

RECURSOS MINERAIS
NO ANTICLINAL DE ESTREMOZ
Uma aula de campo pluridisciplinar

Jorge Pedro
Ruben Martins
Noel Moreira



Universidade de Évora
Instituto de Ciências da Terra

Ficha Técnica

Título: Recursos Minerais no Anticlinal de Estremoz. Uma aula de campo pluridisciplinar

Autores: Jorge Pedro, Ruben Martins, Noel Moreira

Editor: Universidade de Évora; Instituto de Ciências da Terra

ISBN: 978-972-778-510-0

Évora 2025

Agradecimentos

Os autores agradecem a todos os colegas que têm desenvolvido trabalhos de campo e que têm contribuído significativamente para o conhecimento geológico no Anticlinal de Estremoz, em particular ao colega Luis Lopes e aos colegas Pedro Nogueira, Marcelo Silva e José Roseiro, pela disponibilização de materiais e no auxílio à parte gráfica.

Um agradecimento especial à empresa António Galego & Filhos, S.A, que tem permitido, ao longo dos anos a realização de atividades letivas na pedreira Texugo Nº 3, localizada na Herdade da Lagoa, concelho de Vila Viçosa.

Esta publicação insere-se nos objetivos de “Educação e Comunicação em Geociências” do Desafio 4 - Geoconservação e Literacia em Geociências, do Instituto de Ciências da Terra (ICT) e foi financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), através do projeto UID/04683 - <https://doi.org/10.54499/UID/04683/2025>.

Índice

1 – Introdução	4
2 – Enquadramento geológico	5
3 – Anticlinal de Estremoz	7
4 – Mármore de Estremoz	9
5 – Mineralizações de cobre	11
6 – Locais a observar	12
6.1 – Conglomerado da base do Câmbrio	12
6.2 – Complexo Vulcano-Sedimentar Carbonatado de Estremoz	13
6.3 – Antiga mina de Miguel Vacas	16
6.4 – Geomorfologia e Formação Dolomítica	18
Referências bibliográficas	21

1 - Introdução

As atividades letivas de trabalho de campo são fundamentais para o desenvolvimento de uma compreensão aprofundada e holística das Geociências, permitindo que os estudantes conectem teoria à prática.

A observação no terreno de rochas, fósseis e estruturas geológicas estimula a aquisição de competências essenciais na formação de alunos em Geociências, promovendo a análise crítica na resolução de problemas ambientais, na exploração de recursos naturais e na compreensão das dinâmicas do planeta Terra.

A proximidade geográfica da Universidade de Évora ao Anticlinal de Estremoz, onde se localiza um importante núcleo de exploração e transformação de mármore e um *cluster* de mineralizações de cobre, fazem deste território uma região privilegiada para a realização de atividades letivas de trabalho de campo envolvendo diferentes temáticas na área das Geociências.

Este *e-book*, pretende ser um guião, que para além de enquadrar e apresentar as principais características geológicas do Anticlinal de Estremoz, seleciona 4 locais para a realização de atividades letivas de trabalho de campo (fig. 1), onde se observam algumas das características geológicas mais didáticas do Anticlinal de Estremoz, nomeadamente:

- Sucessão estratigráfica e estrutura do Anticlinal de Estremoz;
- Ocorrência, exploração e transformação dos “Mármore de Estremoz”;
- Mineralização filoniana de cobre de Miguel Vacas; e
- Geomorfologia da região envolvente à cidade de Estremoz.

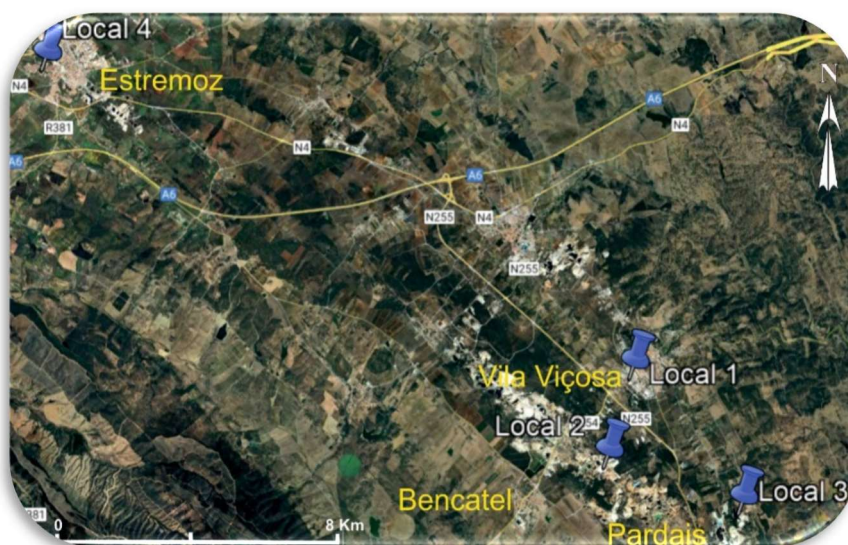


Figura 1 – Localização geográfica dos locais a observar.

2 – Enquadramento geológico

O Anticlinal de Estremoz localiza-se nos domínios centrais da Zona de Ossa Morena (ZOM), mais propriamente no Setor de Estremoz-Barrancos, limitado a nordeste pelo Setor de Alter do Chão-Elvas e a sudoeste pelo Setor de Montemor-Ficalho (fig. 2).

