezes xistificados, pontualmente com metavulcanitos básicos intercalados. Na base da Formação Dolomítica surge um nível lenticular de metaconglomerados e meta-arcoses (Fig. 5; Oliveira *et al.*, 1991; Pereira *et al.*, 2012; Araújo *et al.*, 2013). A Formação Dolomítica é considerada como sendo câmbrica inferior, por correlação com a Formação Carbonatada de Elvas (Oliveira *et al.*, 1991; Araújo *et al.*, 2013). Foram também realizados estudos de geocronologia no nível conglomerático de base, sendo que a população de zircões mais recentes apresenta ca. 540 Ma, embora neste caso a população seja estatisticamente pouco válida devido ao escasso número de zircões com esta idade (Pereira *et al.*, 2012). Tal facto é compatível com a idade câmbrica desta formação.

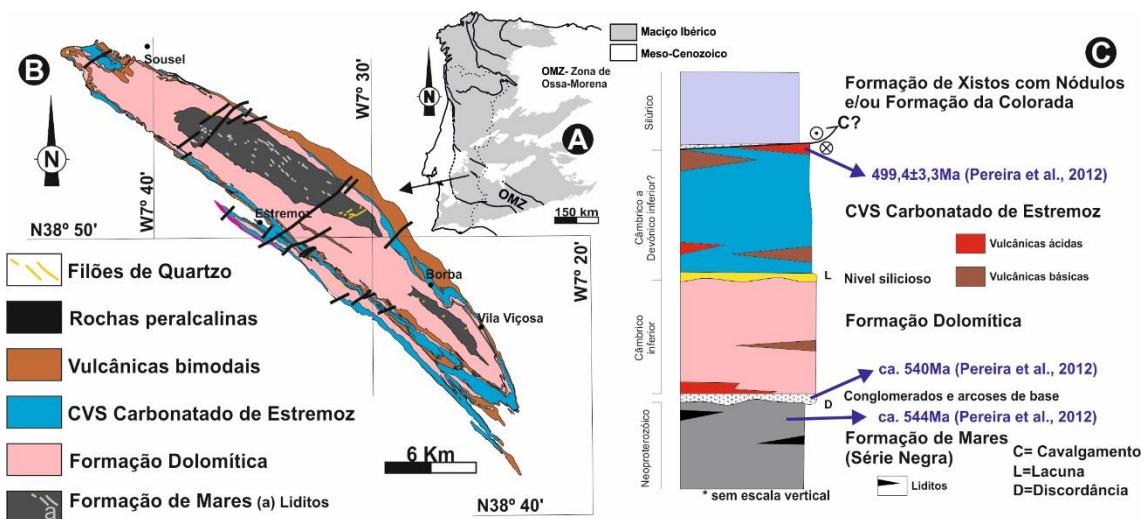


Figura 4- Mapa geológico e coluna estratigráfica sintética do Anticlinal de Estremoz.

No topo da Formação Dolomítica ocorre um horizonte silicioso descontínuo (localmente com sulfuretos), que tem sido interpretado como marcador de uma importante lacuna,

resultante da exposição sub-aérea dos carbonatos que localmente teria provocado carsificação e silicificação (Oliveira *et al.*, 1991 e referências inclusas). Sobre o horizonte silicioso assenta o Complexo Vulcano-Sedimentar Carbonatado de Estremoz (Fig. 4), caracterizado pela presença de mármore calcíticos, com intercalações de calcoxistas e de metavulcanitos de carácter bimodal (Mata & Munhá, 1985; Oliveira *et al.*, 1991; Pereira *et al.*, 2012). A idade desta unidade tem sido alvo de discussão ao longo das últimas décadas (e.g. Piçarra & Le Menn, 1994; Piçarra, 2000; Lopes, 2003; Piçarra & Sarmiento, 2006; Pereira *et al.*, 2012; Araújo *et al.*, 2013; Moreira *et al.*, 2016; 2019; Moreira *et al.*, 2017), tendo sido atribuídas idades variáveis, desde o Câmbrico ao Silúrico superior-Devónico inferior.



Figura 5- Aspetto geral do conglomerado da base do Câmbrico.

Toda esta sequência é rodeada por unidades xistentas do Silúrico-Devónico (Formações dos Xistos com Nódulos e Xistos Raiados; Gonçalves, 1972; Piçarra, 2000; Araújo *et al.*, 2013). O contacto entre estas unidades de carácter xistento e a restantes unidades previamente descritas é também alvo de discussão (Fig. 2C; *vide* Araújo *et al.*, 2013 para discussão).

Na presente paragem, pretende-se observar as características litológicas e discutir o significado do conglomerado da base da Formação Dolomítica, também comumente designado de Conglomerado de Base do Câmbrico. Este conglomerado marca a transição entre dois ciclos distintos: o Ciclo Cadomiano e o Ciclo Varisco, resultando do desmonte do Orógeno Cadomiano, marcando desta forma o início do processo de *rifting* intracontinental. Consequentemente, o conglomerado arcósico apresenta grãos rolados (que chegam a atingir dimensões centimétricas) de quartzo, xistos negros, meta-vulcanitos e metachertes/metaliditos, pertencentes aos litótipos descritos na Formação de Mares de idade Neoproterozóica. Um processo de *rifting* irá manter-se, dando origem de forma transicional à sedimentação carbonatada câmbrica materializada na Formação Dolomítica.

Paragem 3 - Estratigrafia do Anticlinal de Estremoz: Os mármores do CVSC de Estremoz

Coordenadas: N38.732599, W7.394597

Coordenadores paragem: Noel Moreira, Alexandre Araújo

Os Mármores de Estremoz (denominação para os mármores provenientes do Anticlinal de Estremoz) são uma matéria-prima de inegável beleza estética e de qualidade incontestável, graças aos variados padrões cromáticos, texturas e características físico-químicas (Lopes & Martins, 2015). São explorados num dos principais polos extractivos de rochas ornamentais do Alentejo e de Portugal (Lopes & Gonçalves, 1997; Carvalho *et al.*, 2013), o denominado Triângulo do Mármore, representando uma fatia considerável do PIB nacional proveniente da exploração de materiais geológicos.

Estes mármores pertencem ao Complexo Vulcano-Sedimentar Carbonatado de Estremoz (Fig. 4) e apresentam diferentes variedades: no topo situam-se as variedades mais escuras (*e.g.* Ruivina e Marinela), sendo que ao descer na sequência ocorrem vários tipos de mármore creme/branco e mais raramente cor-de-rosa na base da sucessão (Lopes, 2007). Estas variações cromáticas são resultado das “impurezas” do mármore que, apesar de ser constituído essencialmente por calcite, apresenta pequenas variações compostionais e mineralógicas que lhe confere a diversidade cromática e de padrões (Fig. 6; *in* Lopes & Martins, 2015). Estes mármores têm elevada pureza mineralógica sendo que a calcite representa mais de 95% do volume, de grão médio a fino, com dimensões entre 0,5 a 1mm, embora o tamanho do grão possa variar entre os 0,2-4,0mm (Lapuente & Turi, 1995; Casal Moura *et al.*, 2007; Lopes & Martins, 2015; Menningen *et al.*, 2018; Moreira *et al.*, 2019).

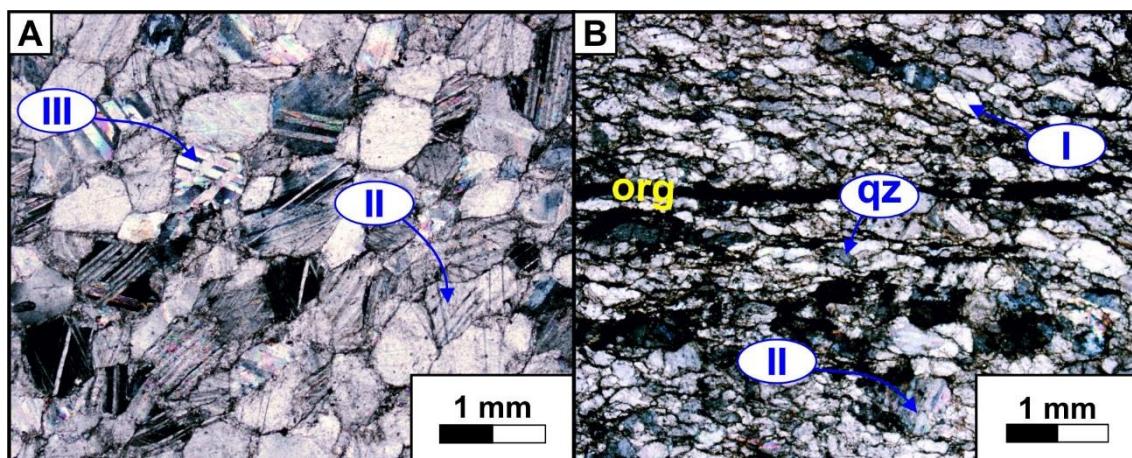


Figura 6- Textura e características petrográficas de mármores do Anticlinal de Estremoz: Mármore Branco (A) e Ruivina (B) [I, II e III representam diferentes tipologias de maclas na calcite, Qz - Quartz; org - matéria orgânica].

