

Boletim de Minas

Vol. 54 • Lisboa 2019-2020



Tema
em
Destaque

Rochas Ornamentais



Direção Geral
de Energia e Geologia



Boletim de Minas

Vol. 54 • Lisboa 2019-2020

- Breve História das Instituições – A Tutela Pública da Revelação e Aproveitamento de Recursos Geológicos** 5
Cristina Lourenço - Subdiretora-Geral da DGEG
- Preâmbulo** 9
Luís Martins - Presidente do Conselho de Administração do Cluster Portugal Mineral Resources
Rochas Ornamentais em Portugal
- Granitos Ornamentais do Norte de Portugal - Características, Potencialidades e Constrangimentos** 11
Luís Sousa, Paulo Pita, Jorge Carvalho e José Lourenço
No norte de Portugal localizam-se os principais núcleos de pedreiras de granito ornamental. A evolução dos últimos anos alterou as perspetivas de crescimento que vinha sendo verificada, forçando as empresas a adaptarem-se a uma nova realidade. A reconversão de unidades extrativas, por ampliação e fusão, contrasta com a inatividade de muitas outras. Neste trabalho apresenta-se uma caracterização dos núcleos de pedreiras dos granitos de Monção-Valença, Ponte de Lima, Alpendurada-Penafiel, Mondim de Basto, serra da Falperra e Pedras Salgadas. São enumerados os principais problemas que afetam a extração, os intrínsecos ao material ou aos maciços, os derivados das condicionantes ao uso do território e também aqueles relacionados com a dimensão e estrutura das empresas. Apresentam-se propostas para melhorar o acesso e a gestão deste importante recurso natural.
- Exploração Sustentável de Recursos no Maciço Calcário Estremenho** 31
Jorge M. F. Carvalho, Jorge Cancela, Cristina Martins, Daniel Pires e Sónia Malveiro
No Maciço Calcário Estremenho ocorre, desde há décadas, uma intensa atividade de extração de blocos de calcário para fins ornamentais. Dos condicionalismos de ordenamento do território, designadamente pelo facto dessa atividade decorrer num espaço territorial consignado para a proteção da natureza – o Parque Natural das Serras de Aire e Candeeiros, resultaram numerosas e prolongadas situações de conflito pelo uso do território. Por um lado, os naturais anseios de desenvolvimento do setor industrial, por outro, o cumprimento dos objetivos de conservação da natureza.
Visando o estabelecimento de equilíbrios para a resolução da conflitualidade nos principais núcleos de exploração consignados no Plano de Ordenamento daquele parque natural, desenvolveu-se um projeto com o objetivo específico de encontrar mecanismos conducentes à compatibilização da gestão e exploração racional dos recursos em calcários ornamentais com a conservação da natureza, no âmbito dos planos municipais de ordenamento do território.
Com base nos resultados alcançados, para cada uma das cinco áreas estudadas foi apresentada uma proposta de ordenamento na qual foram considerados quatro fatores determinantes para a decisão: a existência de áreas de ocorrência de calcários com aptidão ornamental, áreas com altos e excecionais valores ecológicos, património geológico de valor relevante e áreas anteriormente recuperadas do ponto de vista ambiental.
- Gestão Sustentável da Indústria Extrativa no Parque Natural das Serras de Aire e Candeeiros** 51
Manuel Duarte
A extração de inertes no Maciço Calcário Estremenho, em particular na área abrangida pelo Parque Natural das Serras de Aire e Candeeiros (PNSAC), é uma atividade secular ligada à vida das gentes que povoaram esta região, que fundamentalmente a partir dos finais dos anos 80 do século passado ganhou nova dinâmica e se transformou numa atividade económica de grande expressão e com relevo em termos nacionais e internacionais. A gestão da atividade extrativa tornou-se assim num dos desafios mais importantes ao nível da gestão do PNSAC, dada a necessidade de conciliar a exploração de um recurso natural não renovável (e com forte impactos sobre os valores e a paisagem), com a salvaguarda e valorização do património natural, cultural e paisagístico desta área protegida.

Anticlinal de Estremoz: Geologia, Ordenamento do Território e Produção de Rochas Ornamentais após 2000 Anos de Exploração	59
<i>Luís Lopes</i> No panorama mineiro de Portugal o Anticlinal de Estremoz constituiu um caso único por diversos fatores: 1) trata-se de uma estrutura geológica reconhecida por todos e não apenas pelos especialistas; 2) tem um passado de produção de mármore de excepcional qualidade que remonta ao Período Romano; 3) os mármore aqui extraídos têm reconhecimento internacional constituindo-se como uma verdadeira Marca Nacional; 4) é seguramente uma das regiões do País com o registo geológico melhor conhecido, quer à superfície quer em profundidade. Para tal contribuíram vários estudos académicos e as várias campanhas de sondagens profundas realizadas pelas entidades governamentais e as sondagens de prospeção geológica efetuadas pelas empresas. Também a cartografia geológica de base foi realizada à escala 1:5.000 ou maior e encontra-se disponível às escalas 1:25.000 e 1:10.000; 5) há um passado de projetos de investigação, teses de fim de curso, mestrado e doutoramento, para além dos planos de pedreira e vários estudos realizados pelas empresas, etc. que constituiu uma enorme base de dados. Deste modo, os estudos realizados em diversas áreas (geologia; biologia; ecologia; avaliação de impacto ambiental; caracterização dos geomateriais (rochas e solos); avaliação geomecânica do maciço marmóreo; Planos Diretores Municipais; planos de pedreira; etc.) constituem a todos os níveis um acervo de conhecimento enorme que, complementado com a avaliação de riscos (materiais e humanos), permite a curto prazo a implementação de um efetivo projeto de reordenamento do território.	
A Rocha Ornamental Portuguesa e a Evolução na sua Caracterização	85
<i>Cristina Isabel Paulo de Carvalho</i> Neste documento, relata-se o extenso trabalho desenvolvido pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia e pelas suas instituições antecessoras, no âmbito da caracterização das rochas ornamentais portuguesas. Tendo como ponto de partida o primeiro “Catálogo de Rochas Ornamentais Portuguesas”, apresentam-se as motivações que estiveram na origem da criação desta obra literária ímpar e das obras literárias que a sucederam, culminando-se no site “Rochas Ornamentais Portuguesas”. A caracterização das rochas ornamentais assenta no conhecimento das suas propriedades, determinadas através de ensaios. Por este motivo, dá-se particular ênfase aos métodos de ensaio e ao seu progressivo e gradual desenvolvimento, fruto da adesão de Portugal à Comunidade Económica Europeia. Termina-se, abordando as repercussões desta adesão na comercialização dos produtos em pedra natural, de modo a dar cumprimento à legislação europeia atualmente em vigor (Regulamento (UE) N.º 305/2011).	
Microscopia e Microanálise no Estudo de Pedras Ornamentais Carbonatadas	103
<i>Luís Dias, Fabio Sitzia, Carla Lisci, Luís Lopes e José Mirão</i> A crescente competitividade de economias emergentes tem criado dificuldades aos países Europeus produtores e exportadores de Pedra Ornamental. Para acrescentar valor, estes países terão que adicionar tecnologia aos seus produtos. São apresentados três casos de como as técnicas de microscopia e microanálise permitem antecipar e compreender o comportamento das rochas, em diversas condições climáticas. Estas metodologias podem ser usadas em rocha de obra nova, eventualmente seguindo as normas vigentes ou em objetos património.	
A Revolução Tecnológica e Humana do Setor da Pedra	117
<i>Joana Frazão, Jorge Frazão e Inês Frazão</i> As mudanças aceleradas no mercado exigem que as empresas desenvolvam capacidades dinâmicas para se manterem competitivas. Isto significa que as empresas têm de ter capacidade para integrar, construir e reconfigurar competências internas e externas para abordar ambientes em rápida mudança. Estas capacidades têm de ser desenvolvidas em várias vertentes, o objetivo deste artigo é explorar as áreas tecnológicas e humanas no setor das rochas ornamentais em Portugal. As tecnologias da Fravizel são autónomas, responsivas e digitais o que vai permitir o progresso técnico do setor. Este deve ser acompanhado pela evolução das competências digitais da força de trabalho do setor. A Indústria 4.0 (quarta revolução industrial) surge como resposta ao desafio de automatizar processos e aumentar a atratividade para o setor.	
Rochas Ornamentais Portuguesas: Operações Indústria4.0 como Resposta ao Procurement BIM	121
<i>Agostinho da Silva, Andreia Dionísio e Luís Coelho</i> O setor das Rochas Ornamentais (RO) gera em Portugal mais de 16.000 empregos diretos, registou um crescimento das exportações em 2019 de 15% e centra a sua principal âncora competitiva na produção customizada com escala. Sendo previsível que a prazo o <i>Building Information Modelling</i> (BIM) seja a tecnologia de projeto e gestão de obras a nível global, a qual orienta o <i>procurement</i> para produtos <i>standard</i> . O presente estudo avalia a resposta da Indústria 4.0 (I-4.0) às ameaças decorrentes do <i>procurement</i> BIM na Arquitetura Engenharia e Construção.	