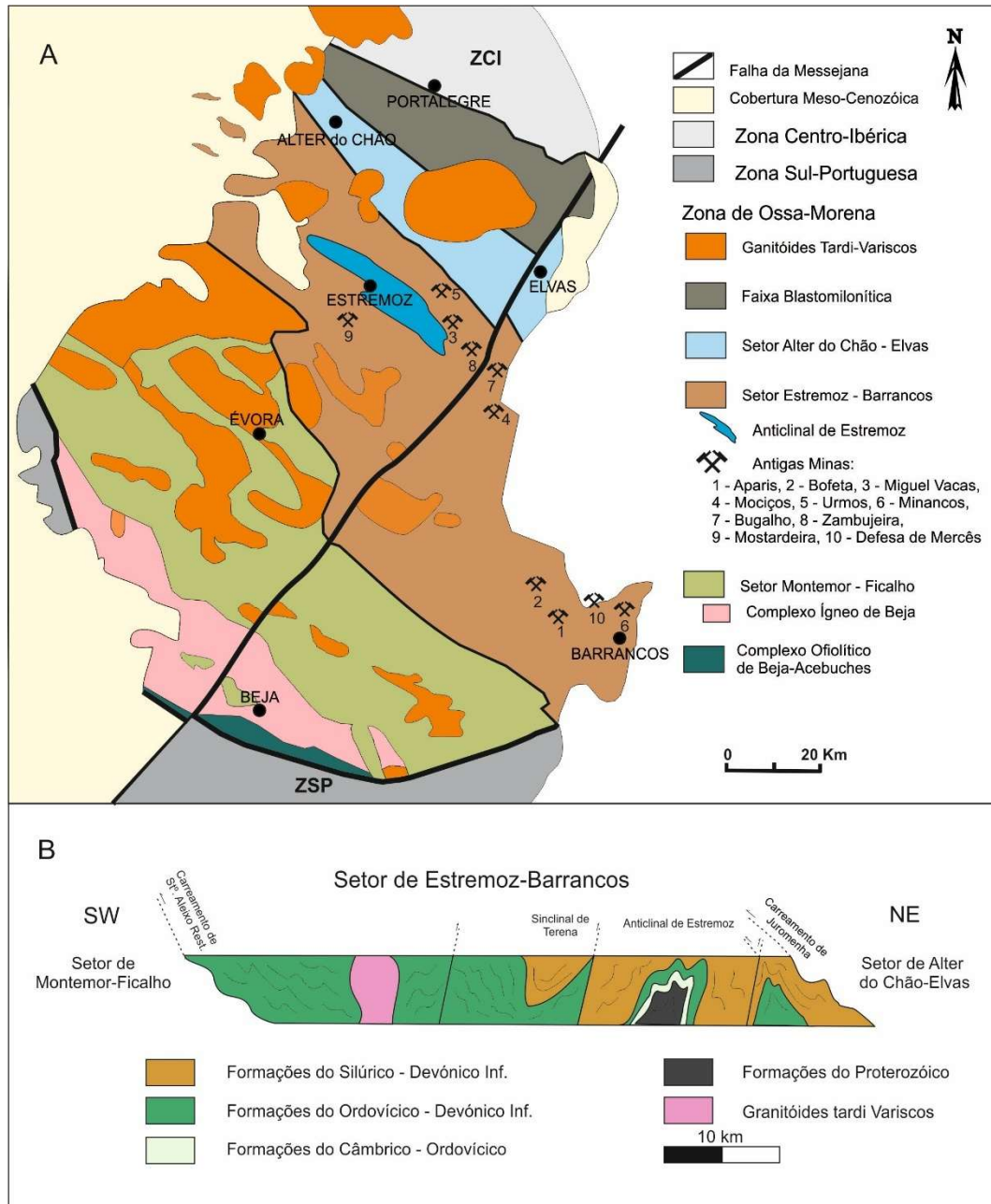


Figura 2 – (A): Principais setores da Zona de Ossa-Morena, com localização do Anticlinal de Estremoz (adaptado de Oliveira *et al.*, 1991 e Araújo *et al.*, 2013) e das principais mineralizações no Setor de Estremoz-Barrancos (adaptado de Mateus *et al.*, 2013); (B): Corte geológico interpretativo do Setor de Estremoz-Barrancos (adaptado de Ribeiro *et al.*, 2007).

No Sector de Estremoz-Barrancos é possível observar uma das sucessões estratigráficas mais completas da ZOM, com uma sucessão compreendida entre o Neoproterozóico e o Devónico, com particularidades litológicas e bioestratigráficas que, segundo Oliveira *et al.* (1991), permitem definir duas sucessões litoestratigráficas distintas dentro deste sector (fig. 3):

- 1) Uma sucessão litoestratigráfica geral para o Sector Estremoz-Barrancos, que inclui um conjunto de unidades de natureza maioritariamente siliciclástica, com idades compreendidas entre o Câmbrio médio-superior (?) e o Devónico inferior a médio; e
- 2) Uma sucessão litoestratigráfica específica para o Anticlinal de Estremoz, caracterizada por uma sucessão siliciclástica de idade neoproterozóica, sobre a qual assentam duas unidades carbonatadas: a Formação Dolomítica e o Complexo Vulcano-Sedimentar Carbonatado de Estremoz, onde se localizam e exploram os Mármore de Estremoz.

No Sector de Estremoz-Barrancos ocorrem diversas mineralizações cupríferas, discordantes a sub-concordantes com as estruturas regionais (Oliveira, 1986), representadas pelas antigas minas de Aparis, Bofeta, Miguel Vacas, Mociços, Urmos, Minancos, Bugalho, Zambujeira, Mostardeira e Defesa de Mercês (Mateus *et al.*, 2013), instaladas na sua grande maioria nas sucessões de idade silúrico-devónicas.

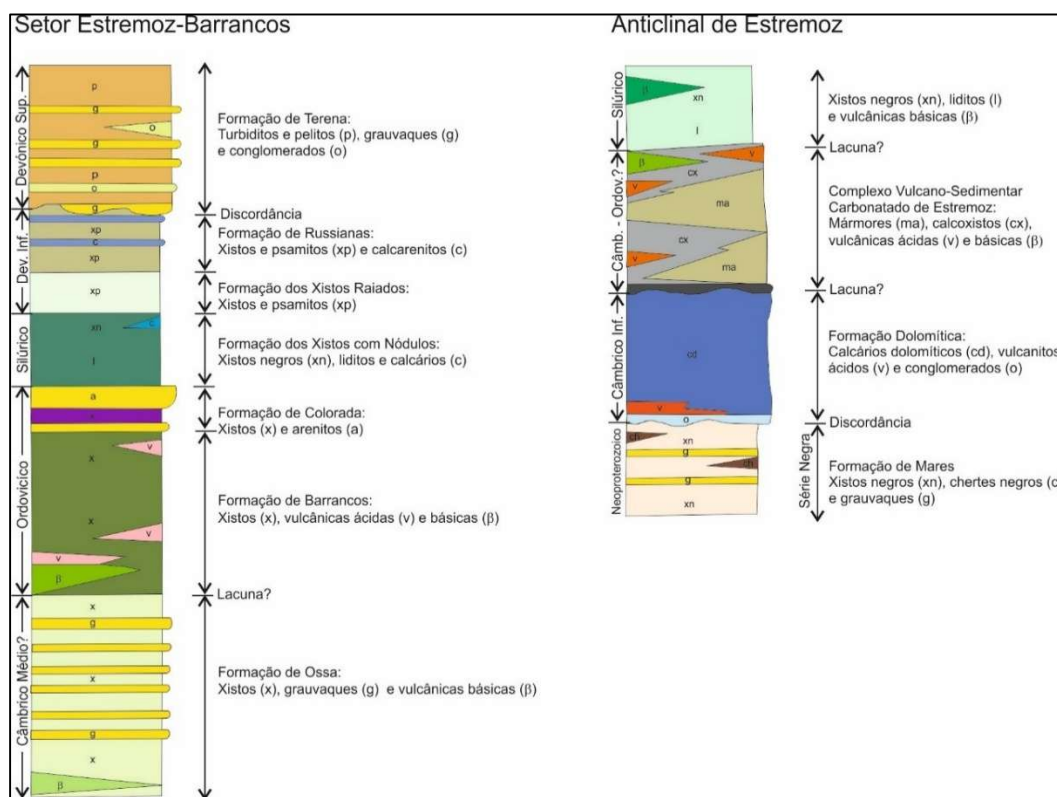


Figura 3 – Sucessão estratigráfica geral do Setor de Estremoz-Barrancos e do Anticlinal de Estremoz (adaptado de Oliveira *et al.*, 1991).