O Anticlinal de Estremoz, e consequentemente estes mármores, experienciou uma evolução tectono-metamórfica resultante de dois episódios de deformação principais durante o Ciclo Varisco (*e.g.* Lopes, 2003; Pereira *et al.*, 2012). A primeira fase (D_1) é caracterizada geometricamente pelo desenvolvimento de dobras deitadas com eixos de direção geral N-S, com clivagem de plano axial pouco inclinada, que transpõe

frequentemente a estrutura planar original (S_0), com transporte para NW (Lopes, 2007; Araújo *et al.*, 2013). Os eixos das dobras apresentam uma orientação média em torno da direção N-S. Esta fase de deformação apresenta um metamorfismo de baixo grau, na fácie dos Xistos Verdes (zona da clorite; Mata & Munhá, 1985; Araújo *et al.*, 2013). A segunda fase de deformação (D_2) é caracterizada pela presença de dobras com eixos de orientação NW-SE com pendentes variáveis em função da interferência com a geometria da fase anterior com planos axiais subverticais a muito inclinados para SW (Lopes, 2007). É a esta fase que se deve a orientação NW-SE do Anticlinal de Estremoz, marcando uma das estruturas de 1^a ordem mais significativas da zona de Ossa-Morena (Lopes, 2007; Pereira *et al.*, 2012; Araújo *et al.*, 2013; Moreira *et al.*, 2014).

Em resultado destes processos tectono-metamórficos, os mármores apresentam evidências de recristalização da calcite, que ostenta frequentemente maclas do tipo II e III (Passchier & Trouw, 2005). Estas maclas são indicativas de temperaturas máximas de metamorfismo que não ultrapassam os 300°C (Lopes, 2003; Moreira *et al.*, 2019).

Nesta paragem iremos ver uma das mais impressionantes explorações da região: com mais de 100m de profundidade é uma das maiores explorações do género a céu aberto do Anticlinal de Estremoz - localizada na denominada UNOR-5 Pardais, uma das zonas mais relevantes em termos da produção de rochas ornamentais da região. Esta pedreira é uma das centenas de pedreiras espalhadas entre Estremoz e Alandroal. Como referido, aqui o desmonte é feito a céu aberto (Fig. 7), tal qual a esmagadora maioria dos casos ao longo do Anticlinal, existindo, contudo, algumas tentativas de exploração subterrânea.

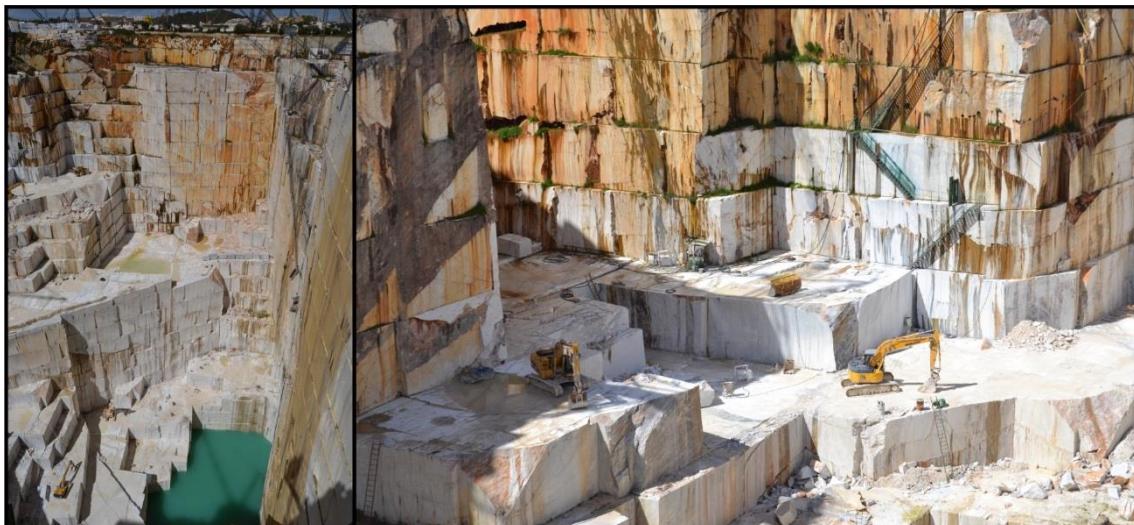


Figura 7- Pedreira de mármores do núcleo de Pardais: compare-se o aspeto atual da pedreira com a foto aqui apresentada (2013), sendo a diferença resultado dos últimos 6 anos de exploração.

Para além disso, discutiremos também a idade dos mármores e o significado geodinâmico das diversas idades propostas para esta unidade no contexto evolutivo da Zona de Ossa-Morena. Observar-se-ão ainda as características da exploração e transformação do mármore, bem como serão discutidos os seus impactes.

Paragem 4 - Mina de Miguel Vacas: mineralização e estrutura

Coordenadas: N38.741217, W7.392251

Coordenadores: Miguel Maia, Noel Moreira, Pedro Nogueira, Jorge Pedro

A antiga Mina de Miguel Vacas localiza-se no distrito de Évora, concelho de Vila Viçosa e localiza-se no flanco NE do anticlinal Estremoz conhecido pelas suas abundantes explorações de mármore. O jazigo cuprífero de Miguel Vacas faz parte de um cluster de explorações de cobre da faixa metalogénica de Sousel-Barrancos (Mateus *et al.* 2003, 2013), sector tectono-estratigráfico Estremoz-Barrancos (Oliveira *et al.* 1991), a par das antigas minas do Bugalho, Mostardeira, Mocicós e Zambujeira.

A mina de Miguel Vacas é caracterizada por uma estrutura filoniana a brechóide, anastomosada e que é subconcordante com a estruturação regional. Esta estrutura é composta essencialmente por quartzo e carbonatos (calcite, ankerite, entre outros) e que intersetava xistos negros da Formação dos Xistos com nódulos de idade Silúrica (Oliveira *et al.* 1991). Esta estrutura mineralizada estende-se por cerca de 2km e apresenta possanças variáveis entre os 10 e 20 metros e que em muitos casos permite a identificação de brechas quartzosas, cujas paragéneses minerais primárias são compostas essencialmente por calcopirite e pirite. Este jazigo, a par dos restantes depósitos deste setor, apresenta uma componente supergénica pervasiva que possibilitou a alteração e deposição de diversas fases minerais cupríferas, tais como malaquite, bornite, digenite, covelite e atacamite. Importa referir a ocorrência de um mineral supergénico extremamente raro apenas encontrado em 3 outros locais a nível mundial (Eslováquia, República Democrática do Congo e Zâmbia), a libethenite, um fosfato hidratado de cobre de cor verde e forma ortorrômbica. Os trabalhos neste jazigo foram essencialmente a céu aberto, tendo sido exploradas as zonas de oxidação e de enriquecimento supergénico, não tendo sido atingida a zona de sulfuretos primários (Fig. 8).



Figura 8- Mina de Miguel Vacas, aspeto geral da exploração a céu aberto, que atualmente se encontra inundada.

A mina de Miguel Vacas constituiu a última exploração mineira da Zona de Ossa-Morena a encerrar a sua atividade, tendo os trabalhos começado em 1925 pela empresa G.F. Norton & Co., cessando a exploração em 1986 já na posse da empresa MINARGOL - Sociedade

Mineira de Argozelo, SARL, que realizaram o grosso da exploração que hoje vemos. Após o encerramento da exploração várias companhias de prospecção voltaram as suas atenções para este jazigo, tendo sido realizados trabalhos entre 1990 e 2014. Em 1990, a empresa Carnon Holdings Limited realizou um cálculo de recursos para Miguel Vacas na ordem dos 3 milhões de toneladas de minério com um teor médio de 1.42% de cobre primário e secundário (Corrula & Branco 2005, 2007; Fernandes, 2012).

O jazigo cuprífero de Miguel Vacas, juntamente com a restante faixa metalogénica, tem vindo a ser alvo de estudos por parte do projeto ZOM-3D por forma a constranger as condições de formação destes depósitos. Os trabalhos têm sido desenvolvidos com recurso à análise de sondagens realizadas nesta área em trabalhos de prospeção recentes, e têm como objetivo o estudo das condições de transporte e deposição da mineralização de cobre. Para isso, estudos de química mineral nas diferentes fases sulfuretadas têm sido realizados com recurso a ablação laser acoplada a um equipamento de ICP-MS (LA-ICP-MS). Estes trabalhos procuram decifrar a proveniência dos metais presentes e estabelecer os quadros paragenéticos que sirvam de suporte ao modelo metalogénico. Os trabalhos já realizados permitiram definir a existência de uma clara diferença na química mineral dos sulfuretos encontrados nas rochas encaixantes (Fig. 9) e daqueles que se encontram nas estruturas mineralizadas, apontando para a existência de uma história complexa de deposição destas fases minerais. A par destes trabalhos têm sido realizados estudos de inclusões fluídas (microtermometria e espectroscopia de Raman) por forma a avaliar as condições físico-químicas dos fluídos envolvidos nos processos mineralizantes, primários e secundários. Procura-se entender a relação entre as diferentes ocorrências neste *cluster* de cobre da faixa metalogénica Sousel-Barrancos, e assim, refinar o modelo metalogénico para estas mineralizações.

Os dados até agora obtidos revelam uma circulação de fluídos multifásica e com fontes bastante distintas, em que os fluídos aqui encontrados apresentam elementos que os unem quanto às suas características P-T-X-V com as mineralizações de Mociços e Ferrarias.



Figura 9- Xistos negros com nósulos, com a presença de sulfuretos.

Paragem 5 - Mina de Mociços: Mineralização e Estrutura

Coordenadas: N38.623877, W7.266056

Coordenadores paragem: Miguel Maia, Noel Moreira, Pedro Nogueira, Jorge Pedro

A antiga mina dos Mociços localiza-se no distrito de Évora, no concelho do Alandroal, e foi um importante contributo para o crescimento económico da região durante o início do século XX, estando encerrada desde meados dos anos 20.