Cluster dos Recursos Mineraiis – Um Modelo de Mobilização de Conhecimento, Cooperação e Inovação 127*Marta Rocha Peves*

A política de *Clusters* surgiu em Portugal, a partir de 2008. Nessa altura, foi criado o *Cluster* da Pedra Natural. Em 2016, com a entrada em vigor de outro programa político de clusterização, forma-se uma parceria mobilizada para os objetivos comuns dos Recursos Mineraiis em Portugal. Esta mobilização culmina na evolução para um *Cluster* dos Recursos Mineraiis reconhecido em 2017, que hoje conta com 67 Associados e mais de 100 parceiros a nível mundial.

Em mais de dois anos de operacionalização, o trabalho em rede e cooperação tem gerado maior conhecimento, mais desenvolvimento. Os resultados do sistema de clusterização são visíveis ao nível da tendência de crescimento das exportações, do volume de negócios e do valor acrescentado das Empresas que pertencem ao *Cluster*.

O modelo adotado pelo *Cluster* dos Recursos Mineraiis, tem evidenciado que este é o caminho a prosseguir além de 2020.

LIOZ – Rocha Património, foi Real em Portugal e Transportou Arte e Cultura para o Brasil 137*Zenaide Carvalho G. Silva*

O estudo do calcário português lioz, abordado neste artigo, abrange uma breve referência à sua história geológica e uma outra, mais extensa, ao seu papel como veículo de divulgação de arte e cultura portuguesa e europeia no Brasil. O lioz, sendo um calcário microcristalino com propriedades físicas e tecnológicas próprias para a construção, é também utilizado como elemento decorativo, uma vez que tem coloração diversa, em branco-marfim, rosa claro e escuro, amarelo dourado e amarelo forte, recebendo por esta razão denominações diferentes na indústria das rochas ornamentais. É um calcário de ambiente recifal, portador de fósseis rudistas que lhe conferem uma textura singular. Ocorre nas zonas de Lisboa e arredores, incluindo a região do município de Sintra, principalmente em Pêro Pinheiro, de cujas pedreiras saiu a maior parte do material para construção em Portugal e no Brasil, desde o século XVIII até o presente. Usado durante décadas em construções na área de Lisboa, em estilos arquitetónicos diversos, em Mafra materializou o complexo arquitetónico emblemático de D. João V, Convento, Igreja e Biblioteca, tornando-se a “pedra real”. Foi transportado para o Brasil como lastro de navios que circulavam entre Portugal e a nova colónia, onde no século XVIII foi a rocha preferida para as grandes construções, principalmente de igrejas e templos de culto religioso, cópias de igrejas portuguesas ou nelas inspiradas, perpetuando a arte e arquitetura transportadas da Europa. Deixou em Salvador, na Bahia uma exposição valiosa do património de arte e cultura portuguesas. O lioz tem hoje o estatuto de “Rocha Património Global” por preencher os requisitos adotados pela *Heritage Stone Subcomission* (HSS) da UNESCO.

Labyrinthus in Petris**A Calçada Portuguesa nos Percursos da Ancestralidade** 147*Ernesto Matos*

A calçada artística à portuguesa, é desde os meados do século XIX, um método de pavimento que se tem vindo a implementar numa forma persistente. Não só por Portugal, mas ultimamente, também muitos outros países o têm vindo a assumir. Mais recentemente veio a tornar-se já uma referência de ícone internacional, demonstrando-o a cidade do Rio de Janeiro e o seu emblemático Calçadão de Copacabana. Não é assim por o acaso que a Tocha Olímpica de 2016 teve na sua conceção gráfica também a referência a esse característico e emblemático padrão de ondas, já imortalizado, até mesmo por Walt Disney.

Por Portugal, com os anos a passar, vão-se fazendo contas, não só pelo custo dos materiais geológicos provenientes das mais valias extrativas em meio natural e sem auxílio a métodos industriais poluentes, como para o pagamento de uma mão-de-obra desqualificada e que continua ligada a uma profissionalizada classe operária. Se por um lado Almeida Garrett já designava de Arte a este método aplicado no velho Rossio e que recebeu o nome de um país, por outro assistimos a uma cada vez mais descaracterização técnica e que vai fomentando a má imagem que constantemente passa debaixo dos nossos pés. O que é certo, é que passados mais de 170 anos desde o seu surgimento para benefício público e universal, não vemos este método como disciplina em nenhuma escola de artes portuguesa.

O que temos hoje ou o que queremos no futuro para os nossos pavimentos em calçada? Calçada artística ou calçadas de pedras no chão colocadas por uns arrumadores, formados no quintal ali da esquina?

Pretende-se assim com este texto, refletir sobre alguns destes parâmetros que o próprio país se vai confrontado, perante as vicissitudes de uma profissão, de uma técnica, de uma arte, o que quer que seja... mas que faz parte da nossa perseverança.

Louseira de Canelas**Atividade Extrativa e Ciência de Mãos Dadas Durante Três Décadas** 157*Manuel Valério Figueiredo*

A reabertura das Louseiras de Canelas em 1988, permitiu desde logo o fornecimento de lousas para os telhados da região. Paralelamente, a empresa então fundada assume o papel de resgate sistemático dos novos achados fósseis, que se vai intensificando ao ritmo da própria exploração, não encarando este património como um entrave. A inauguração do Centro de Interpretação Geológica de Canelas, ou Museu das Trilobites, em julho de 2006, impulsionou a criação do Geoparque Arouca.

Atividade Mineira	173
Caducidades de Contratos de Prospeção e Pesquisa	
Contratos de Prospeção e Pesquisa	
Caducidades de Contratos de Concessão de Exploração	
Transmissão da Posição Contratual de Concessão de Exploração	
Contratos de Concessão de Exploração	
Adenda ao Contrato de Concessão de Exploração	
Contratos de Integração	
Águas Minerais e de Nascente	179
Aprovação/Revisão do Plano de Exploração	
Nomeação de Responsáveis Técnicos	
Rescisão dos Contratos de Exploração	
Contratos de Atribuição de Direitos de Exploração	
Adendas ao Contrato de Exploração	
Suspensão da Licença de Exploração	
Atribuição de Licenças de Estabelecimento	
Transmissão da Licença	
Alteração do Sistema de Captação	
Caducidade da Licença	
Oficinas de Engarrafamento - Títulos de Exploração	
Pedreiras	185
Responsáveis Técnicos Inscritos na Direção-Geral de Energia e Geologia	
Elementos Estatísticos da Indústria Extrativa Nacional – 2019	
Indústria Extrativa – Comércio Internacional	191
Evolução do Comércio Internacional – janeiro a dezembro de 2019	
Informação Vária	197
Glossário Geral para o Sector da Pedra Ornamental	

FICHA TÉCNICA

Propriedade e Edição:

Direção-Geral de Energia e Geologia
Av. 5 de Outubro, 208 - 1069-203 Lisboa
Tel: 217 922 800 - Fax: 217 939 540
energia@dgeg.gov.pt
www.dgeg.gov.pt

Diretor:

João Correia Bernardo

Comissão Editorial deste volume:

Luís Martins, Cristina Lourenço, Carla Lourenço,
José Alcântara Cruz, Patrícia Falé, J. Ferreira da Costa,
Miriam Cavaco e José Miguel Martins

Redação e Coordenação:

Direção de Serviços de Recursos Hidrogeológicos e Geotérmicos

Periodicidade: Semestral

Depósito Legal: N° 3581/93

ISSN: 00008-5935

Preâmbulo

Rochas Ornamentais em Portugal

Este número do **Boletim de Minas**, dedicado ao subsetor das **Rochas Ornamentais de Portugal**, pretende dar uma imagem da sua variedade e importâncias económica, social e patrimonial.

Nos últimos 20 anos o subsetor soube construir a sua cadeia de valor de uma forma sustentável, fazendo com que Portugal passasse de um mero exportador de produtos não transformados (em especial blocos e chapas) para um produtor de peças finais das mais apreciadas no Mundo, melhoria esta também acompanhada pelas empresas nacionais de equipamentos. A qualidade das rochas ornamentais portuguesas foi assim extremamente valorizada pelas empresas extratoras, transformadoras e fabricantes de equipamentos, conseguindo-se assim captar um relevante valor acrescentado.

Relembremos que Portugal é um dos principais produtores mundiais de rochas ornamentais tendo registado, nos últimos 50 anos, um crescimento médio anual, em toneladas, de 4% (Carvalho, Lopes, Mateus, Martins & Goulão, 2018).

Em 2015, Portugal ocupava o oitavo lugar do Mundo no Comércio Internacional, sendo o segundo no Comércio Internacional *per capita* (Frazão, 2019). As exportações cobriram as importações em 823%, sendo que aproximadamente 45% das exportações foram para fora da Europa. O subsetor atingiu a segunda posição nacional em Valor Acrescentado Bruto (VAB), estando as telecomunicações em primeiro (Assimagra, 2015).

Em 2019 exportou cerca de €468 Milhões (valor superior ao dos minérios metálicos) para mais de 100 países e é constituído maioritariamente por Pequenas e Médias Empresas (PMEs), aproximadamente 2.500, representando mais de 16.100 postos de trabalho diretos, sendo um dos principais geradores de emprego privado nas regiões do interior.

Novos desafios adivinham-se, como a melhoria das condições de segurança e os relacionados com a tecnologia digital e a Indústria4.0, mas todos os atores envolvidos no subsetor, instituições governamentais, académicas e empresariais, saberão, uma vez mais, dar-lhes a resposta adequada.