3 – Anticlinal de Estremoz

O Anticlinal de Estremoz é uma das principais estruturas variscas da ZOM com cerca de 40 km de extensão e 10 km de largura, segundo a direção NW-SE.

A sucessão estratigráfica do Anticlinal de Estremoz (fig. 3) inicia-se com a Formação de Mares, considerada de idade Neoproterozóica (Oliveira *et al.*, 1991), frequentemente designada por Série Negra, sendo constituída por xistos negros, chertes negros/liditos e metagrauvaques, ocupando uma posição central na estrutura. Datações geocronológicas, em zircões detríticos dos metagrauvaques da Formação de Mares, indicam uma idade mínima de deposição entre os *ca.* 599-544 Ma (Pereira *et al.*, 2012).

Sobre a Formação de Mares repousa discordantemente a Formação Dolomítica. Inicia-se por um nível lenticular de metaconglomerados e meta-arcoses (Oliveira *et al.*, 1991; Pereira *et al.*, 2012; Araújo *et al.*, 2013), genericamente referido como Conglomerado da Base do Câmbrico. Datações geocronológicas em zircões detríticos atribuem uma idade de *ca.* 540 Ma a esta unidade (Pereira *et al.*, 2012). Este nível arcósico-conglomerático passa a uma sequência de mármore dolomíticos, por vezes xistificados e pontualmente com intercalações de metavulcanitos básicos. A Formação Dolomítica é considerada como sendo do Câmbrico Inferior, por correlação litoestratigráfica com a Formação Carbonatada de Elvas (Setor de Alter do Chão – Elvas; Oliveira *et al.*, 1991; Araújo *et al.* 2023). O topo da Formação Dolomítica é marcado por um horizonte silicioso e descontínuo (localmente com sulfuretos), interpretado como uma importante lacuna resultante da exposição sub-aérea dos carbonatos, que localmente teria provocado carsificação e silicificação (Oliveira *et al.*, 1991).

Sobre o horizonte silicioso assenta o Complexo Vulcano-Sedimentar Carbonatado de Estremoz, caracterizado pela presença de mármore calcíticos mais ou menos xistificados, com intercalações de calcoxistos 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, 2017), tendo sido atribuídas idades variáveis, desde o Câmbrico ao Silúrico superior-Devónico inferior.

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 (Araújo *et al.*, 2013).

Em termos estruturais, o Anticlinal de Estremoz resulta de uma evolução tectono-metamórfica com duas fases de deformação dúcteis durante o Ciclo Varisco, seguidas de eventos de deformação frágil (Lopes, 2007; Pereira *et al.*, 2012). A primeira fase (D1) é caracterizada pelo desenvolvimento de dobras deitadas com eixos de direção N-S, clivagem de plano axial pouco inclinada e transporte para NW (Lopes, 2007; Araújo *et al.*, 2013).

A segunda fase de deformação (D2) é caracterizada por dobras com eixos de direção NW-SE, com planos axiais subverticais ou muito inclinados (Lopes, 2007), sendo a fase responsável pela estruturação e orientação NW-SE do Anticlinal de Estremoz (Lopes, 2007; Pereira *et al.*, 2012; Araújo *et al.*, 2013; Moreira *et al.*, 2014). Segue-se o desenvolvimento de corredores de deformação dúctil-frágil segundo a orientação NNW-SSE e a deformação frágil Varisca com desligamentos esquerdos WSW-ENE e direitos NE-SW. Por último ocorre a deformação frágil tardi-Varisca e Alpina, responsável pela fracturação existente no Anticlinal de Estremoz (Lopes, 2007; Araújo *et al.*, 2013).

Em termos de metamorfismo, apesar de afetado por duas fases de deformação dúcteis, o Anticlinal de Estremoz apresenta um metamorfismo de baixo grau, essencialmente na fácies dos xistos verdes, na zona da clorite (Mata & Munhá, 1985; Araújo *et al.*, 2013).

4 – Mármore de Estremoz

Os Mármore de Estremoz (denominação genérica utilizada para todos os mármore provenientes do Anticlinal de Estremoz), classificados como Pedra Património Mundial (*Heritage Stone*) pela União Internacional de Ciências Geológicas (IUGS) em 2017, são uma matéria-prima de inegável valor económico, beleza estética e com qualidade incontestável, graças aos variados padrões cromáticos, texturas e características físico-químicas (Lopes & Martins, 2015). São explorados num dos principais polos extrativos de rochas ornamentais do Alentejo e de Portugal (Lopes & Gonçalves, 1997; Carvalho *et al.*, 2013), o denominado Triângulo do Mármore (localizado nos concelhos de Borba, Estremoz e Vila Viçosa), representando uma fatia considerável do PIB português proveniente da exploração de materiais geológicos.

Os Mármore de Estremoz são no Complexo Vulcano-Sedimentar Carbonatado de Estremoz. Mineralogicamente são mármore calcíticos (a calcite representa geralmente mais de 95% do volume da rocha total), sendo o quartzo, a biotite, a moscovite, a sericite e a clorite os minerais acessórios mais comuns, podendo também ocorrer feldspatos, turmalina, óxidos e sulfuretos de ferro (Casal Moura *et al.*, 2007; Lopes & Martins, 2015; Moreira *et al.*, 2016; 2019).