Esta mina localiza-se no denominado sector tectono-estratigráfico Estremoz-Barrancos (Oliveira *et al.*, 1991) inserida na faixa metalogénica Sousel-Barrancos, e faz parte de um importante cluster de antigas minas de cobre, como são exemplo, a mina do Bugalho, Miguel Vacas e Zambujeira. O projeto ZOM-3D, numa tentativa de avaliar a géneses destas mineralizações, bem como avaliar a relação entre as diversas minas e ocorrências deste cluster, tem vindo a desenvolver uma série de trabalhos, tendo como principal objetivo a definição de um modelo metalogénico que permita justificar a associação espacial de inúmeras ocorrências e jazigos de cobre neste setor.

Grande parte dos jazigos de cobre deste sector são caracterizados por estruturas filonianas com expressão cartográfica à escala regional. No caso do jazigo dos Mociços o veio mineralizado principal estende-se por cerca de 1 km, com possanças variáveis, podendo atingir os 3 metros. Esta estrutura apresenta uma direção principal NNW-SSE que intersecta uma sequência de unidades metassedimentares de baixo grau metamórfico de idade paleozóica (Oliveira 1984b; Pereira *et al.* 2012). Para além do veio mineralizado principal, são várias as estruturas menores (centimétricas a decimétricas) mineralizadas, apresentando um padrão organizado de veios mineralizados (Moreira *et al.* 2017, 2018). A geometria e cinemática das estruturas mineralizadas, levou a considerar que a génesis desta estrutura está relacionada com estádios tardios de deformação Varisca, usualmente designado de Tardi-Varisco (Oliveira 1984a,b; Mateus *et al.* 2003, 2013).

A estrutura filoniana é constituída essencialmente por quartzo e carbonatos, acompanhada por uma paragénese mineral principal de calcopirite + pirite. No entanto, à superfície é possível identificar um intenso enriquecimento supergénico evidenciado pela abundante presença de malaquite (\pm azurite), que terá sido explorada provavelmente desde a idade do cobre (Gauss, 2013). O atual modelo descrito para o jazigo de cobre dos Mociços, bem como, para grande parte das restantes mineralizações desta faixa, atribui à mineralização um modelo epigenético (Mateus *et al.*, 2003; 2013). Para tal, é considerado que as unidades metassedimentares adjacentes à estrutura mineralizada apresentavam uma concentração em Cu relativamente elevada, possibilitando a sua remobilização por fluídos de temperatura e salinidades intermédias a baixas, permitindo uma posterior deposição nas estruturas filonianas dos supracitados jazigos (Mateus *et al.* 2013).

Na área do jazigo filoniano dos Mociços foram identificadas quatro unidades principais, sendo elas, da base para o topo:

- **Formação de Barrancos** - datada do Ordovícico Inferior-Médio (Jensen *et al.* 2016), composta por xistos e psamitos de cor cinza a esverdeada-rosada (Xistos verdoengos). O todo da sequência é por vezes individualizado na formação de “Xistos com Phyllodocites” (Delgado 1908; 1910; Perdigão *et al.*, 1982; Oliveira 1984b; Piçarra *et al.* 1992; Borrego *et al.* 2005; Araújo *et al.* 2013).
- **Formação da Colorada** - com idade compreendida entre o Ordovícico Superior ao Silúrico Inferior (Piçarra *et al.*, 1995; Jensen *et al.*, 2016), essencialmente constituída por quartzitos impuros, psamitos e grauvaques (Oliveira 1984b; Piçarra 2000; Borrego *et al.* 2005), para o topo da sequência é possível identificar intercalações de xistos negros nestas unidades (Araújo *et al.* 2013).
- **Formação de Xistos com Nódulos** - de idade Silúrica (Llandovery a Ludlow) (Piçarra *et al.*, 1995, 1998; Piçarra 2000; Araújo *et al.*, 2013), constituída por shales negros intercalados com lítitos e quartzitos negros, onde por vezes é possível identificar nódulos (Oliveira 1984b; Oliveira *et al.*, 1991).
- **Formação de Xistos Raiados** - É de idade silúrica superior a devónica inferior (Piçarra *et al.*, 1998; Piçarra 2000), sendo caracterizada por intercalações milimétricas de arenitos finos quartzosos e shales negros (acinzentados) (Oliveira 1984b; Oliveira *et al.*, 1991; Araújo *et al.*, 2013).

Não obstante o estado atual da antiga exploração, várias campanhas de prospeção foram levadas a cabo pelo antigo Serviço de Fomento Mineiro durante os anos 80, com o intuito de avaliar o potencial deste jazigo no que concerne ao teor de Cu. Foram realizadas um conjunto de sondagens pouco profundas que intersetaram o filão principal e várias estruturas secundárias a ele associadas que revelam a presença de sulfuretos primários em profundidade (abaixo da alteração supergénica). No entanto, os resultados obtidos não apresentaram potencial económico que pudesse justificar a sua posterior exploração, tendo até à data permanecido sem qualquer tipo de atividade.

Os estudos em curso apontam para um modelo metalogénico mais complexo do que está atualmente descrito, apontando um possível contributo magmático para a génesis desta mineralização cuprífera. O estudo de inclusões fluídas tem contribuído para a definição do modelo metalogénico, sendo que, os resultados revelam que poderemos estar na presença de uma mineralização que assistiu à circulação de fluídos em duas fases distintas no tempo. Num primeiro estádio os estudos revelam um fluido de mais alta temperatura e salinidades mais elevadas com características análogas às condições descritas para vários jazigos magmático-hidrotermais a nível mundial. Progressivamente regista-se uma transição para um sistema epitermal de baixa temperatura e salinidade, que possivelmente estará associado ao enriquecimento supergénico evidenciado à superfície.

De facto, a descrição destes jazigos levou Oliveira (1984a) a apontar a possibilidade de serem encontrados jazigos do tipo pórfiro cuprífero (*Porphyry-Cu*) associados a este setor.

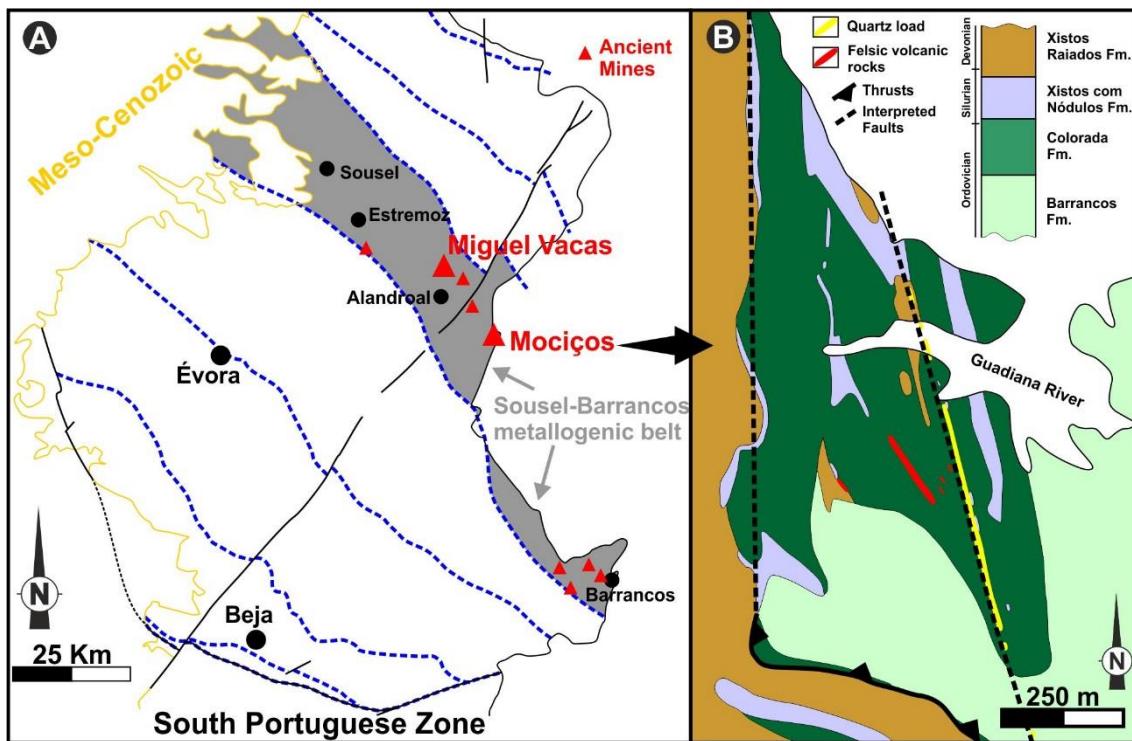


Figura 10- (A) Localização da Mina dos Mocícos e Miguel Vacas no contexto da Faixa Metalogénica Sousel-Barrancos (adaptado de Oliveira, 1986 e Mateus *et al.*, 2013). (B) Mapa Geológico simplificado da Mina dos Mocícos (Maia, *in prep.*).

Vamos discutir?