Luís Martins

Presidente do Conselho de Administração do *Cluster Portugal Mineral Resources*

Anticlinal de Estremoz: Geologia, Ordenamento do Território e Produção de Rochas Ornamentais após 2000 Anos de Exploração

Luís Lopes

Departamento de Geociências da Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade de Évora; Instituto de Ciências da Terra, Pólo de Évora; Conselho de Administração da Associação Cluster Portugal Mineral Resources; Presidente da Associação Portuguesa de Geólogos
Email: lopes@uevora.pt

Palavras Chave: Anticlinal de Estremoz, geologia, mármore, ordenamento do território, rochas ornamentais.

RESUMO

No panorama mineiro de Portugal o Anticlinal de Estremoz constitui um caso único por diversos factores: 1) trata-se de uma estrutura geológica reconhecida por todos e não apenas pelos especialistas; 2) tem um passado de produção de mármore de excepcional qualidade que remonta ao Período Romano; 3) os mármore aqui extraídos têm reconhecimento internacional constituindo-se como uma verdadeira Marca Nacional; 4) é seguramente uma das regiões do País com o registo geológico melhor conhecido, quer à superfície quer em profundidade. Para tal contribuíram vários estudos académicos e as várias campanhas de sondagens profundas realizadas pelas entidades governamentais e as sondagens de prospeção geológica efetuadas pelas empresas. Também a cartografia geológica de base foi realizada à escala 1:5.000 ou maior e encontra-se disponível às escalas 1:25.000 e 1:10.000; 5) há um passado de projetos de investigação, teses de fim de curso, mestrado e doutoramento, para além dos planos de pedreira e vários estudos realizados pelas empresas, etc. que constitui uma enorme base de dados.

Deste modo, os estudos realizados em diversas áreas (geologia; biologia; ecologia; avaliação de impacto ambiental; caracterização dos geomateriais (rochas e solos); avaliação geomecânica do maciço marmóreo; Planos Diretores Municipais; planos de pedreira; etc.) constituem a todos os níveis um acervo de conhecimento enorme que, complementado com a avaliação de riscos (materiais e humanos), permite a curto prazo a implementação de um efetivo projeto de reordenamento do território.

ABSTRACT

In the mining panorama of Portugal, the Estremoz Anticline is a unique case for several reasons: 1) it is a geological structure recognized by all and not only by specialists; 2) has an exceptional quality marble production dating back to the Roman Period; 3) the marbles extracted have international recognition constituting themselves as a true National Brand; 4) undoubtedly, is one of the better geological known regions of the Country, surface and underground. To this end contribute several academic studies and various deep-sounding surveys carried out by government entities and geological exploration surveys carried out by the companies. Also, base geological mapping was performed at 1: 5.000 scale or greater and is available at 1: 25.000 and 1: 10.000 scales; 5) there is a past of research projects, final course projects, masters and doctorates theses, in addition to quarry planning activities and other studies done by the companies, which together makes a huge database.

In this way, the studies carried out in several areas (geology, biology, ecology, environmental impact assessment, geomaterials characterization (rocks and soils), geomechanical marble mass evaluation, County Director Plans, etc.), stands for a vast knowledge which, complemented by material and human evaluation risks, allows in short term the implementation of an effective and complete territorial re-planning project.

Keywords: Estremoz anticline, geology, marble, spatial planning, ornamental rocks.

1. INTRODUÇÃO

O Setor das Rochas Ornamentais, incluído no *Cluster* dos Recursos Minerais, com reconhecimento governamental em Portugal em fevereiro de 2017, constitui uma atividade económica relevante e de grande impacto nas regiões onde se desenvolve. O “Triângulo do Mármore” (Estremoz – Borba – Vila Viçosa), também designado por “Zona dos Mármore” é um paradigma desta situação. No Concelho de Vila Viçosa, é o setor económico mais

importante secundado pelo turismo. Em Borba e em Estremoz a importância económica relativa do setor decresceu imenso nos últimos anos. Oficialmente apenas subsistem oito pedreiras em atividade em Estremoz e seis em Borba. Os sectores agropecuário, em Estremoz, e do vinho, em Borba, suplantaram o setor do mármore. Nestas circunstâncias e credivelmente, não admira que Vila Viçosa se intitule como a “Capital do Mármore” onde o “ouro branco” ainda é o principal dinamizador económico (Tab.1).

TABELA 1

Pedreiras no Anticlinal de Estremoz

Anticlinal de Estremoz - Situação de Licenciamento (maio 2019)					
(Pedreiras de Classe 1 e 2)					
Concelho	Em exploração / recuperação	Abandonada em tramitação	Suspensa com autorização	Suspensa sem autorização	Total
Borba	6 (12%)	3 (50%)	14 (37%)	29 (30)	53 (27,31%)
Estremoz	8 (16%)	-	1 (3%)	12 (12%)	21 (10,92%)
Sousel	-	-	-	1 (1%)	1 (0,52%)
Vila Viçosa	35 (71%)	3 (50%)	23 (61%)	56 (57%)	119 (61,25%)
Total	49	6	38	98	194

Fonte: Direção Geral de Energia e Geologia, maio de 2019.

A tragédia ocorrida a 19 de novembro de 2018 na EM 255 em Borba, com o colapso parcial da estrada que causou a morte de cinco pessoas (dois trabalhadores de uma pedreira e três pessoas que se deslocavam em trânsito no momento da queda), veio expor à opinião pública as carências e fragilidades há muito identificadas por industriais, acadêmicos e órgãos de decisão. Efetivamente, ao longo dos anos, a lavra em profundidade confinada a explorações com área superficial reduzida originou uma paisagem repleta de “poços” de exploração, por vezes atingindo profundidades superiores a 100 m, onde as áreas de defesa entre si e entre as pedreiras e as vias públicas, já não existiam quando foi publicada a primeira legislação específica para o Setor ([Decreto-Lei 88/90 de 16 de março](#)).

O momento é de alarme e de alguma preocupação que, ocasionalmente peca por exagerada, mas também pode ser de oportunidade se o bom senso imperar e se todos os atores desempenharem o seu papel. Começando pelos proprietários, pelos decisores políticos e entidades licenciadoras e fiscalizadoras, todos devem tomar uma atitude proactiva em prol de um setor que, apesar de várias crises, se mantém em atividade praticamente contínua pelo menos há dois mil anos.

Esta atitude justifica-se tanto mais que em termos de caracterização geológica e conhecimento científico territorial, com ênfase nos estudos geológicos e avaliação dos recursos minerais existentes, a Zona dos Mármore é, seguramente, uma das áreas mais bem estudadas do País. Apesar disso, constata-se que, por um lado, não há cruzamento efetivo de dados entre os estudos prévios e, por outro, que propostas de ordenamento do território não foram efetivamente implementadas no terreno, além de que necessitam estudos complementares cruciais para assegurar, tanto a otimização da exploração como a segurança de bens e pessoas.

Se alguma dúvida houvesse sobre a qualidade e importância, histórica e contemporânea, do “mármore de Estremoz”, o reconhecimento do mesmo como “Global Heritage Stone Resource”, atribuído em janeiro de 2018 pelo Comité Executivo da “International Union of Geological Sciences/UNESCO”, dissiparia todas as dúvidas uma vez que este reconhecimento obedece ao cumprimento de pelo menos vinte critérios e exige ainda que haja bibliografia de referência em revistas e/ou livros com revisão científica (Lopes & Martins, 2015; 2018).

O reconhecimento popular, pelo menos em Portugal, como forma de distinção e homenagem a prestar a pessoas e entidades, é validado pela utilização generalizada do “mármore de Estremoz” em placas comemorativas. Pode mesmo afirmar-se com alguma segurança que não haverá uma localidade que não tenha alguma peça com esta matéria-prima. Do mesmo modo, também assim acontece um pouco por todo o Mundo, para onde foi e continua a ser exportado (Lopes & Martins, 2015; 2018).

2. MÁRMORE: DEFINIÇÃO E SÍNTESE HISTÓRICA

Os Mármore de Estremoz são uma matéria-prima de inegável beleza estética e qualidade, graças aos variados padrões cromáticos, texturas e características físico-químicas (Casal Moura *et al.*, 2007; Lopes & Martins, 2015 e referências inclusas).

Só deste modo se pode justificar que tenham sido sempre explorados desde a Antiguidade Clássica até aos nossos dias, resistindo sempre a modas e tendências passageiras. 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 (Estremoz – Borba – Vila Viçosa). Histórica e internacionalmente, os mármore da estrutura anticlinal de Estremoz são conhecidos por “Mármore de Estremoz”, como já se referiu, atualmente é no Concelho de Vila Viçosa que se situam as maiores pedreiras e onde se extrai mais de 80% do mármore português; apesar disso o nome já consolidado e mundialmente reconhecido como marca “Mármore de Estremoz” (*Estremoz Marble*) deve continuar a ser utilizado, tendo sido reconhecido como *Global Heritage Stone Resource*. Efetivamente desde o Período Romano que Estremoz era a mais importante povoação e até há pouco tempo a única cidade num raio de 50 km, pelo que a referência aos mármore da região pelo nome da maior urbe parece lógica e compreensível. Contudo não deixa de ser curioso que a referência escrita mais antiga do reconhecimento da utilização dos mármore na região alentejana, data do ano 370 a.C., corresponde a um importante achado arqueológico que está representado por uma lápide mandada executar pelo capitão cartaginês Maarbal na sua viagem de Faro para Elvas e foi descoberta pelo investigador Padre Espanca

(tio da poetisa Florbela Espanca) em Terena (Alandroal) (Brito da Luz, 2005).