Uma das principais características dos Mármore de Estremoz é a variedade cromática, sendo possível identificar variedades mais escuras no topo da sequência, enquanto que as variedades mais claras, creme/branco e mais raramente cor-de-rosa, ocorrem preferencialmente na base da sucessão (Lopes, 2007). As variações cromáticas são resultado da presença de “impurezas” geoquímicas e mineralógicas que, apesar de vestigiais conferem a diversidade cromática existente (Lopes & Martins, 2015; Moreira & Lopes, 2019):

- Os mármore com tonalidades mais escuras (negro a cinza-azulado) resultantes da presença de matéria orgânica que, embora em pouca quantidade, lhes confere as tonalidades escuras (fig. 4A);
- Os mármore brancos e cremes (fig. 4B) são geralmente mármore com elevada pureza mineralógica e composicional, podendo em muitos casos ser constituídos por mais de 99% de calcite;
- Os mármore rosa apresentam uma relação espacial com níveis mais impuros de cor esverdeada, cujos protólitos seriam rochas vulcânicas (cinzas e piroclastos). Embora a sua cor seja tipicamente atribuída à presença de um conteúdo considerável em Ti, Mn e Fe (Lopes & Martins, 2015), trabalhos recentes indicam que estes mármore não revelam enriquecimentos substanciais destes elementos (Moreira, 2022); e
- Os mármore com vergadas (bandas de tonalidades e composições distintas) resultam da presença de níveis de calcite com tonalidades distintas da generalidade do mármore

ou da intercalação de níveis com uma elevada proporção de impurezas mineralógicas, desde o verde (níveis ricos em clorite e mica verde-escura), ao creme (níveis ricos em sericite/moscovite \pm quartzo) e ao negro (níveis ricos em matéria orgânica).

Texturalmente os Mármore de Estremoz apresentam texturas granoblásticas, bastante homogêneas de grão médio a fino entre 0,5 - 1 mm. Esporadicamente, correm texturas mais heterogêneas entre 0,2 - 4 mm ou com carácter lepidoblástico (Casal Moura *et al.*, 2007; Lopes & Martins, 2015; Moreira *et al.*, 2019). A homogeneidade textural é, conjuntamente com a variedade cromática, outra das principais características distintivas dos Mármore de Estremoz.

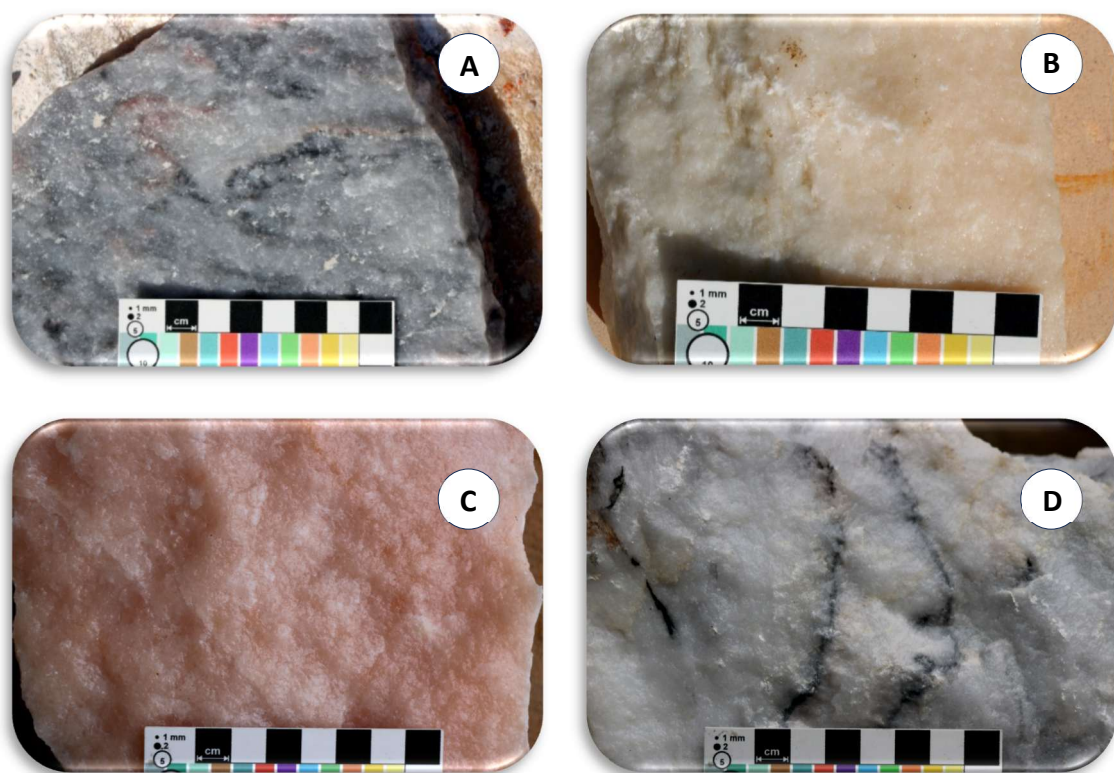


Figura 4 – Aspeto geral das principais variedades cromáticas dos Mármore de Estremoz: (A) mármore negro; (B) mármore creme; (C) mármore rosa; e (D) mármore branco com vergadas.

5 – Mineralizações de cobre

Existem diversas ocorrências de mineralizações cupríferas no Setor de Estremoz-Barrancos (antigas minas de Aparis, Bofeta, Miguel Vacas, Mociços, Urmos, Minancos, Bugalho, Zambujeira, Mostardeira e Defesa de Mercês; fig. 2A), constituindo um *cluster* que se estende desde a região de Barrancos até aos flancos do Anticlinal de Estremoz.

Com exceção da antiga mina da Defesa de Mercês, que se trata de uma mineralização de pirite e calcopirite em veios ou disseminada nas rochas encaixantes, todas as restantes ocorrências correspondem a mineralizações filonianas, controladas por falhas e instaladas nas unidades xistentas do Silúrico-Devónico.

Os filões resultam de atividade hidrotermal polifásica, associada a processos de brechificação em zonas de falha, com desenvolvimento de paragénese primárias constituídas por quartzo, carbonatos, sulfuretos e sulfossais, sendo frequente o desenvolvimento de paragénese de enriquecimento supergénico constituídas por óxidos e hidróxidos de ferro, malaquite e azurite, cuprite, liebethenite, atacamite, crisócola e covelite (Mateus *et al.*, 2013).

6 – Locais a observar

6.1 – Conglomerado da Base do Câmbrico

Coordenadas: 38,771855; -7,423444

Objetivo: Discutir o significado geodinâmico do nível lenticular, detrítico, na base da Formação Dolomítica - Conglomerado da Base do Câmbrico

Neste local, observa-se um conglomerado meta-arcósico (fig. 5), pertencente ao nível base detrítico da Formação Dolomítica, genericamente designado por Conglomerado da Base do Câmbrico.

O conglomerado meta-arcósico é constituído por grãos rolados (que chegam a atingir dimensões centimétricas) de quartzo, xistos negros, meta-vulcanitos e metachertes pertencentes à Formação de Mares (Neoproterozóico).

Este afloramento é de extrema importância para a interpretação geodinâmica da ZOM, porque o conglomerado meta-arcósico marca a transição entre dois Ciclos de Wilson distintos: o Ciclo Cadomiano, que termina no Neoproterozóico, e o Ciclo Varisco que ocorre durante o Paleozóico.