Dia 2: O Sector de Alter do Chão - Elvas e o Magmatismo Varisco da Zona de Ossa-Morena

Paragem 1 - Estratigrafia e Estrutura do sector de Alter do Chão - Elvas: Cavalgamento da Juromenha

Coordenadas: N38.785478, W7.333776

Coordenadores: Alexandre Araújo, Noel Moreira

O Sector de Alter do Chão-Elvas é caracterizado por uma sucessão de unidades atribuídas ao Câmbriano, ostentando um metamorfismo regional de baixo grau, pontualmente com evidências de metamorfismo de contacto associado à instalação de corpos magmáticos do Ordovícico e do Carbónico (Fig. 11; Pereira & Silva, 2006). Estas unidades assentam sobre o soco Neoproterozóico da ZOM, classicamente denominado de Série Negra (e.g. Oliveira *et al.*, 1991; Fig. 12), que aflora pontualmente em *Klippe*s e em núcleos anticlinais (Fig. 11). Esta unidade é constituída por uma intercalação de xistos negros e metagrauvaques, com lítitos e carbonatos subordinados.

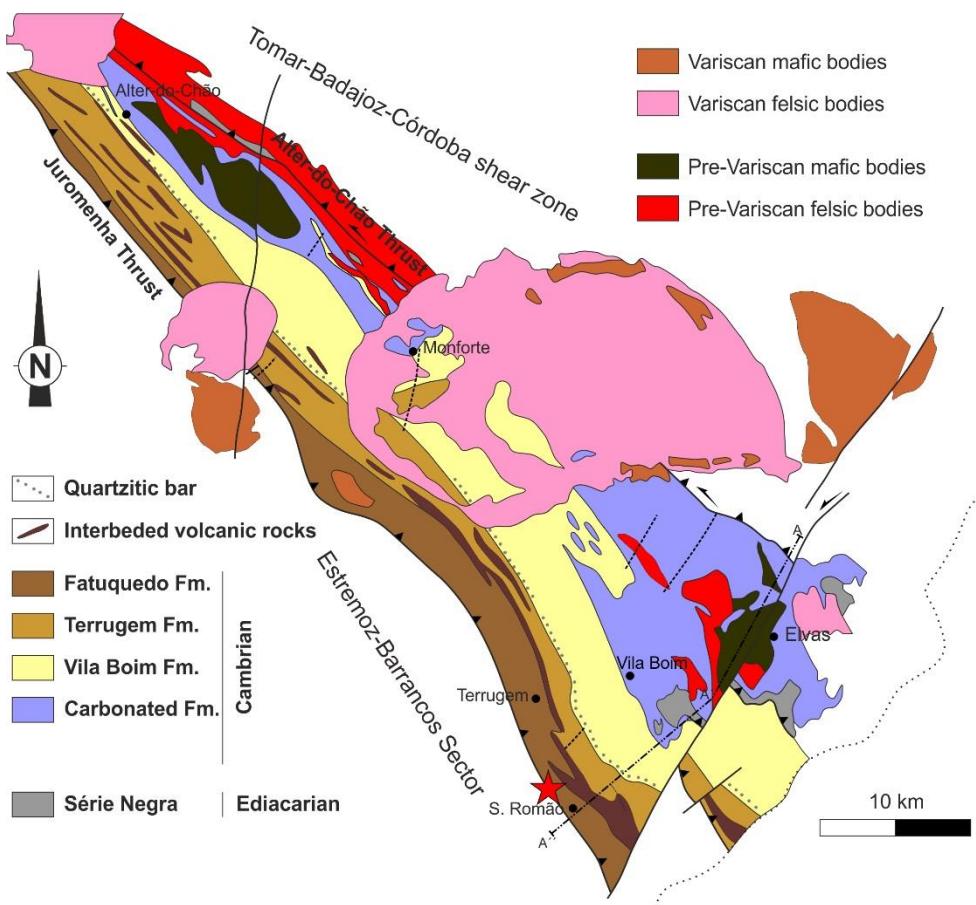


Figura 11- Esboço geológico do Sector Alter do Chão-Elvas (adaptado de Carvalho *et al.*, 1992). A estrela representa a localização da paragem em causa.

Sobre a unidade neoproterozóica ocorre, discordantemente, uma série clástica de espessura variável (com conglomerados e arcoses) do Câmbrico inferior (ca. 540-520 Ma) com intercalações de rochas ortoderivadas félscicas (tufos félscicos e riólitos; e.g. Oliveira *et al.*, 1991; Pereira & Silva, 2006; Fig. 11). Esta unidade clástica passa progressivamente a uma série carbonatada (maioritariamente dolomitos), com intercalações de rochas siliciclásticas, a Formação Carbonatada de Elvas (Oliveira *et al.*, 1991). Esta formação tem sido correlacionada com a Formação de Alconera em Espanha, onde surgem faunas de trilobites e arqueociatas, que datam a unidade do Câmbrico inferior (Gozalo *et al.*, 2003).

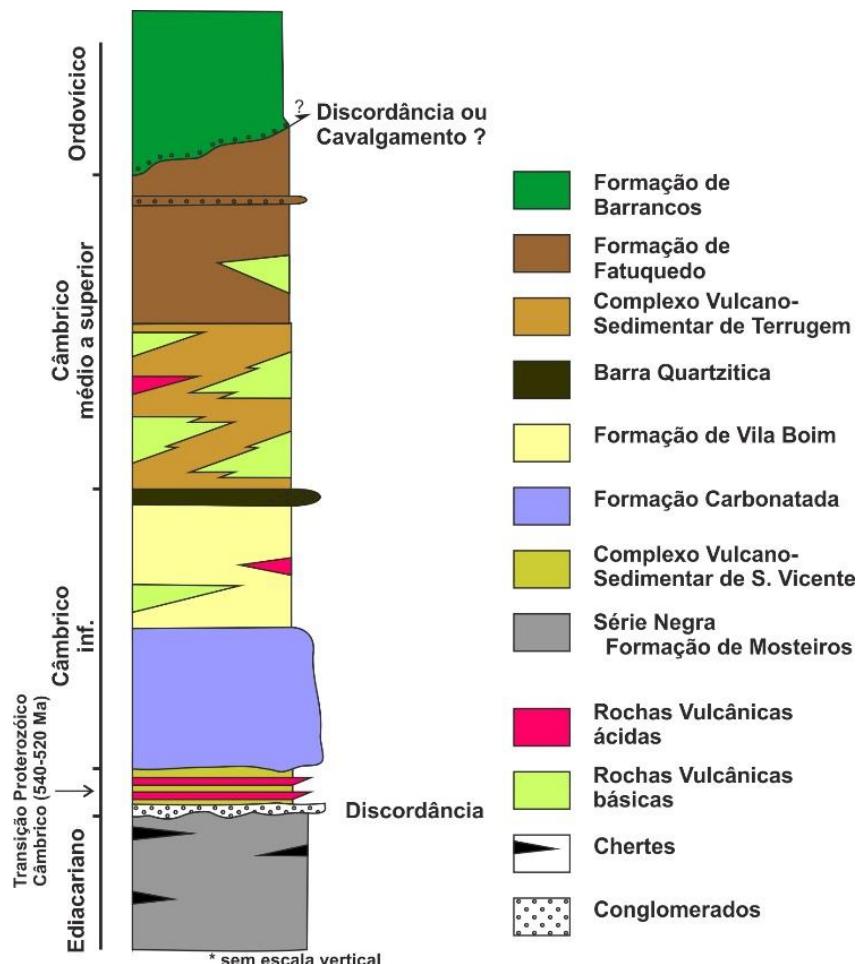


Figura 12- Coluna estratigráfica do sector de Alter do Chão-Elvas (adaptado de Oliveira *et al.*, 1991; Pereira & Silva, 2006; Sánchez-García *et al.*, 2010).

A topo da unidade carbonatada surge uma sequência *flyschóide* constituída por uma alternância de metagrauvaques, psamitos e metapelitos (por vezes com vulcanitos básicos), designada por Formação de Vila Boim (e.g. Oliveira *et al.*, 1991; Fig. 12). Esta formação é atribuída ao Câmbrico inferior (Marianiano-Biblano), com base em faunas de trilobites, acritarcos e braquiópodes (Gozalo *et al.*, 2003). A unidade anteriormente descrita termina, com o aparecimento de bancadas quartzíticas-conglomeráticas métricas datadas do Câmbrico médio (Barra Quartzítica; Oliveira *et al.*, 1991). Sobre a Barra Quartzítica sobrepõe-se, concordantemente, o Complexo Vulcano-Sedimentar de Terrugem (Oliveira *et al.*, 1991; Araújo *et al.*, 2013 e referências inclusas; Fig. 12), constituído por uma sequência terrígena com pelitos, arenitos e grauvaques, com intercalações possantes de rochas vulcânicas bimodais, geoquimicamente similares a E-

MORB e N-MORB (Mata & Munhá, 1990; Sánchez-García *et al.*, 2010). Este complexo é atribuído ao Câmbrico médio-superior por correlação com as Camadas de Playon e com os Basaltos de Umbria-Pipeta (Sánchez-García *et al.*, 2010) onde foram identificados braquiópodes, trilobites e acritarcas dessa idade (Gozalo *et al.*, 2003). Dados radiométricos recentes em rochas pertencentes aos Basaltos de Umbria-Pipeta forneceram idades entre os 505-515 Ma (Sánchez-García *et al.*, 2010). Este complexo passa gradualmente a um conjunto terrígeno constituído por alternâncias milimétricas a centimétricas de pelitos, siltitos e bancadas mais espessas de grauvaques (Formação de Fatuquedo; Oliveira *et al.*, 1991). Esta formação é considerada do Câmbrico médio, por correlação com unidades semelhantes, em Espanha, onde foram identificados acritarcas.