Para os geólogos o termo “mármore” está bem claro como sendo o resultado do metamorfismo, ou seja, corresponde às transformações muito lentas, de rochas carbonatadas, no estado sólido, por efeito da temperatura, da pressão e, muito provavelmente, na presença fluídos em circulação na crosta terrestre. No dia-a-dia não é bem assim; em função do enquadramento em que é utilizado, o termo “mármore” tem vários significados pelo que uma explicação prévia é exigida. Assim, a etimologia da palavra “mármore” provém do grego *marmairein* ou do latim *marmor* e significa “pedra de qualidade” ou “pedra branca”. Para os geólogos o mármore é uma rocha metamórfica cristalina e carbonatada, composta por cristais de calcite (mármore calcítico) ou dolomite (mármore dolomítico), resultante de transformações, extremamente lentas, no estado sólido sob efeito de pressões orientadas, incremento de temperatura que provocam um rearranjo textural que passa pela recristalização de rochas calcárias previamente existentes, essencialmente de natureza sedimentar. Um conceito comercial mais comum, reporta ao significado que lhe era atribuído pelos romanos e define o mármore como toda a rocha cristalina sedimentar ou metamórfica, carbonatada ou não, que apresentando um aspeto semelhante ao do mármore *Stricto sensu*, que possa ser extraída em blocos, que evidencie boas características para o corte e que seja suscetível de adquirir bom polimento. Associados à indústria e na nomenclatura internacional utilizam-se ainda os termos “rocha ornamental”, que apela para a função marcadamente estética que os mármore desempenham e, principalmente no mundo anglo-saxónico é amplamente utilizado o termo *dimension stone*, que se reporta à obrigação de estas rochas serem extraídas em blocos de dimensão que permita o processamento industrial em fábrica, gerando lucro e riqueza para as respetivas empresas (Lopes, 2007; Moreira & Lopes, 2019).

No caso do anticlinal de Estremoz, para fins ornamentais, apenas se exploram os mármore calcíticos. Embora os mármore dolomíticos sejam mais abundantes, estes encontram-se muito fraturados não sendo possível obter blocos com dimensão comerciável (dimensões médias próximas de: 2-3m x 2-1,5m x 2-1m). Apenas um apontamento à parte para referir que, para além das explorações de mármore no anticlinal de

Estremoz, existem ainda outros mármore portugueses intensivamente explorados no passado, por ordem crescente de importância: Brinches, Escoural, Serpa, Viana do Alentejo, Trigaches e Vila Verde de Ficalho (Gonçalves & Lopes, 1992). Nestes locais exploravam-se rochas únicas pelas cores e texturas, no entanto apenas em Viana do Alentejo e Vila Verde de Ficalho há pedreiras ativas. Apesar de distintos e facilmente distinguíveis, em termos geológicos, todos estes mármore ocupam uma posição estratigráfica similar (Lopes, 2007; Lopes & Martins, 2015).

Existem inúmeras evidências para a utilização dos mármore de Estremoz durante a Época Romana. As modernas técnicas microanalíticas associadas a um conhecimento profundo das características macroscópicas, tem permitido confirmar que foram utilizados, não só na Península Ibérica, mas um pouco por todo o Império num vasto e diversificado conjunto de elementos decorativos e arquitetónicos (*e.g.* Maciel, 1998; Lopes *et al.*, 2000; Cabral *et al.*, 2001; 2004; Fusco & Mañas, 2006; Morbidelli *et al.*, 2007; Tucci *et al.*, 2010; Lapuente *et al.*, 2014; Origlia *et al.*, 2011; Taelman *et al.*, 2013; Carneiro, 2019). Após o Período Romano a utilização do mármore entra em grande declínio não sendo certo que se tenham mantido pedreiras ativas na região. Contudo há alguns exemplos de reutilização em lápides e outros elementos romanos entre os séculos V e X (Mourinha & Moreira, 2019 e referências inclusas). Com a conquista de Faro ao califado Almóada, em 1249, o Algarve é incorporado no reino de Portugal e os conflitos daí decorrentes com o reino de Castela levaram à necessidade de construção de estruturas fortificadas ao longo da fronteira; sendo matéria-prima disponível na região, é natural que o mármore tenha sido utilizado para esse fim. Entre vários exemplos, o mais emblemático é sem dúvida a Torre de Menagem do castelo de Estremoz (Mourinha & Moreira, 2019). Desde então, as referências à utilização do mármore de Estremoz em monumentos religiosos e obras públicas, em Portugal e no estrangeiro, são inúmeras e a sua listagem exaustiva não está no âmbito deste trabalho, mas podem ser consultadas, *i.e.*: Lopes & Martins (2015); Mourinha & Moreira (2019); Matos & Quintas (2019) e Filipe (2019) e referências inclusas.

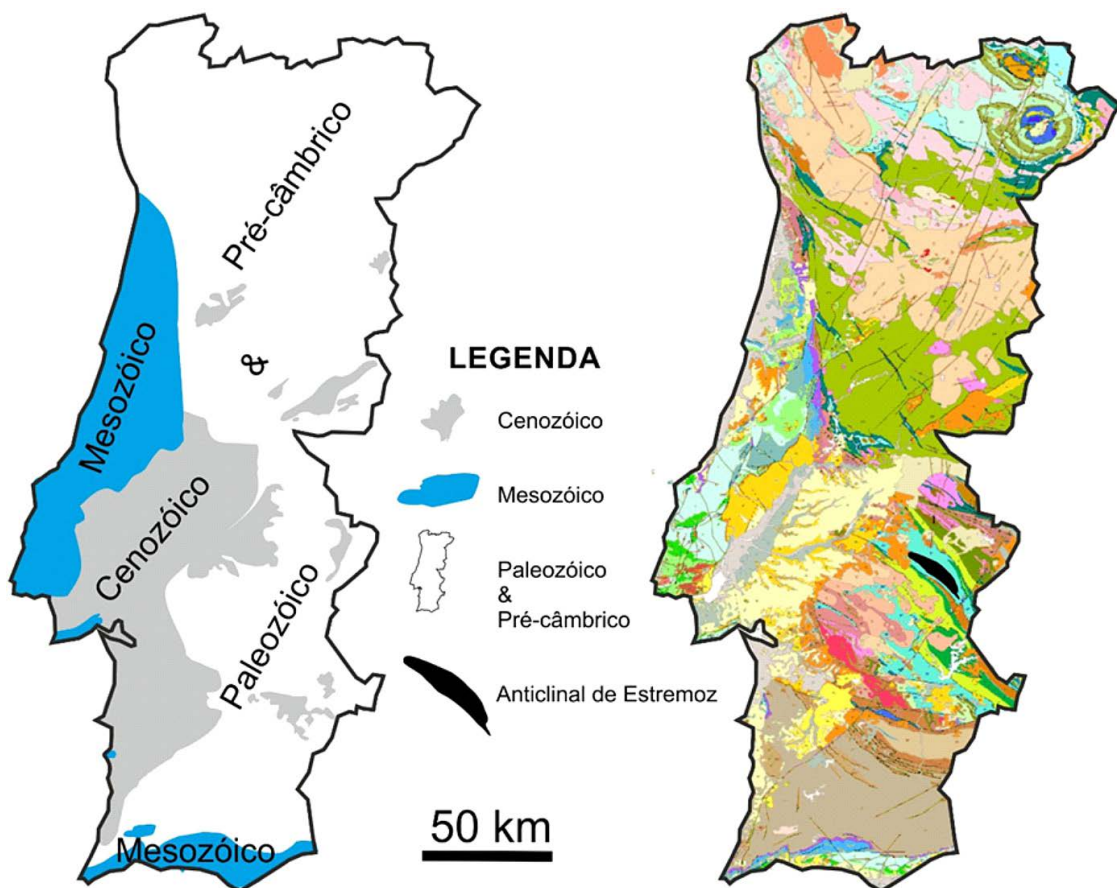
3. SÍNTESE GEOLÓGICA

Nas últimas décadas o conhecimento geológico de Portugal cresceu exponencialmente e o Anticlinal de Estremoz não é exceção (Pereira *et al.*, 2012; Taelman *et al.* 2013; Lopes & Martins, 2015; Moreira, 2017; Menningen *et al.*, 2018; Moreira & Lopes, 2019). De seguida apresenta-se uma síntese relativa ao estado atual do conhecimento geológico regional da Zona de Ossa-Morena, parte integrante do Cadeia Varisca (ou Hercínica) Ibérica, com ênfase no “Anticlinal de Estremoz”.

Em termos mais simples, a designação “Anticlinal de Estremoz”, às vezes também referido como “anticlinório” apelando diretamente à existência de várias ordens de dobramento, corresponde a uma estrutura enraizada, dobrada e com a concavidade voltada para baixo, grosseiramente simétrica, onde as camadas mais antigas ocupam a parte central em dois núcleos separados, um a norte de Estremoz e outro entre Vila Viçosa e Borba. É intersetada, entre as cidades de Estremoz e Borba, pela A6 e pela EN4, que fazem a ligação entre Marateca e Caia. Tem aproximadamente 42 km de comprimento, entre Alandroal e Sousel e cerca de 8,5 km de largura máxima entre Estremoz e São Domingos de Ana Loura (Figs. 1 a 3).