A presença de clastos xistificados indica uma sedimentação continental detrítica, resultante do desmantelamento do Orógeno Cadomiano, que progride para um processo de rifting intracontinental durante o Câmbrico Inferior e que evolui para um sistema de sedimentação carbonatada durante o Câmbrico, representado pela Formação Dolomítica.



Figura 5 – Conglomerado meta-arcósico, poligenético, com clastos rolados de diferentes dimensões, observando-se a ocorrência de clastos xistificados, resultantes do desmantelamento do Orógeno Cadomiano.

6.2 – Complexo Vulcano-Sedimentar Carbonatado de Estremoz

Coordenadas: 38,751959; -7,430996

Objetivo: Observar a importância no Mármore de Estremoz como georrecurso

Dada a ausência de afloramentos com boa exposição, resultante da topografia plana e da cobertura do solo, as pedreiras do Anticlinal de Estremoz constituem locais privilegiados para a observação do Complexo Vulcano-Sedimentar Carbonatado de Estremoz. Nestes locais é possível observar as relações entre os Mármore de Estremoz e as intercalações de calcoxistos e metavulcanitos, as diferentes variedades cromáticas e texturais dos Mármore de Estremoz, os padrões de dobramento e a deformação frágil, que afeta e condiciona as zonas de exploração.



Figura 6 – Aspeto geral da Pedreira Texugo Nº 3, onde é possível observar o ciclo completo de trabalhos de pedra.

Do ponto de vista técnico, na pedreira Texugo Nº3 é possível observar o ciclo completo de trabalhos de pedra, em cinco estágios operacionais (fig. 7):

- 1) Perfuração: realização de furos ortogonais que se interseitam num ponto, com recurso a equipamento rotopercussivo (fig. 7A);
- 2) Corte: passagem de fio diamantado pelos furos realizados, que após união das pontas é colocado na polia motriz de numa máquina que evolui para a retaguarda, sobre carris, mantendo o cabo tenso e garantindo a evolução do corte por desgaste. As execuções dos cortes produzem talhadas de grandes dimensões, com alturas de 6 - 7 m, dependendo

da altura do piso, com espessuras de 2 - 3 m e comprimentos variáveis, apresentando-se verticalizadas e destacadas do resto do maciço (fig. 7B);

- 3) Desmonte: deslocação da talhada da posição vertical para posição horizontal (final), por tombamento (fig. 7C). Neste processo é obrigatório a criação de uma “cama”, no piso inferior capaz de amortecer a queda da talhada, evitando, assim, a sua fracturação. O tombamento é efetuado pelo afastamento progressivo e inclinado da talhada do resto do maciço, com recurso a colchões hidráulicos e máquinas giratórias munidas de uma “unha” metálica (*ripper*), que empurram a talhada até esta atingir, por queda, a posição horizontal no piso inferior (desmonte definitivo, fig. 7C);
- 4) Esquadreamento: remoção de zonas penalizantes (fraturas ou heterogeneidades cromáticas) e divisão da talhada, por corte com fio diamantado, em blocos normalmente paralelepípedicos e homogéneos, com dimensões passíveis de serem removidos para a superfícies em segurança (fig. 7E); e
- 5) Remoção: transporte dos blocos e escombros para a superfície, fechando-se assim o ciclo de trabalhos de pedra, ficando a frente de exploração limpa e pronta para o reinício do ciclo. Na pedra Texugo Nº 3, a operação de remoção é efetuada de forma segura e eficaz por máquinas de grande porte (pás carregadoras, giratórias e *dumpers*), através da rampa de acesso ao fundo da pedra (fig. 7F).

Terminado o ciclo de pedra, os blocos extraídos e transportados para a superfície são avaliados e classificados. Caso apresentem defeitos estruturais ou sejam informes, passam por um processo de pré-transformação, com redimensionamento e valorização, através de corte com monofios.

Esta operação necessita de água para refrigeração dos elementos de corte e limpeza dos golpes. A empresa António Galego & Filhos, S.A., foi pioneira na instalação na pedra Texugo Nº3 de uma estação de tratamento de águas industriais, fazendo a recirculação das águas e uma filtro-prensagem que concentra a carga sólida em transporte, resultante do desgaste da pedra aquando dos cortes. A carga sólida constitui uma lama carbonatada, que juntamente com os escombros resultantes do desmonte das frentes são removidos e armazenados numa escombreira, em condições de serem reutilizados noutras atividades indústrias (e.g. agregados, cerâmica, vidro, cimento, compósitos pétreos, etc.).

Após a avaliação, classificação e pré-transformação (caso necessário), os blocos devidamente referenciados são expedidos para a unidade de transformação da empresa António Galego & Filhos, S.A., situada em Bencatel, ou são exportados para diferentes países.

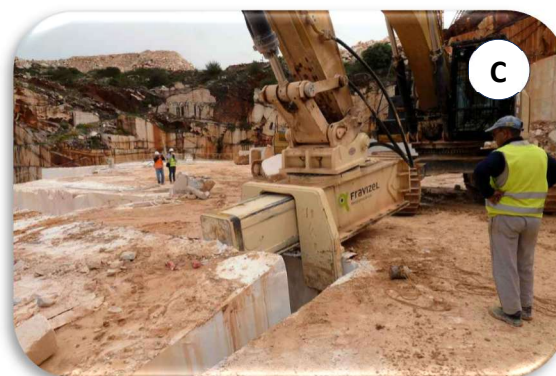


Figura 7 – Ciclo de trabalhos realizados na Pedreira Texugo Nº 3: (A) perfuração por rotopercussão; (B) corte vertical com fio diamantado; (C) tombamento com recurso a equipamento “tomba-bancadas hidráulico” (patenteado pela empresa portuguesa, Fravizel, S.A.); (D) talhada desmontada; (E) esquadrejamento da talhada; e (F) remoção de material para a superfície.

6.3 – Antiga mina de Miguel Vacas

Coordenadas: 38,741217; -7,392251

Objetivo: Observar a estrutura e mineralogia e discutir a génese do jazigo de Miguel Vacas

A antiga mina de Miguel Vacas (fig. 8) é um jazigo filoniano de cobre com enriquecimento supergénico, explorado entre 1925 e 1986. Localiza-se no flanco NE do Anticlinal de Estremoz, no interior dos xistos negros (Formação dos Xistos com nódulos, do Silúrico; Oliveira *et al.*, 1991; Laranjeira *et al.*, 2023), que envolvem o Anticlinal de Estremoz.