No topo desta formação surge um conglomerado com calhaus centimétricos a decimétricos de quartzito e quartzo (por vezes com fragmentos de vulcanitos ácidos, básicos e granitos). Este conglomerado tem sido alvo de uma intensa discussão ao longo de décadas, havendo duas interpretações distintas sobre a sua natureza (Fig. 12):

- Alguns autores consideram que o conglomerado é um marcador da discordância Câmbrico-Ordovícico (*e.g.* Oliveira, 1984b; Oliveira *et al.*, 1991).
- Outros autores consideram que o conglomerado em causa marca um acidente de 1^a ordem no limite entre os sectores Alter do Chão-Elvas e Estremoz-Barrancos, o designado Cavalgamento da Juromenha (*e.g.* Araújo *et al.*, 1994).

Na presente paragem iremos realizar um corte geológico ao longo de uma ribeira perpendicular a este contacto geológico, sendo possível observar e discutir:

- As características litológicas da Formação de Fatuquedo, mas também o padrão estrutural exibido, nomeadamente as relações entre as estruturas planares e lineares presentes e o padrão de dobramento;
- As características litológicas dos conglomerados do topo da sucessão, bem como o seu enquadramento litoestratigráfico;
- As características estruturais zona de transição entre o sector Estremoz-Barrancos e Alter do Chão Elvas.

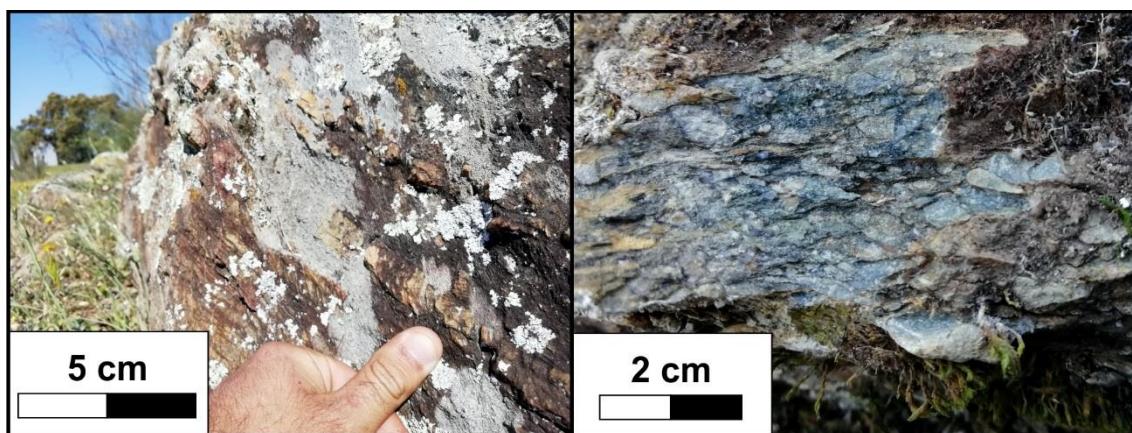


Figura 13- Aspetto geral das unidades geológicas representativas observadas ao longo do corte: à esquerda a Unidade de Fatuquedo e à direita os conglomerados.

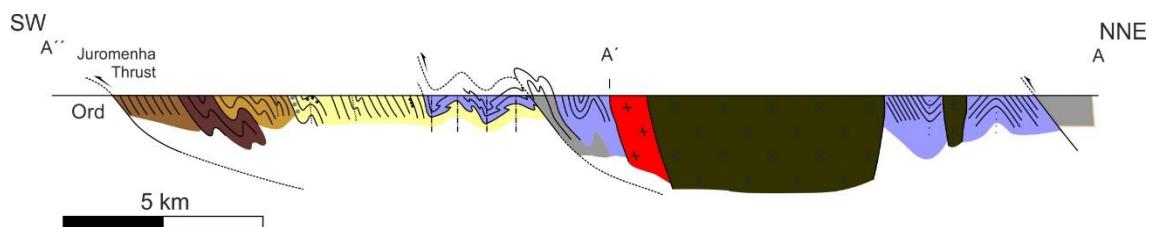


Figura 14- Corte geológico interpretativo do Sector Alter do Chão-Elvas (localização no mapa geológico). -

Paragem 2- O Complexo Plutónico de Santa Eulália: O Metamorfismo de Contacto

Coordenadas: N39.048113, W7.446810

Coordenadores: Pedro Nogueira, José Roseiro

O Complexo Plutónico de Santa Eulália (CPSE) é um maciço intrusivo anelar com um zonamento concêntrico, onde é possível individualizar duas fácies principais: 1) granito rosado (fácie G0) datado em 303 ± 4 e 297 ± 4 M.a., com granularidade média-grosseira, no anel marginal (Carrilho Lopes *et al.*, 2013; Pereira *et al.*, 2017, respectivamente), e 2) um granito cinzento (fácie G1), datado em 305 ± 6 M.a., com granularidade média-fina, no centro do complexo (Fig. 15B; *e.g.* Carrilho Lopes *et al.*, 2013). Um conjunto de trabalhos cartográficos detalhados permitiram a caracterização de duas fácies granulometricamente distintas no interior da fácie G1, a fácie G2 e G3, que se encontram no núcleo do granito cinzento central (Carrilho Lopes, 1989; Fig. 15C).

O CPSE é também caracterizado pela presença de rochas máficas (Grupo M), nas quais essencialmente se identificam gabros-gabrodioritos de idade 306 - 303 M.a (Carrilho Lopes, 1989, 2013; Pereira *et al.*, 2017, respectivamente). Frequentemente surgem rochas metamórficas que correspondem a xenólitos (*roof pendants*) no interior do CPSE, correspondendo aos litótipos encaixantes que sofreram metamorfismo de contacto devido à intrusão granítica (Cruz *et al.*, 2013; Fig. 1B).

A variabilidade composicional e textural das rochas graníticas do CPSE tornam-no apelativo à indústria extractiva, dedicada maioritariamente à exploração de rocha ornamental. Historicamente, quer o granito rosa (*e.g.* Rosa de Monforte), quer o granito cinzento central (*e.g.* Cinzento de Santa Eulália) foram alvo de várias explorações, algumas ainda ativas (Avillez *et al.*, 2001; Silva, 2013).

A existência de sistemas filonianos e *greisens*, nos quais se identificaram mineralizações de estanho (e tungsténio), no seio das fácies G2 e G3 atraiu particular atenção durante os anos 50-60 do século XX, tendo sido explorados durante esse período; o mesmo sucedeu com alguns depósitos aluvionares identificados na região (Mateus *et al.*, 2013)

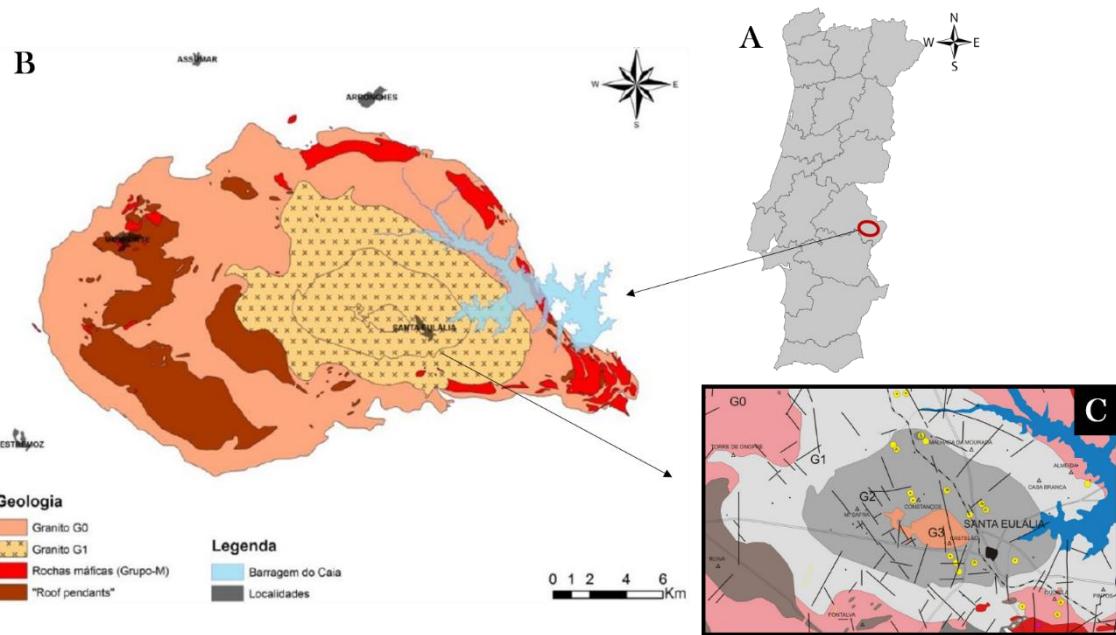


Figura 15- Complexo Plutónico de Santa Eulália: A) Localização geográfica; B) Mapa geológico do CPSE com representação das diferentes fácies granítoides, rochas maficas e produtos do metamorfismo de contacto (retirado de Cruz, 2013); C) Mapa geológico detalhado com a distinção das três fácies do granito cinzento central, assim como os principais sistemas de fraturas (retirado de Lopes *et al.*, 2013).

As repercussões térmicas das intrusões do CPSE refletem-se nas formações encaixantes, essencialmente nas unidades metassedimentares e meta-ígneas compreendidas entre o Neoproterozóico-Câmbrico inferior/médio, nas quais é possível identificar rochas típicas de metassomatismo e metamorfismo de contacto, associadas ao anel externo G0 e às rochas do Grupo M (Cruz, 2013). Nesta paragem teremos oportunidade de observar corneanas calcossilicatadas aflorantes junto à povoação de Monforte. Nestas rochas é possível identificar minerais como a vesuvianite, granada e/ou horneblendas (Cruz, 2013).