FIGURA 1

Localização do Anticlinal de Estremoz no território nacional e idade relativa das diferentes unidades que constituem o território continental português.

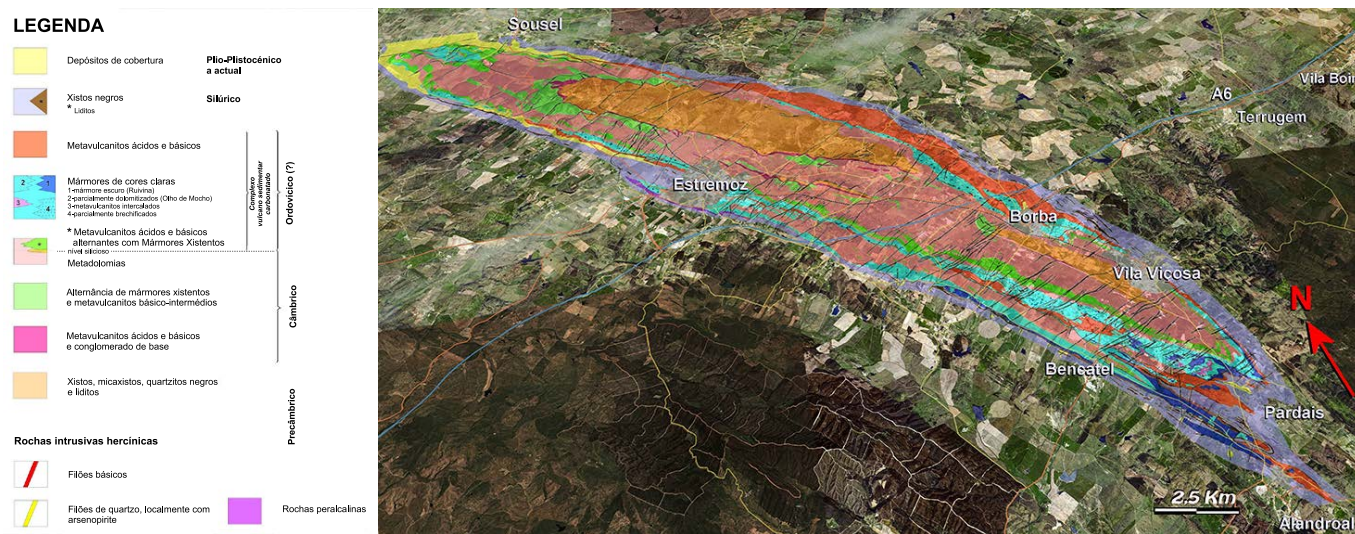


Mapa geológico adaptado de LNEG, 2000 – Mapa Geológico de Portugal na Escala 1:1.000.000 (Lopes & Martins, 2015).

As figuras 2 e 3 ilustram de modo muito claro a disposição desta estrutura e a forma como se desenvolve, por mais de 40 km, de Alandroal a Sousel. Aqui, os mármore explorados como rocha ornamental fazem parte do “Complexo Vulcano-Sedimentar Carbonatado de Estremoz” (CVSCE), que se representam em tons

de azul. Os mármore mais escuros (azuis e cinzentos) estão representados em azul-escuro e todas as restantes variedades em azul-claro. Ressalta desde logo que a maior parte dos mármore afloram sobretudo no concelho de Vila Viçosa onde, efetivamente, na atualidade, se produzem mais de 80% dos mármore de Portugal.

FIGURA 2
Perspetiva tridimensional da região compreendida entre Sousel e Alandroal



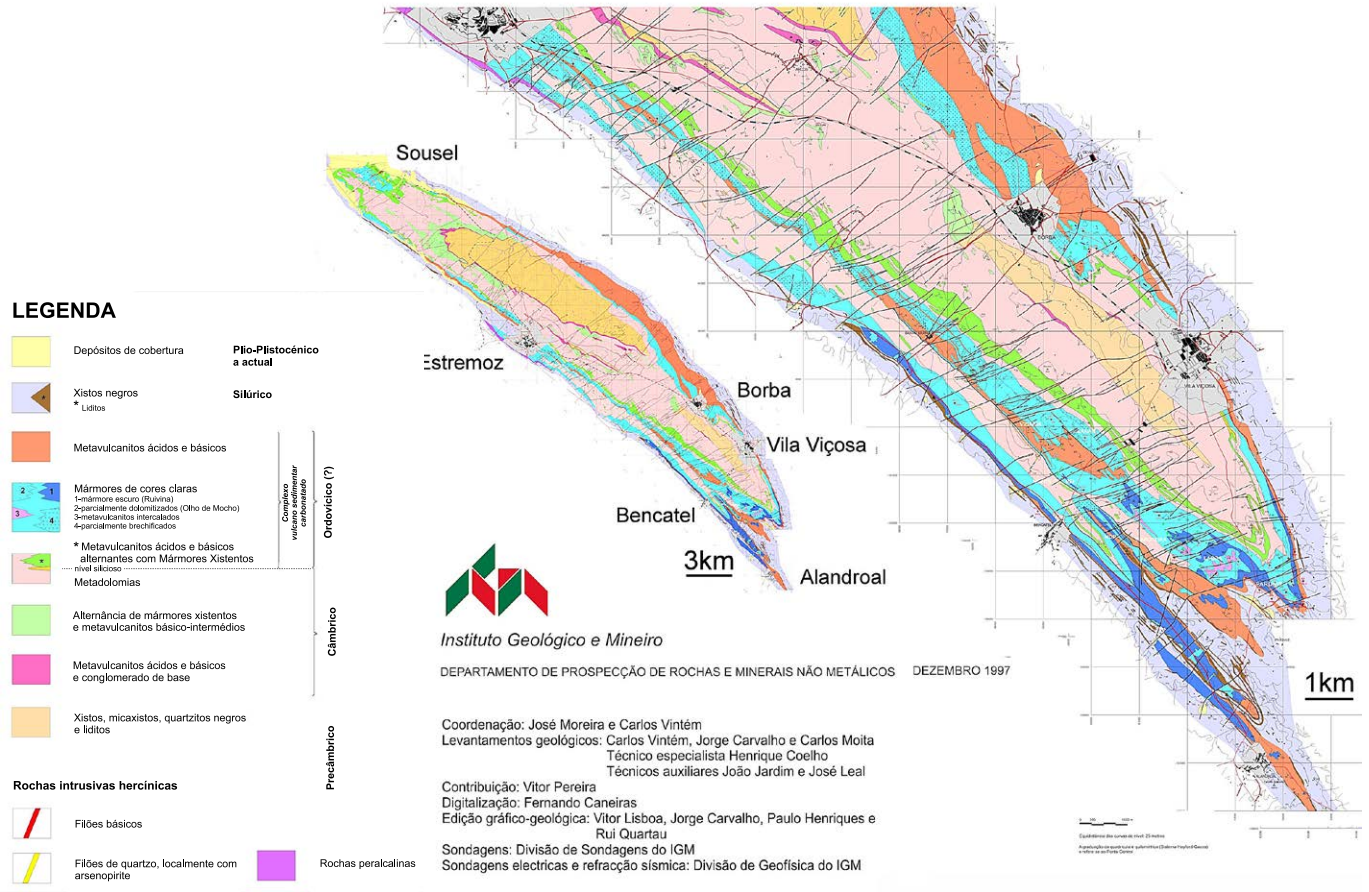
Vista de SW para NE, obtida pela sobreposição do mapa geológico do anticlinal de Estremoz (Moreira & Vintém, coords., 1997) com a imagem digital do terreno obtida no Google Earth (<http://earth.google.com/download-earth.html>, referente a 2007), sobrelevada 3x. Note-se o controlo topográfico condicionado pelas litologias. A zona central correspondente ao Pré-cámbrico bem como os afloramentos correspondentes ao CVSCE ocupam as zonas mais baixas enquanto a Formação Dolomítica corresponde a um planalto central no anticlinal de Estremoz. Nas regiões adjacentes os relevos de resistência correspondem a níveis de rochas siliciosas de precipitação química e negras (lídios) de idade silúrica, muitas vezes fossilíferos. Os níveis do CVSCE explorados para fins ornamentais encontram-se representados a azul claro (variedades de mármore cor-de-rosa, branco e cremes mais ou menos venados) e a azul-escuro (variedades “Ruivina”).

Adaptada de Lopes & Martins (2018).