Trata-se de uma estrutura filoniana a brechóide, essencialmente constituída por quartzo e carbonatos, anastomosada e sub-concordante com a estrutura regional, instalada numa zona de falha, com direção NNW-SSE e fortemente inclinada para o quadrante Este, que se estende por 2 km com possanças entre 10 – 20 m.



Figura 8 – Antiga mina de Miguel Vacas, onde se observa uma depressão preenchida por água, resultante da exploração a céu aberto, com indicação do local onde aflora a estrutura filoniana.

A mineralização é constituída por uma paragénese primária com calcopirite e pirite e por uma paragénese de enriquecimento supergénico (fig. 9) com sulfuretos secundários (calcocite, bornite e digenite), carbonatos (malaquite) e fosfatos (libethenite). Saliente-se, a presença de libethenite que é um fosfato hidratado de cobre, de cor verde e forma ortorrômbica, extremamente raro, encontrado apenas em outros três locais a nível mundial (Eslováquia,

República Democrática do Congo e Zâmbia). Na zona mais superficial ocorrem óxidos e hidróxidos de ferro (goethite, limonite e hematite), conjuntamente com quartzo.

O jazigo de Miguel Vacas constitui um excelente exemplo na discussão e interpretação dos processos de enriquecimento supergénico (fig. 10), os quais permitiram que uma ocorrência primária, com teores relativamente baixos em cobre, tenha-se transformado numa ocorrência economicamente explorável.

Os trabalhos mineiros foram realizados inicialmente através de galerias (cotas de 30 e 42 m) e posteriormente a céu aberto, explorando exclusivamente as zonas de oxidação e de enriquecimento supergénico.

Neste local, observa-se uma depressão resultante da exploração a céu aberto, com cerca de 300 x 100 m de extensão, alongada segundo a direção NNW-SSE, envolvida por escombreliras e parcialmente preenchida por água. Na zona setentrional da depressão é possível observar o filão quartzoso e parte da mineralização de enriquecimento supergénico. Atualmente nas escombreliras ainda é possível coletar alguns dos minerais mais representativos da mineralização supergénica.

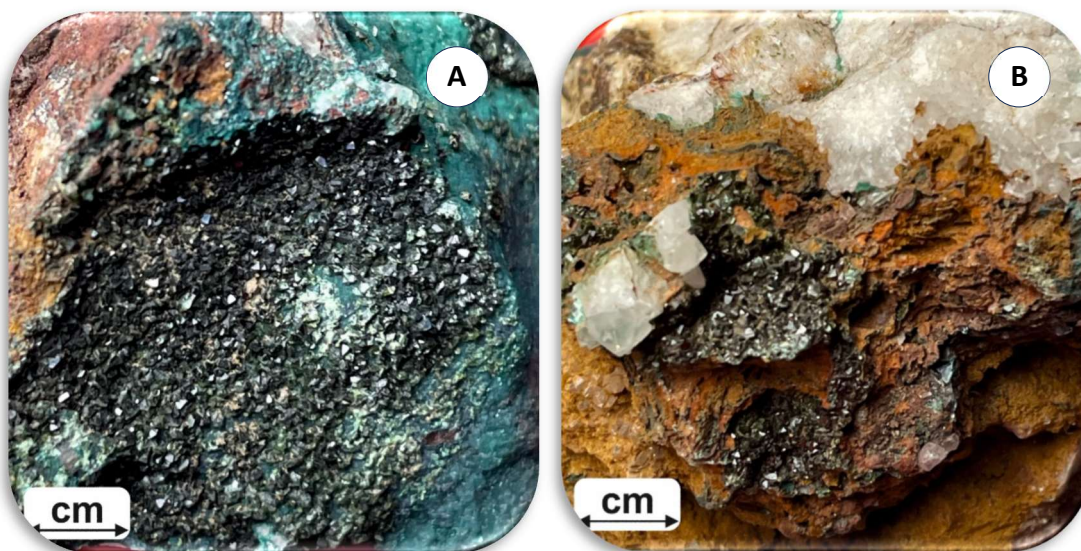


Figura 9 – Paragénese de enriquecimento supergénico em Miguel Vacas com: (A) libethenite e malaquite; e (B) quartzo, libethenite e óxidos e hidróxidos de ferro.