Paragem 3- Facies G0 - Granito Rosa de Monforte (Granitos de Maceira/Monforte S.A.)

Coordenadas: N39.059707, W7.447259

O granito rosa do CPSE (G0) corresponde à fácie mais periférica deste complexo, de carácter porfiroide (grão grosseiro) e peraluminoso (Carrilho Lopes *et al.*, 1998, Pereira *et al.*, 2017). A sua tonalidade rosa característica advém presumivelmente da impregnação de óxidos de ferro (essencialmente hematites) nos feldspatos potássicos (Ramos, 1982). Nesta fácie é possível observar-se também xenólitos das litologias metamórficas, originadas por subsidência das formações encaixantes durante esta fase da intrusão (Cruz 2013).

As explorações industriais nesta fácie centram-se essencialmente na produção de rocha ornamental, com variedades relativamente à sua tonalidade e granularidade (Fig. 2A). Destaca-se o Rosa de Monforte (*e.g.* Fig. 2B), Rosa de Santa Eulália, Vermelho Barbacena, Rosa de Arronches e Favaco (Silva 2013).

Paragem 4- Facies G2 - Granito Cinzento (Pedreira Carlos Granitos, Lda.)

Coordenadas: N39.005979, W7.257651

Nas fácies centrais do complexo (G1, G2 e G3), o granito de tonalidade cinzenta apresenta afinidades monzoníticas de textura i) porfiróide com fenocristais de feldspato [G1], ii) granular média [G2], e iii) granular fina [G3] (Carrilho Lopes *et al.*, 1998). Estas fácies são também alvo de exploração de rocha ornamental, particularmente a fácie G2 (Fig. 16C), na qual se destaca o Cinzento de Santa Eulália (Machado, 2012).

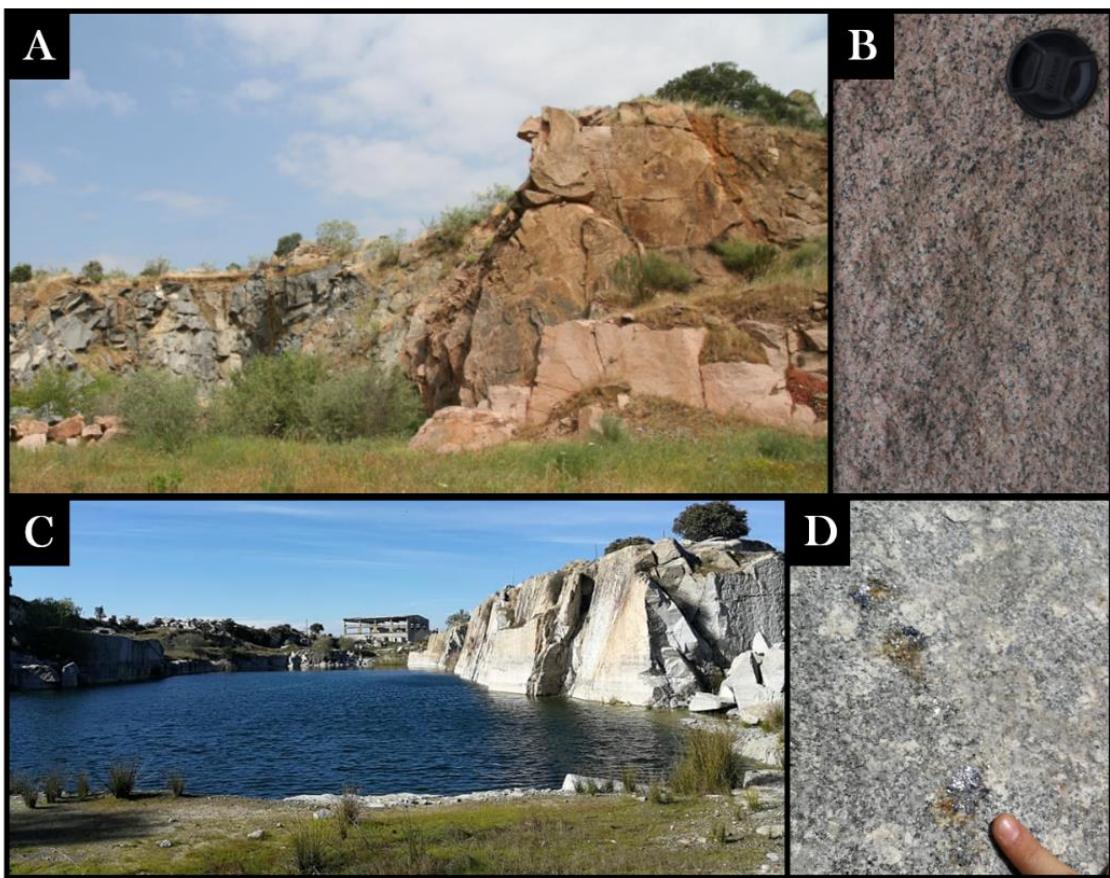


Figura 16- Fácies graníticas do CPSE: A) Pedreira em Monforte na qual é explorado o granito rosa; B) Exemplo de granito rosa da fácie G0; C) Pedreira de "Carlos Granitos Lda." em Santa Eulália, na qual é explorado o granito cinzento; D) Exemplo do granito cinzento de fácie G2.

Paragem 5- As Mineralizações de Sn-W e Ti (Escombeira do Baldio do Conde)

Coordenadas: N39.015459, W7.305064

Durante meados do século XX a identificação de estruturas filonianas com concentrações apreciáveis em estanho, tungsténio e titânio atraiu o interesse de um conjunto de empresas às quais foram atribuídas várias concessões de exploração mineira direcionada para estas mineralizações magmático-hidrotermais (e.g. Fontalva, Baldio do Conde, Baldio de Monforte, Pereira de Cima, Ribeira da Coutada, Encosta do Penedo do Raio, Entre Ribeiras, Maria Ribeira de Cima, Pereira de Baixo, Reboleiros; Divitt, 1962).

A paragénese mineral principal corresponde a cassiterite, ilmenite e scheelite as quais se desenvolveram em veios e filonetos subverticais de quartzo (Fig. 17), tardios à intrusão, com direção NW-SE (Mateus *et al.*, 2013), na fácie G2 e G3. No encosto entre estes sistemas filonianos e a fácie granítica, ou nas intersecções das principais famílias de fraturas, observam-se porções *greisenizadas* ricas em Sn (Mateus *et al.*, 2013).

Apesar do enriquecimento destes sistemas filonianos/*greisens* em elementos com uma elevada importância económica, grande parte das actividades mineiras que se desenvolveram no CPSE tiveram como alvo a exploração de depósitos aluvionares e eluvionares dos quais se exploraram essencialmente, cassiterite, ilmenite e quantidades menores de volframite e minerais com elementos do Grupo das Terras Raras (Mateus *et al.*, 2013).

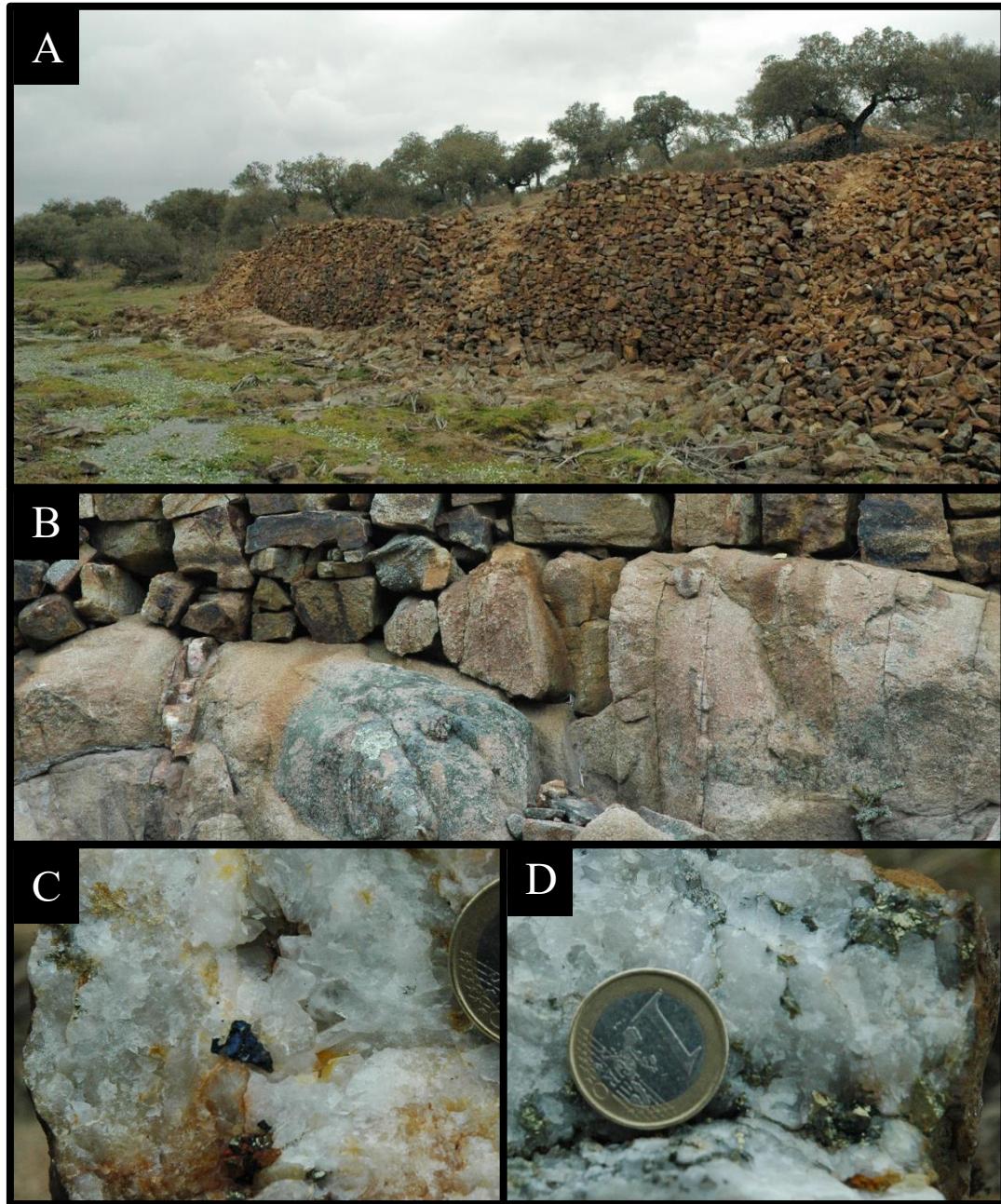


Figura 17- Aspectos da exploração dos *greisens* do CPSE. A) Escombeira; B) Veios; C) e D) Sulfuretos.