FIGURA 3

Representação da estrutura Anticlinal de Estremoz com destaque para a metade meridional onde se situam os Concelhos de Estremoz, Borba e Vila Viçosa, mais ricos em mármore explorados como rocha ornamental

CARTA GEOLÓGICA DO ANTICLINAL DE ESTREMOZ

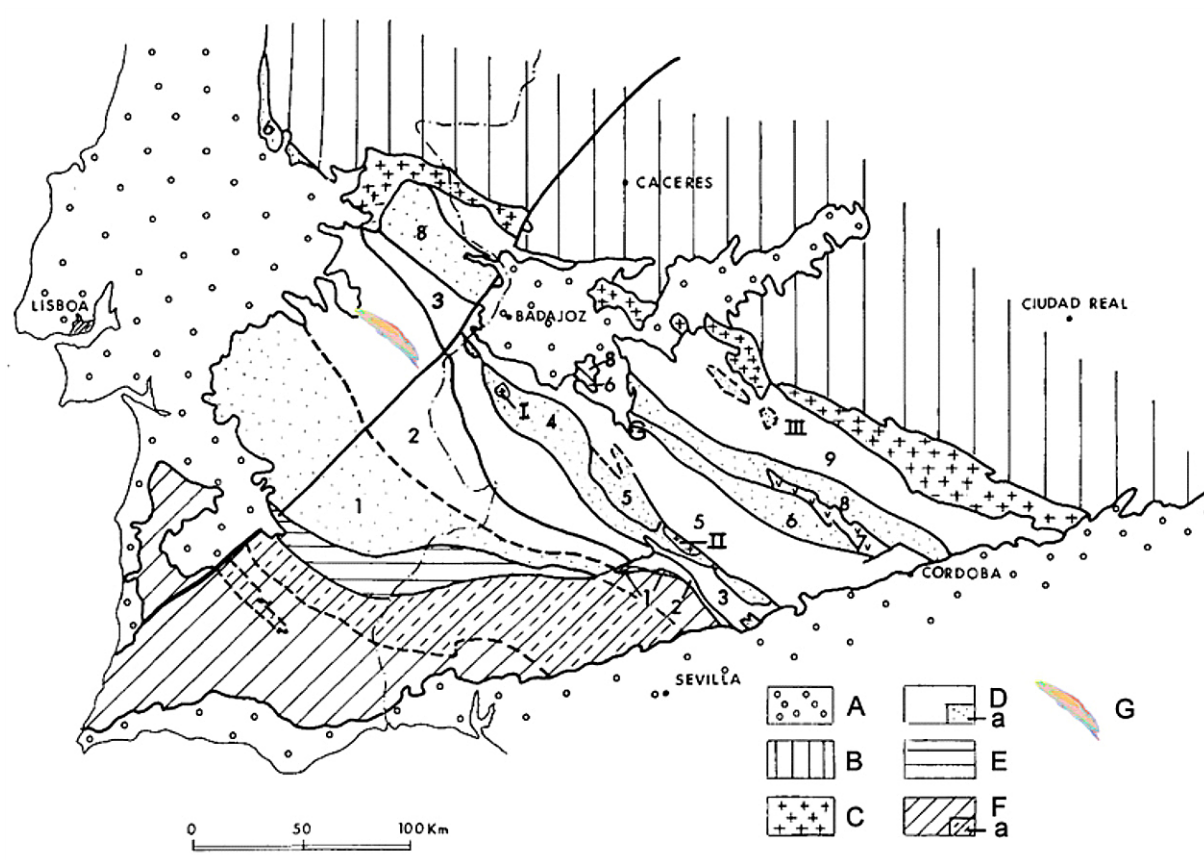


In: Lopes & Martins (2015); adaptada de Moreira, J. & Vintém, C. (coords.) (1997) Carta Geológica do Anticlinal de Estremoz, Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa.

Em termos regionais, o Anticlinal de Estremoz localiza-se no Maciço Ibérico, que se caracteriza pela presença de rochas de idade ante mesozoica (Ribeiro *et al.*, 1979; 2007). Este maciço é subdividido em diferentes zonas tectonostratigráficas, de acordo com as sucessões de unidades litológicas (sucessão estratigráfica) presentes, as suas características tectonometamórficas e magmáticas (Ribeiro *et al.*, 1979; Apalategui *et al.*, 1990; 2007; Dias

et al., 2016 e referências inclusas). De entre as diversas zonas, destaca-se a Zona de Ossa-Morena, onde o Anticlinal de Estremoz fica localizado no Setor de Estremoz – Barrancos (Oliveira *et al.*, 1991; Lopes, 2003) (Fig. 4). Estas subdivisões ajudam a compreender o enquadramento regional e explicam de forma sintética as heterogeneidades que ressaltam ao observador mais atento que faça uma transversal SW-NE pelo Alentejo.

FIGURA 4
Domínios da Zona de Ossa Morena



Segundo Apalategui *et al.*, 1990.

A – Cobertura sedimentar pós-paleozoica. B – Zona Centro-Ibérica. C – Batólito de Pedroches. D – Zona de Ossa Morena: a – cinturas metamórficas. 1 – Domínio de Beja – Aracena; 2 – Domínio de Barrancos – Hinojales; 3 – Domínio de Elvas – Cumbres Mayores; 4 – Domínios de Arroyo Molinos; 5 – Domínio de Zafra – Monesterio; 6 – Domínio da Serra Albarrana; 7 – Cintura ígnea de Villaviciosa – La Coronada; 8 – Domínio da Valência de Ias Torres – Cerro Muriano (= Zona de Cisalhamento Tomar – Badajoz – Córdoba); 9 – Domínio de Obejo – Valsequillo – Puebla de Ia Reina. E – Unidade de Pulo do Lobo (inclui o Ófiolito de Beja – Acebuches). I, II – Plutões graníticos; III – Antiforma de Peraleda; F. Zona Sul Portuguesa: a – Faixa Piritosa Ibérica. G – Anticlinal de Estremoz.

3.1. Estratigrafia

Cartograficamente, a individualização do anticlinal de Estremoz como unidade geológica distinta já constava da edição de 1899 da Carta Geológica de Portugal à escala 1:500.000 (Delgado & Choffat, 1899), no entanto não apresentava qualquer separação litológica interna. A primeira referência bibliográfica do anticlinal de Estremoz que faz uma descrição geológica desta estrutura e estabelece equivalências entre os xistos aflorantes no núcleo anticlinal ("Xistos de Mares") com as formações similares de Portalegre, Tomar e Abrantes, mas que não separou as formações carbonatadas e dolomíticas

de Estremoz destes "Xistos de Mares" deve-se a Nery Delgado (1905, *in* Gonçalves & Coelho, 1974). Na carta geológica de Portugal na escala 1:1.000.000 de 1952, estas unidades já vêm separadas. Foi Carrington da Costa (1931, *in* Gonçalves & Coelho, 1974) primeiro, e Teixeira (1953 e 1966, *in* Gonçalves & Coelho, 1974) depois, que os separaram tendo-lhes atribuído "idade câmbrica". Silva & Camarinhas (1957) individualizaram as unidades carbonatadas, distinguindo-as das restantes. Particularmente interessante, por se tratar de um trabalho orientado para aptidão geológica do anticlinal como produtor de rochas ornamentais, é a cartografia apresentada por Gonçalves (1972).

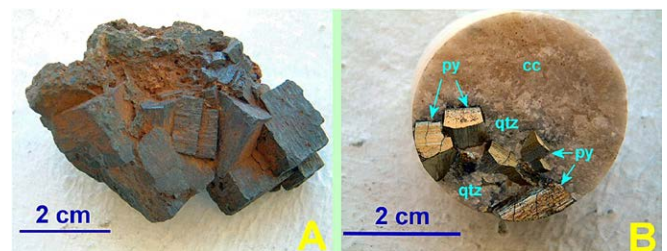
Correspondendo à disposição litológica e à evolução usual das plataformas carbonatadas, independentemente da sua idade, verifica-se uma disposição assimétrica das litologias, que constituem o anticlinal de Estremoz. Esta assimetria corresponde a variações laterais de fácies muito comuns em bacias de sedimentação em regime distensivo, como é o caso do ambiente geodinâmico preconizado para o Paleozoico inferior da Zona de Ossa-Morena. Por exemplo, existe uma simetria estratigráfica que não tem relação com a simetria litológica; no flanco SW da estrutura predominam as rochas carbonatadas ao passo que no flanco NE são essencialmente as rochas metavulcânicas que estão representadas (Fig. 1). Outra particularidade tem a ver com a distribuição espacial dos mármore de tonalidades escuras (comercialmente designados por “Ruivina”), na Fig. 1 pode-se observar que estas litologias só afloram a Sul de um paralelo E-W entre as localidades de Barro Branco (Monte das Salgadas) e Vila Viçosa (Lugar de Peixinhos), retirando o efeito da dobra em antiforma anticlinal, esta orientação sugere que originalmente a bacia de sedimentação estaria a abrir para Sul (coordenadas atuais) pois estes níveis representam as rochas mais recentes da sequência estratigráfica local.

Em síntese, a sucessão de unidades estratigráficas no Anticlinal de Estremoz inicia-se com a Formação de Mares (de idade Neoproterozóica), composta por xistos negros, metachertes negros e metagrauvaques que ocupam uma posição central nesta estrutura (Fig. 3; Gonçalves, 1970; Oliveira *et al.*, 1991). Esta formação tem equivalentes noutras estruturas regionais da Zona de Ossa-Morena correspondendo sempre aos núcleos mais antigos das mesmas e com a designação genérica de “Série Negra” (Gonçalves & Carvalhosa, 1994; Gonçalves & Oliveira, 1986). Segue-se, em discordância, a Formação Dolomítica, composta por mármore dolomíticos, essencialmente granoblásticos e com textura fina, por vezes xistificados, pontualmente intercalados com metavulcanitos ácidos e básicos; na sua base surge um nível lenticular de metaconglomerados e meta-arcoses intercalados com metavulcanitos ácidos (Fig. 3; Gonçalves, 1972). Este nível foi datado em 542 Ma (Pereira *et al.*, 2012), correspondendo pois à base do Câmbrico. Esta unidade já era considerada como sendo câmbrica inferior, por correlação com a Formação Carbonatada de Elvas (Oliveira *et al.*, 1991; Lopes, 2003; Araújo *et al.*, 2013).