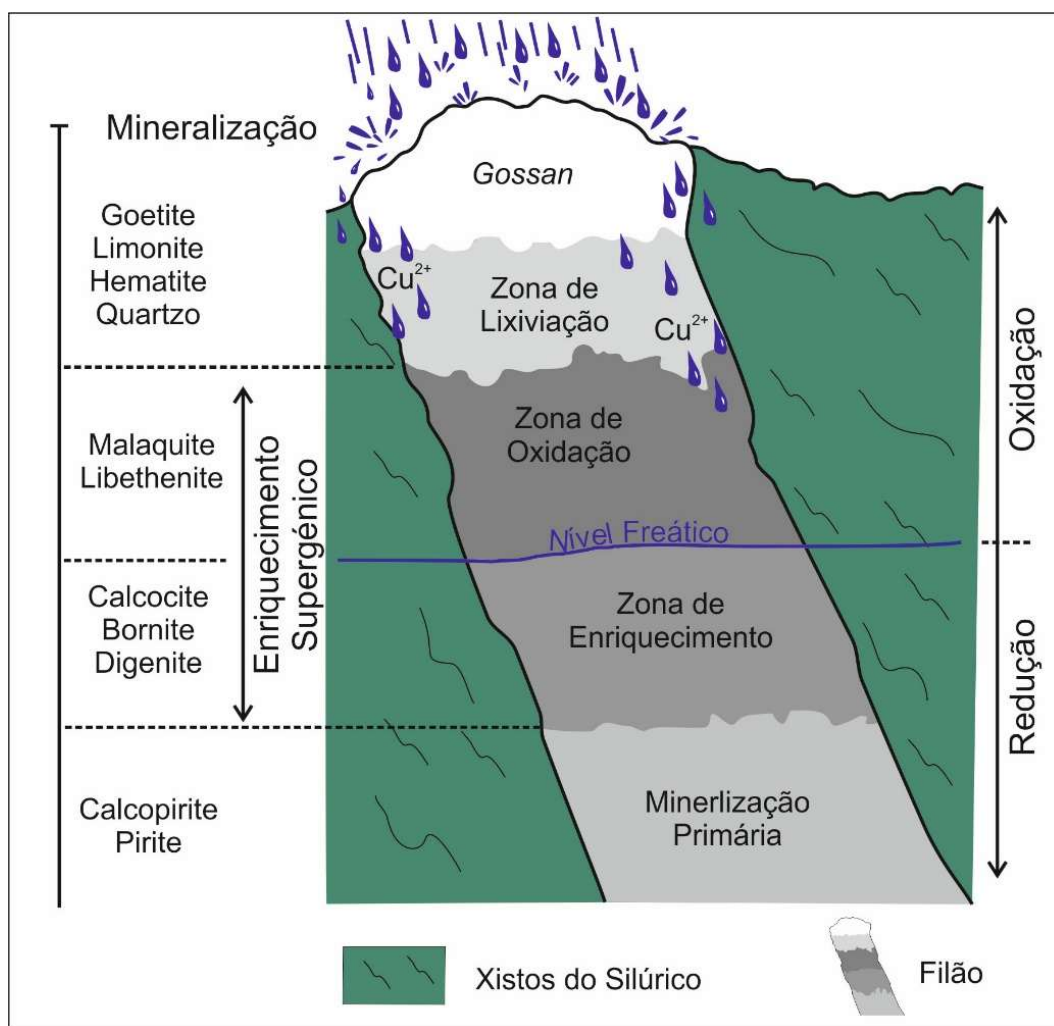


Figura 10 – Esquema ilustrativo do processo de enriquecimento supergênico em Miguel Vacas, com indicação das paragéneses minerais.

6.4– Geomorfologia e Formação Dolomítica

Coordenadas: 38,841719; -7,592357

Objetivo: Observar e discutir a influência litológica e estrutural na geomorfologia da região do Anticlinal de Estremoz

As formações que constituem o Anticlinal de Estremoz estão, grosso modo orientadas segundo a direção NW-SE, a orientação geral das principais estruturas da Orogenia Varisca na ZOM. Por outro lado, a análise do Modelo Digital de Terreno na região do Anticlinal de Estremoz (<https://www.dgterritorio.gov.pt/dados-abertos>) mostra relevos orientados, preferencialmente, segundo a orientação NW-SE (fig. 11), sugerindo a existência de uma relação direta entre as estruturas geológicas, a litologia e o relevo da região.

Com efeito, uma análise cartográfica mais detalhada, entre a folha 6 da Carta Geológica de Portugal à escala 1/200.000 (<https://geoportal.ineg.pt>) e o Modelo Digital Terrestre na região do Anticlinal de Estremoz, mostra uma sobreposição entre os afloramentos da Formação Dolomítica e os relevos positivos com orientação NW-SE (fig. 12).

Estes relevos são resultado de processos de erosão diferencial entre os calcários dolomíticos (mais resistentes) da Formação Dolomítica e as litologias menos resistentes que constituem e rodeiam o Anticlinal de Estremoz, nomeadamente os mármore e calcoxistos do Complexo Vulcano-Sedimentar Carbonatado de Estremoz e os xistos das formações do Silúrico-Devónico (Pereira *et al.*, 2025).

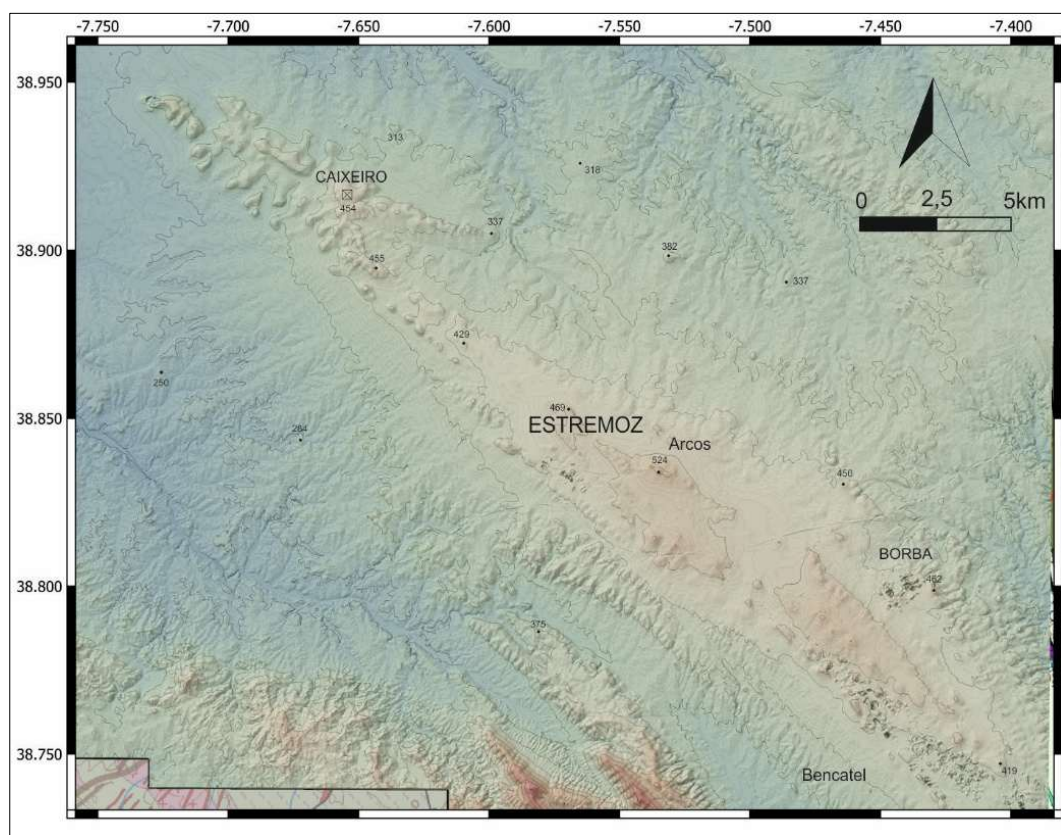


Figura 11 – Modelo Digital de Terreno da região do Anticlinal de Estremoz, realçando a ocorrência de relevos orientados segundo a direção NW-SE (metadados retirados de <https://www.dgterritorio.gov.pt/dados-abertos>).

O local de observação - Cidadela Medieval de Estremoz, (muralha, torre de menagem e paços do concelho medieval) - encontra-se a uma altitude de aproximadamente 450 m, construída sobre a Formação Dolomítica, constituindo um relevo que se eleva 35 - 40 m em relação à parte baixa da cidade, que se localiza sobre o Complexo Vulcano-Sedimentar Carbonatado de Estremoz.

Para SW observa-se uma zona mais deprimida, correspondente às formações xistentas do Silúrico-Devónico, envoltantes do Anticlinal de Estremoz. De igual forma, também é possível observar um relevo de dureza com orientação NW-SE, que se prolonga durante vários quilómetros de extensão em direção a Sousel e a Borba-Vila Viçosa, correspondente à Formação Dolomítica.