Bibliografia

- Apalategui, O., Eguiluz, L., Quesada, C. 1990. Ossa Morena Zone, Structure. In: R.D. Dallmeyer and E. Martínez-García (Eds.): Pre-Mesozoic Geology of Iberia, Springer-Verlag, 2, 80-219.
- Araújo, A. 1995. Estrutura de uma geotransversal entre Brinches e Mourão (Zona de Ossa-Morena): implicações na evolução geodinâmica da margem sudoeste do Terreno Autóctone Ibérico. Tese de Doutoramento, Dep. Geociências da Univ. de Évora, pp. 200.
- Araújo, A., Piçarra, J., Borrego, J., Pedro, J., Oliveira, J.T. (2013). As regiões central e sul da Zona de Ossa-Morena, In: Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., Kullberg, J.C. (eds.), Geologia de Portugal (Vol. I). Escolar Editora, Lisboa, pp. 509-549.
- Araújo, A., Lopes, L., Pereira, M. F., Gonçalves, F., Silva, J. B., Ribeiro, A. (1994). Novos elementos sobre a Carreamento da Juromenha (Elvas). Anais da Universidade de Évora, pp. 105-109
- Avillez, G., Lamberto, V., Caetano, P.S., & Verdial, P.H. (2001). O apoio ao planeamento e gestão de recursos geológicos através de sistemas de informação geológica. Finisterra, XXXVIII, 76, pp. 65-76.
- Brandão, J.M. & Matos, J. (2000). Memórias do Cobre. Nota sobre a criação de um parque Arqueo-Industrial na Mina da Herdade da Mostardeira. Primer Simpósio sobre la Minería y la Metalurgie Antigua en el SW Europeo, Serós, 6.3, pp. 483-493.
- Borrego J., Araújo A., Fonseca P. (2005). A geotraverse trough the south and central sectors of the Ossa-Morena Zone in Portugal (Iberian Massif). The Virtual Explorer e-journal 19, pp. 10.
- Carrilho Lopes, J.M. (1989). Geoquímica de granitóides hercínicos na Zona de Ossa-Morena: O Maciço de Santa Eulália. Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, Universidade de Évora, pp. 146.
- Carrilho Lopes, J., Munhá, J., Wu, C., Oliveira, V., (1998). O Complexo Plutónico de Monforte-Santa Eulália (Alentejo-NE, Portugal Central): caracterização geoquímica e considerações petrogenéticas. Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro, 83, pp.c127- 142.
- Carrilho Lopes, J. M., Sant’Ovaia, H., Gomes, C. (2013). Update of Geochemical and Geochronological data of the Santa Eulália Plutonic Complex (Alentejo, Portugal). Colóquio - Anisotropia da Susceptibilidade Magnética, Tectónica e (Paleo)magnetismo dos materiais, 5p.
- Carvalho, D., Goínhas, J., Oliveira, V., Ribeiro, A. 1971. Observações sobre a geologia do sul de Portugal e consequências metalogenéticas. Estudos Notas e Trabalhos do SFM 20/1-2, pp. 153-199.
- Carvalho, D., Oliveira, J. T., Pereira, E., Ramalho, M., Antunes, M. T., Monteiro, J. H. (1992). Carta Geológica de Portugal na escala 1:500.000 (Folha Sul). Serv. Geol. Portugal, Lisboa.
- Carvalho, J.M.F., Carvalho, C.I., Lisboa, J.V., Moura A.C., Leite, M.M. (2013). Portuguese ornamental stones. Geonovas, 26, pp.c15-22.
- Casal Moura, A., Carvalho, C., Almeida, I., Saúde, J. G., Farinha Ramos, J., Augusto, J., Rodrigues, J. D., Carvalho, J., Martins, L., Matos, M. J., Machado, M., Sobreiro, M. J., Peres, M., Martins, N., Bonito, N., Henriques, P., Sobreiro, S. (2007). Mármores e Calcários Ornamentais de Portugal. INETI (National Institute of Engineering, Technology and Innovation), ISBN 978-972-676-204-1. 383 p.
- Chacón, J., Delgado, M., Garrote, A. 1974. Sobre la existencia de los diferentes dominios de metamorfismo regional en la banda Elvas- Badajoz. Córdoa (Macizo Hespérico Meridional). Boletín Geológico y Minero, 85 (6), pp. 713-717.
- Corrula, L. M. & Branco, J. M. C. (2005). Área do Alandroal: Relatório do primeiro semestre de 2005 (Rio Narcea Gold Mines, S.A. - Sucursal em Portugal). Rel. Int. LNEG, Lisboa (Não Publicado).
- Corrula, L. M. & Branco, J. M. C. (2007). Projecto do Alandroal: Relatório Final (Rio Narcea Gold Mines, S.A. - Sucursal em Portugal). Rel. Int. LNEG, Lisboa (Não Publicado).

- Cruz, C. (2013) Efeitos metamórficos e fluidos no Complexo Plutónico de Santa Eulália. Tese de Mestrado, Universidade do Porto, 92p.
- Cruz, C., Ribeiro, M., Martins, H., Sant'Ovaia, H., Nogueira, P., Carrilho Lopes, J. M., Lopes, L. (2013). Efeitos térmicos induzidos pelo Complexo Plutónico de Santa Eulália (ZOM). III Congresso de Jovens Investigadores em Geociências, Estremoz, 4p.
- Delgado J.F.N. (1908). *Système Silurique du Portugal. Étude de Stratigraphie Paléontologique*. Commission du Service Géologique du Portugal.
- Delgado J.F.N. (1910). *Terrains paléozoïques du Portugal. Étude sur les fossiles des schistes a Néréites de San Domingos et des schistes à Néréites et à graptolites de Barrancos*. Commission du Service Géologique du Portugal
- Delgado, M., Liñan, E., Pascual, E., Perez, F. 1977. Criterios para la diferenciación de dominios en Sierra Morena Central. *Estudios Geológicos*, 12, pp. 75-90.
- Divitt, J. (1962) O Abastecimento da Europa em minérios. *Boletim de Minas*, 16, 41p.
- Fernandes, G. (2012). Mineralizações de cobre da mina de Miguel Vacas: Caracterização petrográfica e geoquímica. Tese de Mestrado, Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Geologia, Lisboa, Portugal, pp. 113.
- Gauss, R. (2013). The Development of Metallurgy on the Iberian Peninsula. Technological and Social Patterns of a Long-term Innovation Process. In: S. Burmeister, S. Hansen, M. Kunst, N. Müller Scheeßel (Eds.), *Metal Matters. Innovative Technologies and Social Change in Prehistory and Antiquity* (Rahden/Westf. 2013), 209-229.
- Gonçalves, F. (1970). Contribuição para o conhecimento geológico dos mármores de Estremoz. *Est. Notas e Trabalhos do SFM*. Porto. 20:1-2, pp. 201-209.
- Gonçalves, F. (1972). Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000, 36-B (Estremoz), Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- Gozalo, R., Liñán, E., Palacios, T., Gámez-Vintaned, J.A., Mayoral, E. (2003). The Cambrian of the Iberian Peninsula: an overview. *Geologica Acta* 1, pp. 103-112.
- Jensen S., Neto de Carvalho C., Palacios T. (2016). Trace fossils from the Barrancos and Colorada formations, Ordovician, Ossa-Morena Zone, Portugal and Spain. *Comunicações Geológicas* 103(I), pp. 159-168.
- Lapuente, M.P. & Turi, B. (1995). Marbles from Portugal: petrographic and isotopic characterization. *Science and Technology for Cultural Heritage*. 4, pp. 33-42
- Lopes, J.L. (2003). Contribuição para o conhecimento Tectono - Estratigráfico do Nordeste Alentejano, transversal Terena - Elvas. Implicações económicas no aproveitamento de rochas ornamentais existentes na região (Mármore e Granitos). Tese de Doutoramento, U. Évora, 568 p.
- Lopes, J.L. (2007). O triângulo do mármore: estudo geológico. *Monumentos* 27:6-15.
- Lopes, J.L. & Gonçalves, F. (1997). Potencial Económico das Jazidas de Rochas Ornamentais na Zona de Ossa-Morena, In: Araújo, A., Pereira, M.F. (Eds), *Estudos sobre a Geologia da Zona de Ossa-Morena - Livro de Homenagem ao Professor Francisco Gonçalves*, Évora, pp. 263-282.
- Lopes, J.L. & Martins, R. (2015). Global Heritage Stone: Estremoz Marbles, Portugal. In: Pereira, D., Marker, B. R., Kramar, S., Cooper, B. J. & Schouenborg, B. E. (eds) 2015. *Global Heritage Stone: Towards International Recognition of Building and Ornamental Stones*. Geological Society of London, Special Publications. 407, pp. 57-74. DOI: 10.1144/SP407.10