No topo da Formação Dolomítica ocorre um horizonte silico-ferruginoso. A associação de quartzo com pseudomorfofos de pirite em óxidos e hidróxidos de Fe (a pirite original foi sempre encontrada nas sondagens profundas que intersectaram este nível), pela facilidade de se encontrar e pela persistência no terreno, constitui um excelente nível guia cartográfico (Fig. 5). Sobre ele assenta o Complexo Vulcano-Sedimentar Carbonatado de Estremoz (CVSCE, Fig. 3), caracterizado pela presença de mármore calcíticos com interesse ornamental, apresenta intercalações de calcoxistos e de metavulcanitos ácidos e básicos (Gonçalves, 1972; Oliveira *et al.*, 1991; Lopes, 2003; Pereira *et al.*, 2012 e referências incluídas nestes artigos).

FIGURA 5

Dois aspetos de minerais euédricos que se encontram no “horizonte silicioso”



A – aspeto encontrado à superfície e que corresponde a pseudomorfofos de pirite transformada em óxidos e hidróxidos de Fe, atente-se na perfeição da substituição que preserva as faces estriadas tão características dos cristais de pirite em maclas.

B – amostra recolhida aos 380 metros de profundidade, definindo a mesma posição estratigráfica, numa das sondagens realizadas: py – pirite; qtz – quartzo e, cc – calcite/dolomite. À superfície este horizonte materializa um nível guia cartográfico.

Neste CVSCE encontram-se evidências de uma exposição aérea dos carbonatos anterior ao metamorfismo regional (Fig. 6). De facto, a irregularidade da forma e a diferença de espessura entre os níveis encontrados dentro e em torno destas estruturas, apontam claramente para uma erosão do calcário, originando morfologias cársicas posteriormente preenchidas por sedimentos mais finos. Estes são essencialmente carbonatados embora sejam composicional e quimicamente menos homogêneos que os materiais encaixantes.

FIGURA 6

Afloramento na região de Vigária, Vila Viçosa, em corte perpendicular à direção das estruturas representadas



No centro da imagem representa-se um paleocarso anterior ao metamorfismo regional que afetou o Complexo Vulcano Sedimentar Carbonatado de Estremoz.

Resultado da anisotropia estrutural induzida pela estrutura, é claramente visível uma partição da deformação ao longo do afloramento. Observam-se dobras com diferentes amplitudes, zonas de cisalhamento e pequenas falhas e diaclases. A recristalização generalizada afeta toda a massa e atenua de tal modo estas diferenças que, por vezes, torna possível a obtenção de blocos comerciáveis (não é o caso). Como seria de esperar estas estruturas são pouco usuais e ocupam uma posição estratigráfica correspondente aos níveis mais baixos do CVSCE. A anisotropia instalada pelo paleocarso, induziu a gênese de uma banda de cisalhamento. No geral, o conjunto transmite uma informação estrutural em transtensão (falha normal em compressão; embora o movimento horizontal seja maioritariamente esquerdo, neste caso não é possível defini-lo com rigor.

Em posição estratigráfica de confirmação difícil no terreno por falta de afloramentos contínuos, entre o topo do CVSCE e os terrenos silúricos/devónicos (Piçarra, 2000), envoltentes ao anticlinal, ocorrem riólitos alcalinos com baixo grau metamórfico e datados em 499 Ma (Pereira *et al.* 2012). Este vulcanismo é relacionável com o vulcanismo principal associado ao *rift* do Câmbrio

médio (Chichorro *et al.*, 2008; Sánchez-García *et al.*, 2008, 2010). Como se referiu, em face do controlo estratigráfico ambíguo e devido à falta de dados paleontológicos, não se pode excluir a hipótese de que parte da sequência seja mais recente. De facto, a comparação litoestratigráfica entre o anticlinal de Estremoz e a sucessão do Pré-Câmbrico-Ordovícico em Danby, Vermont, Estados Unidos da América é, no mínimo curiosa. Em Vermont a estrutura corresponde a um amplo sinforma anticlinal orientado N – S, com eixo mergulhante 8° para sul. Estratigraficamente sobre os mármore dolomíticos câmbrios (Formação de Dunham) e junto à base do Complexo Vulcano-sedimentar-carbonatado, datado do Ordovícico médio (Van Diver, 1987), também ocorre um horizonte silicioso com as mesmas características e em posição similar ao que encontramos em Estremoz. Em Vermont, tanto o metamorfismo como a deformação que afetou os mármore foram inferiores aos processos análogos em Estremoz. Daqui resultou que a estratigrafia inicial está perfeitamente preservada sendo possível reconstitui-la. Desta estratigrafia resultam sete tipos distintos de mármore explorados como variedades de rocha ornamental (Ratte & Ogden, 1989). Obviamente,

ocorrem variações laterais de fácies que, no entanto, nunca alteram esta sequência. Tal como em Estremoz também em Danby os níveis de mármore mais recentes são escuros. Outra particularidade é que, devido ao metamorfismo menos intenso, apesar de também ocorrerem níveis vulcânicos intercalados não se verificam em associação com eles os mármore rosados que sempre ocorrem no Complexo Vulcano-Sedimentar-Carbonatado de Estremoz (Lopes, 2003, 2007).

A idade do CVSCE 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; 2017), tendo sido atribuídas idades variáveis, desde o Câmbrico ao Silúrico superior/Devónico inferior. No entanto, os dados mais recentes (Pereira *et al.*, 2012; Taelman *et al.*, 2015; Moreira, 2017), baseados essencialmente em estudos isotópicos (U-Pb, $^{13}\text{C}/^{18}\text{O}$; e $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ e $^{86}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$), apoiados por uma comparação litostratigráfica (Lopes, 2003; Lopes & Martins, 2015) indiciam claramente uma separação dos níveis superiores da sequência separada por um evento discordante com brechificação associada. Assim, a maior parte dos mármore do anticlinal de Estremoz são de idade câmbrica (não se excluindo a hipótese de chegarem ao Ordovícico), ao passo que os níveis superiores de mármore escuro (com o nome comercial de “Ruivina”), por vezes com níveis carbonosos (grafite?) associados e que afloram no flanco SW segundo o alinhamento Barro Branco – Bencatel – Alandroal que poderão ser mais recentes (idade Silúrico/Devónica?; Piçarra, 2000; Lopes, 2003; Moreira, 2017). Sublinhe-se, porém, que estes mármore são macroscopicamente distintos dos mármore escuro (com os nomes comerciais de “Ruivina da Lagoa” ou “Ruivina de Pardais”) quase sempre em sequência e sobrepondo-se aos mármore com a designação comercial “Olho-de-Tigre” (com manchas azuladas de dimensão centimétrica num fundo branco), claramente pertencentes ao CVSCE e consequentemente mais antigos.

De facto, estes mármore escuro, têm mais afinidades com os “calcários” com crinoides que afloram na estrutura de Ferrarias (a SE da terminação periclinal do anticlinal) (Oliveira 1984; Piçarra, 2000). Neste caso correspondem a brechas onde os fragmentos apresentam duas fases de deformação e a matriz apenas uma (Lopes, 2003). Recentemente, em pedreira que explora os níveis superiores do CVSCE encontramos o contacto entre os mármore e as litologias siliciclásticas

envolventes à estrutura de Estremoz (Fig. 7). Trata-se de um afloramento chave para os trabalhos em curso, uma vez que este horizonte era conhecido (*e.g.* próximo do vértice geodésico Carambo, Alandroal) mas em afloramentos dispersos e com pouca exposição. O facto destas brechas siliciosas não apresentarem qualquer elemento carbonatado (Lopes, 2003), revela um período erosivo importante que justificaria o hiato de idades entre as rochas do CVSCE e as rochas encaixantes.

FIGURA 7

Bloco de mármore com cerca de 15 t (2,30 m x 1,80 m x 1,40 m)



Extraído na pedreira António Galego & Filhos, Lda., Lagoa – Bencatel.

A zona mais clara do bloco corresponde a mármore com textura granoblástica média, deformada e com alinhamento preferencial dos cristais de calcite (corresponde a uma direção de anisotropia perfeitamente definida e localmente identificada por “corrume”).

A zona mais escura, à direita, corresponde a litologias siliciclásticas de grão fino e brechificadas. Em fase posterior ao dobramento, esta massa foi afetada por eventos de deformação frágil que originaram as fendas de tração preenchidas por quartzo branco. Ainda que estas fendas intersectem o contacto entre as diferentes litologias, na parte carbonatada a penetração destas fendas não ultrapassa um ou dois centímetros indicando que, mesmo nestas condições de baixo grau metamórfico, apresenta um comportamento essencialmente dúctil.

Como se depreende da exposição anterior, o CVSCE apresenta diferentes variedades de mármore, sendo que no topo se situam as variedades mais escuras; ao descer na sequência ocorrem vários tipos de mármore creme / branco e mais raramente cor-de-rosa na base da sucessão (Lopes, 2007). Pela particularidade exótica que representa, destacamos a variedade “Marinela” que corresponde a uma brecha hidráulica desenvolvida nos níveis escuros superiores (azul-acinzentados). Os veios encontram-se preenchidos por uma calcite muito rica

em Fe (não chega a formar siderite!). Em superfície polida a rocha apresenta um efeito de “ouro sobre azul” esteticamente resulta muito bem e pode ser observado na Sé Catedral de Maputo, Moçambique, para onde foi projetada pelo arquiteto Marcial Freitas e Costa em 1936, tendo a Sé sido construída em 1944 (Lopes *et al.*, 2017). Toda sequência do CVSCE é rodeada por unidades xistentas do Devónico-Silúrico (Formações dos Xistos com Nódulos e Colorada; Gonçalves, 1972; Piçarra, 2000; Lopes, 2003; 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).