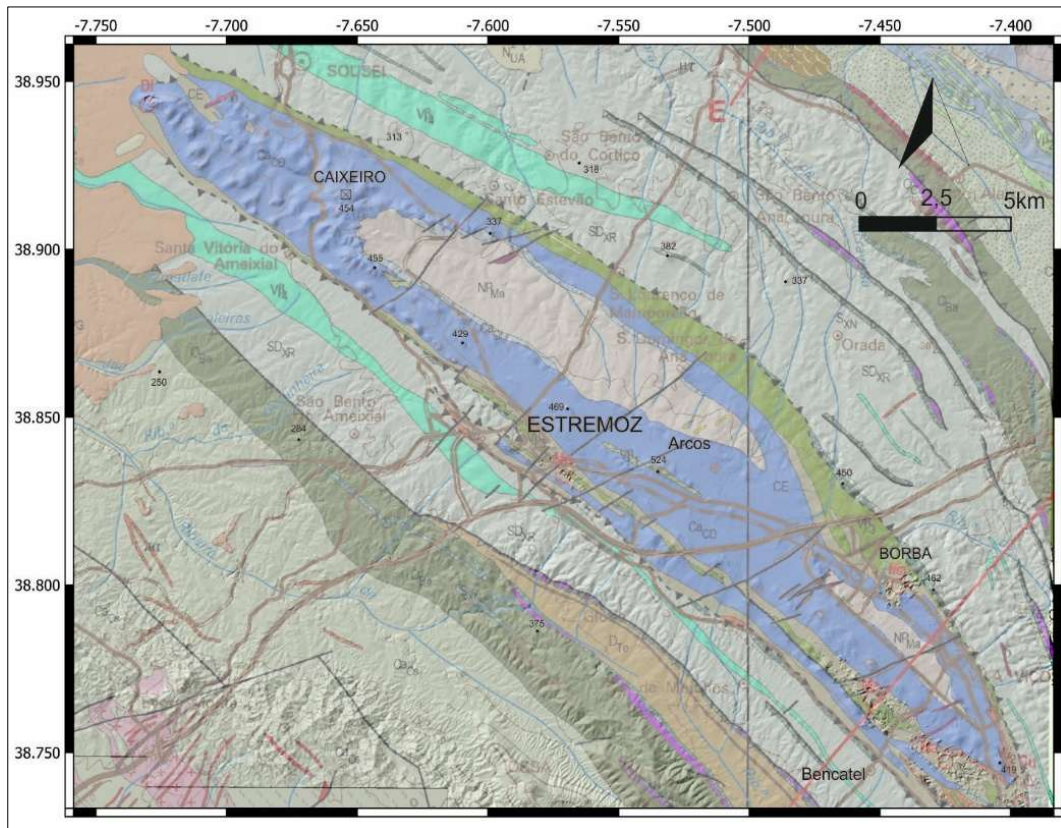


Figura 12 – Sobreposição do Modelo Digital de Terreno da região do Anticlinal de Estremoz, com a folha 6 da Carta Geológica de Portugal à escala 1/200.000, realçando a ocorrência de relevos de dureza associados à Formação Dolomítica (metadados retirados de <https://geoportal.ineg.pt> e <https://www.dgterritorio.gov.pt/dados-abertos>).

Referências bibliográficas

- 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, 509-549.
- Carvalho, J.M.F., Carvalho, C.I., Lisboa, J.V., Moura A.C., Leite, M.M. (2013). Portuguese ornamental stones. *Geonovas*, 26, 15-22.
- 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). *Mármore e Calcários Ornamentais de Portugal*. INETI (National Institute of Engineering, Technology and Innovation), 383 p. ISBN 978-972-676-204-1.
- Gonçalves, F. (1972). *Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000, 36-B (Estremoz)*, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- Laranjeira, V., Ribeiro, J., Moreira, N., Nogueira, P., Mendonça, J.G., Rocha, F., Flores, D. (2023). Silurian black shales from Sousel-Barrancos Metallogenic Belt (Ossa-Morena Zone, Portugal): characterization and interplay to Cu deposits. *International Journal of Coal Geology*, 104253. DOI: 10.1016/j.coal.2023.104253
- 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, 568p.
- 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, 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). *Global Heritage Stone: Towards International Recognition of Building and Ornamental Stones*. Geological Society of London, Special Publications. 407, 57-74. DOI: 10.1144/SP407.10
- Mata, J. & Munhá, J. (1985). Geochemistry of mafic metavolcanic rocks from the Estremoz region (South Central Portugal). *Com. Serv. Geol. Portugal* 71, 175-185.

- 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, 577-620.
- Moreira, N. (2017). *Evolução Geodinâmica dos sectores setentrionais da Zona de Ossa-Morena no contexto do Varisco Ibérico*. Tese de Doutoramento, U. Évora, 433p.
- Moreira, N. (2022). Difusão dos Mármore de Estremoz no Império Romano; até onde se reporta a sua expansão? In: Carneiro, A., Soares, C.M., Grilo, F., Serrão, V., (eds.). *Mármore: 2000 anos de História, Volume 3 – Contributo dos Mármore de Alentejo para a afirmação das artes*. PHIM – Património e História da Indústria dos Mármore, Almedina, Coimbra, 69-119.
- Moreira, N., Araújo, A., Pedro, J., Dias, R. (2014). Evolução geodinâmica da Zona de Ossa-Morena no contexto do SW Ibérico durante o Ciclo Varisco. *Comunicações Geológicas* 101(I), 275-278.
- 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), 161-164.
- Moreira, N., Lopes, L. (2019). Caracterização dos Mármore de Estremoz no contexto dos Mármore da Antiguidade Clássica da Zona de Ossa-Morena. In: Serrão, V., Soares, C.M., Carneiro, A. (eds.) *Mármore: 2000 anos de História, Volume 1 – Da Antiguidade à idade Moderna*. PHIM – Património e História da Indústria dos Mármore, Theya Editores, Lisboa, 13-54.
- 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)*.
- Oliveira, V. (1986). Prospeção de Minérios Metálicos a Sul do Tejo 1. *Geociências*, fasc. 1-2, 15-22.
- 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, 3-26.
- 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), 866-881.

Piçarra, J.M. (2000). Estudo estratigráfico do sector de Estremoz-Barrancos, Zona de Ossa Morena, Portugal. Vol. I - Litoestratigrafia do intervalo Câmbrio médio?-Devónico inferior, Vol. II - Bioestratigrafia do intervalo Ordovícico-Devónico inferior. Tese de Doutoramento, U. Évora, 496p.

Piçarra, J.M., Le Meen, J. (1994). Ocorrência de crinóides em mármore do Complexo Vulcano-Sedimentar Carbonatado de Estremoz: implicações estratigráficas. Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro 80, 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 (eds.), VII Congresso Nacional de Geologia abstract book (vol. II), Estremoz, 657-660.

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, 1–24.