- Lopes, L., Carrilho Lopes, J. M., Sant’Ovaia, H., Nogueira, P., Ribeiro, M. A. (2013). Petrology, Geochemistry and Structural control of a Late Variscan ring pluton: the Santa Eulália Plutonic Complex (Alentejo, Portugal). Poster na Conferência Society of Economic Geology 2013.
- Machado, J. (2012). Petrografia, Parâmetros Magnéticos e Geoquímica Isotópica do Complexo Plutónico de Santa Eulália. Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 71p.
- Mata, J. & Munhá, J. (1985). Geochemistry of mafic metavolcanic rocks from the Estremoz region (South Central Portugal). Com. Serv. Geol. Portugal 71, pp. 175-185.
- Mata, J. & Munhá, J. (1990). Magmatogénese de metavulcanitos câmbricos do nordeste alentejano: os estádios iniciais de "rifting" continental. Com. Serv. Geol. Portugal, 76, pp. 61-89.
- Mateus, A. Matos, J.X., Rosa, C., Oliveira, V. (2003). Cu-ores in quartz-carbonate veins at Estremoz-Alandroal and Barrancos-Sto Aleixo regions (Ossa Morena Zone): a result of Late-Variscan hydrothermal activity?. Ciências da Terra (UNL), Lisboa, nº esp. V, CD-ROM, pp. F90-F93;
- Mateus, A., Munhá, J., Inverno, C., Matos, J. X., Martins, L. P., Oliveira, D., Jesus, A., Salgueiro, R. (2013). Mineralizações no sector português da Zona de Ossa Morena. In: Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., Kullberg, J.C. (eds), Geologia de Portugal, vol. 1, Escolar Editora, pp. 577-620.
- Menningen, J., Siegesmund, S., Lopes, L., Martins, R., Sousa, L. (2018). The Estremoz marbles: an updated summary on the geological, mineralogical and rock physical characteristics. Environmental Earth Sciences, 77:191. DOI: 10.1007/s12665-018-7328-3.
- Moreira, N., Araújo, A., Pedro, J.C., Dias, R. (2014). Evolução geodinâmica da Zona de Ossa-Morena no contexto do SW Ibérico durante o Ciclo Varisco. Comunicações Geológicas 101(I), pp. 275-278.
- Moreira, N., Pedro, J., Santos, J.F., Araújo, A., Dias, R., Ribeiro, S., Romão, J., Mirão, J. (2019). $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ applied to age discrimination of the Palaeozoic carbonates of the Ossa-Morena Zone (SW Iberia Variscides). International Journal of Earth Sciences (Geol Rundsch). DOI: 10.1007/s00531-019-01688-9
- Moreira, N., Pedro, J., Santos, J.F., Araújo, A., Romão, J., Dias, R., Ribeiro, A., Ribeiro, S., Mirão, J. (2016). $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios discrimination applied to the main Paleozoic carbonate sedimentation in Ossa-Morena Zone. In: IX Congreso Geológico de España (special volume). Geo-Temas 16(1), pp. 161-164.
- Moreira N., Vicente S., Maia M., Nogueira P., Araújo, A. (2017). Controlo estrutural de mineralizações de Cobre na Mina dos Mocíços (Zona de Ossa-Morena); dados preliminares. VII Congresso Jovens Investigadores em Geociências, LEG 2017 (abstract book), pp. 45-48.
- Moreira N., Vicente S., Maia M., Oliveira R., Nogueira P., Borges F., Caldeira B., Araújo A. (2018). Mineralização de Cobre na Mina dos Mocíços (Zona de Ossa-Morena); uma abordagem transversal para a sua caracterização. Vulcânica, 2018 (II) - X Congresso Nacional de Geologia (special number), pp. 237-240.
- Mourinha, N., Moreira, N. (2019). Património edificado no Triângulo do Mármore; evidências para a utilização contínua do Mármore de Estremoz desde Época Medieval à Idade Contemporânea. In: Arqueologia 3.0 - II. Comunicação, Divulgação e Socialização da Arqueologia. Fundação da Casa de Bragança, pp. 171-206. ISBN: 978-972-9195-53-2
- Oliveira, J.T., Oliveira, V., Piçarra, J.M. (1991) Traços gerais da evolução tectono-estratigráfica da Zona de Ossa Morena, em Portugal: síntese crítica do estado actual dos conhecimentos. Com. Serv. Geol. Portugal, 77, pp. 3-26.
- Oliveira, V. (1984a). Contribuição para o conhecimento geológico-mineiro da região de Alandroal-Juromenha (Alto Alentejo). Estudos Notas e Trabalhos, Serviço de Fomento Mineiro, Vol. XXVI, fasc. 1-4, pp. 102-126.
- Oliveira, V. (1984b). Transversal Juromenha-Alandroal. Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe 8, pp. 339-345 ISBN: 84-7492-204-6

- Oliveira, V. (1986). Prospecção de Minérios Metálicos a Sul do Tejo 1. Geociências, fasc. 1-2, pp. 15-22
- Passchier, C.W., Trouw, R.A.J. (2005). *Microtectonics*. 2nd Edition, Springer.
- Perdigão, J.C., Oliveira, J.T., Ribeiro, A. (1982). Notícia explicativa da folha 44-B (Barrancos) da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- Pereira, M.F., Gama, C., Rodriguez, C. (2017). Coeval interaction between magmas of contrasting composition (Late Carboniferous-Early Permian Santa Eulália-Monforte massif, Ossa-Morena Zone): field relationships and geochronological constraints.
- Pereira, M.F. & Silva, J.B. (2006). Nordeste Alentejano, In: R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha, J.C. Kullberg (Eds.). *Geologia de Portugal no Contexto da Ibéria*. Uni. Évora, Évora, pp. 145-150.
- Pereira, M.F., Solá, A.R., Chichorro, M., Lopes, J.L., Gerdes, A., Silva, J.B. (2012). North-Gondwana assembly, break up and paleogeography: U-Pb isotope evidence from detrital and igneous zircons of Ediacaran and Cambrian rocks of SW Iberia. *Gondwana Research* 22(3-4), pp. 866-881. DOI: 10.1016/j.gr.2012.02.010
- Piçarra, J.M. (2000). Estudo estratigráfico do sector de Estremoz-Barrancos, Zona de Ossa Morena, Portugal. Vol. I - Litoestratigrafia do intervalo Câmbico médio?-Devónico inferior, Vol. II - Bioestratigrafia do intervalo Ordovícico-Devónico inferior. PhD Thesis (unpublished), Évora University, Portugal.
- Piçarra J.M., Gutiérrez-Marco J.C., Lenz A.C., Robardet M. (1998). Pridoli graptolites from the Iberian Peninsula: a review of previous data and new records. *Canadian Journal of Earth Sciences* 35, pp. 65-75.
- Piçarra, J.M. & Le Meen, J. (1994). Ocorrência de crinóides em mármores do Complexo Vulcano-Sedimentar Carbonatado de Estremoz: implicações estratigráficas. *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro* 80, pp. 15-25.
- Piçarra, J.M. & Sarmiento, G. (2006). Problemas de posicionamento estratigráfico dos Calcários Paleozóicos da Zona de Ossa Morena (Portugal). In: Mirão J, Balbino A (ed), VII Congresso Nacional de Geologia abstract book (vol. II), Estremoz, pp. 657-660.
- Piçarra J.M., Štorch P., Gutiérrez-Marco J.C., Oliveira J.T. (1995). Characterization of the Parakidograptus acuminatus graptolite Biozone in the Silurian of the Barrancos region (Ossa Morena Zone, South Portugal). *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, 81, pp. 3-8.
- Ramos, J. F. (1982). Algumas notas sobre rochas ígneas ornamentais de Portugal. *Geonovas*, 1(3), pp. 53-76.
- Ribeiro, A., Antunes, M. T., Ferreira, M. P., Rocha, R. B., Soares, A. F., Zbyszewski, G., Moitinho de Almeida, F., Carvalho, D., Monteiro, J. H. (1979). *Introduction à la géologie générale du Portugal*. Serviços Geológicos de Portugal. 114p.
- Ribeiro, A., Munhá, J., Dias, R., Mateus, A., Pereira, E., Ribeiro, M.L., Fonseca, P., Araújo, A., Oliveira, J.T., Romão, J., Chaminé, H.I., Coke, C., Pedro, J. (2007). Geodynamic evolution of the SW Europe Variscides. *Tectonics* 26, pp. 1-24.
- Sánchez-García, T., Bellido, F., Pereira, M.F., Chichorro, M., Quesada, C., Pin, C., Silva, J.B. (2010). Rift-related volcanism predating the birth of the Rheic Ocean (Ossa-Morena zone, SW Iberia). *Gondwana Research* 17, pp. 392-407. DOI: 10.1016/j.gr.2009.10.005
- Silva, M. A. (2013). Prospecção Geofísica no Complexo Plutônico de Santa Eulália. Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, pp. 70.