3.2. Geodinâmica

O Anticlinal de Estremoz resulta da interferência de duas fases de deformação Varisca (Lopes, 2003). Assim, a sequência estratigráfica do Anticlinal Estremoz foi deformada e metamorizada sob condições metamórficas na fácies dos xistos verdes/anfibolítica baixa, durante a Orogenia Varisca (Carbonífero) (Lopes, 2003). Identificam-se claramente duas fases de deformação em regime dúctil.

A primeira fase de deformação varisca (D_1) origina dobras com planos axiais quase E-W (azimute 110° - 170°), pouco inclinados para S (inferiores a 20°) e vergência para Norte. Nesta fase, mais tardiamente porque já afetam a foliação milonítica D_1 , desenvolvem-se ainda corredores de deformação subverticais (zonas de cisalhamento) dúctil e frágil-dúctil com orientação NNW-SSE, $\pm 80^\circ$. As dobras D_1 estão associadas ao desenvolvimento de zonas de cisalhamento extensional e boudinagem

(Fig. 8). A foliação milonítica e a lineação de estiramento paralelas à direção máxima de alongamento (170 - 180°) e os critérios de cisalhamento (caudas assimétricas de porfiroblastos, planos C-S) são consistentes com o movimento com o topo para o norte (Pereira *et al.*, 2012). Em resumo, toda a cinemática associada a D_1 é controlada por movimentação para Norte, achatamento, estiramento e movimento horizontal entre blocos adjacentes com comportamento esquerdo.

FIGURA 8

Padrões de interferência D_1+D_2 em pedreira inativa em Borba



Repare-se como existem estruturas fechadas num plano indicando redobramento também evidenciado pelos planos axiais de primeira fase que se encontram curvos. As dobras menores nos flancos são claramente assimétricas, por vezes com estiramento do flanco curto, indicando o sentido de transporte inicial. O bloco no chão corresponde à charneira da dobra que se encontra na parede. Afloramentos como estes permitem reconstruir a 3D a geometria da deformação em regime dúctil ocorrida na região e são ponto de partida para a modelação digital da deformação.

A segunda fase (D_2) apresenta indubitavelmente um carácter mais frágil e atua em andar estrutural superior e é responsável pela orientação regional do Anticlinal de Estremoz (NW-SE). Ao dobramento D_2 está associado a clivagem de plano axial (de crenulação nos xistos e clivagem de fractura nos mármore), ambas mais ou menos desenvolvidas e zonas discretas de cisalhamento dúctil-

-frágil ao longo das quais os flancos inversos das dobras apertadas são estirados. A vergência desta segunda fase é marcadamente para NE; as dobras com planos axiais de direção 110° - 130° inclinam até 60° para Sul.

Embora nem sempre sejam óbvias, uma observação atenta em qualquer pedreira permite identificar estruturas de ambas as fases. A sobreposição das duas fases

gera padrões de interferência que localmente podem ser observados. Corroborando estas observações, a cartografia geológica do Anticlinal de Estremoz (Moreira & Vintém, 2007) apresenta vários exemplos de padrões de interferência cartográficos.

Por todo o anticlinal de Estremoz ocorre uma segmentação acentuada no sentido longitudinal (NNW-SSE) cuja localização é principalmente controlada pelos flancos verticais das dobras de segunda fase, mas também pode corresponder à reativação em regime frágil – dúctil de bandas de cisalhamento (zonas de concentração de deformação) desenvolvidas anteriormente. Na maioria

destes acidentes NNW – SSE ocorreu a recristalização *in situ* a pós cinemática do mármore, pelo que, estas discontinuidades estruturais nem sempre se refletem em discontinuidades litológicas, com a ressalva que existe modificação na variedade do mármore, o que tem necessariamente consequências económicas (Figs. 9 e 10). O conhecimento prévio destas estruturas permite definir melhor o plano de lavra adequando as direções de corte e adaptando dinamicamente o espaçamento entre os cortes de modo a otimizar o rendimento das massas a desmontar. Quando os rendimentos na pedreira baixam dos 15% qualquer ganho faz a diferença e poderá ser fator decisivo para viabilizar a exploração.

FIGURA 9

Exemplo de zona de cisalhamento observada em pedreira no local de Lagoa, Vila Viçosa



FIGURA 10

Dobras na terminação periclinal SE do Anticlinal de Estremoz, S. Marcos, Pardais



Figura 9 - Este acidente é francamente discordante das estruturas, no entanto a recristalização permite uma continuidade cristalina pelo que é possível obter blocos, ainda que heterogéneos. Os planos axiais das dobras aqui observadas tem direção NW-SE e são francamente vergentes para NE. Pedreira António Galego & Filhos, Lda., Texugo n.º 3, Bencatel.

Figura 10 - Estão representadas dobras isoclinais de segunda fase com planos axiais verticais e eixos mergulhantes, cerca de 25° para SE. Têm amplitude e comprimentos de onda variáveis e apresentam flancos estirados ao longo de bandas de cisalhamento tardias de segunda fase que, neste caso, não condicionando de imediato a exploração, provocam alterações cromáticas e texturais perpendiculares ao bando metamórfico. No caso limite, se estas condicionantes não forem consideradas no plano de lavra, as implicações no valor intrínseco da matéria-prima podem mesmo inviabilizar a continuidade da pedreira, como já ocorreu em alguns casos no anticlinal. Pedreira António Bento Vermelho, Lda. São Marcos n.º 9, Pardais-Vila Viçosa.

Cronologicamente seguem-se falhas subverticais de direção WSW – ENE, que apresentam movimentos horizontais esquerdos (existindo em menor número o conjugado NE – SW direito), com abatimento do bloco a SE, na terminação periclinal SE do anticlinal e abatimento do bloco a NW na terminação NW. No conjunto, estas fraturas refletem os estados finais da deformação que originou a estrutura anticlinal de Estremoz, grosso modo correspondem a fendas de tração da segunda fase

de dobramento quando a direção de tensão máxima estaria próxima de NE-SW. Frequentemente estas falhas estão sublinhadas por filões doleríticos (Fig. 11; “cabos reais” na gíria local). Estes filões são contemporâneos do grande filão do Alentejo (Messejana – Ávila) e indiciam a transição para um regime distensivo que viria a culminar com a abertura do atual Oceano Atlântico (Lopes & Silva, 2005; Lopes, 2007; Silva, 1997).

FIGURA 11

Pedreira inativa na zona de Lagoa, Vila Viçosa



Exemplo de filão dolerítico instalado em desligamento esquerdo ENE-WSW, 90°.

Para além da componente horizontal, também existe uma componente vertical associada que, nesta zona do anticlinal, é materializada pelo abatimento do bloco a Sul. Ambas as deslocações não podem ser ignoradas pois os rejeitos podem ser superiores a 30 metros, inviabilizando a continuação da exploração. Existem muitos casos em que as pedreiras estão limitadas a SE e NW por cabos reais sendo distintas as variedades de mármore exploradas nas pedreiras adjacentes.

Como curiosidade, refira-se que num destes filões com cerca de 35 metros de possança, localizado a Oeste de Borba, entrou mesmo em laboração uma pedreira de dioritos para fins ornamentais. A possança do filão fez com que o arrefecimento do magma fosse suficientemente lento para permitir a formação de uma rocha com textura fanerítica

A conjugação das falhas WSW – ENE com os cisalhamentos NNW – SSE é responsável por uma segmentação da estrutura em blocos onde, pelo menos à superfície, o mármore apresenta características texturais e cromáticas distintas (diferentes variedades!). Embora Pereira (1981)

tenha chamado a atenção para os diferentes tipos de mármore que ocorrem ao nível do solo ao longo do anticlinal, definindo assim diferentes zonas, não houve uma correlação entre estas zonas e a segmentação induzida pelas falhas e cisalhamentos atrás referidos. De qualquer modo, no passado o desconhecimento destas variações foi responsável pelo insucesso de muitas explorações, que não prevendo esta situação, se viram espacialmente limitadas e cessaram a atividade.

No final da Orogenia Hercínica (ou Varisca) a exumação do maciço e a libertação de tensões produziu uma intensa densidade de discontinuidades: fraturas longitudinais

segundo N30°W, transversais segundo N60°E e diagonais à estrutura dobrada, segundo N10°W. Fenómenos de dissolução recente, com formação de cavidades cársticas, são mais evidentes ao longo das fraturas orientadas segundo N10°W. Estas são as principais responsáveis pela compartimentação que se verifica nesta região do Anticlinal de Estremoz (Almeida *et al.*, 2000).

Em seguida atuam no anticlinal de Estremoz os campos de tensão tardí-hercínicos e alpinos, a que se associa a fragmentação por descompressão induzida pela atividade extrativa e que no conjunto são responsáveis pela extensa fracturação que o maciço apresenta. As variáveis envolvidas no condicionamento da fraturação

dos mármore no anticlinal de Estremoz são tais que os valores conhecidos regionalmente devem ser tomados unicamente como referência pois, são as condições ao nível da pedreira que vão determinar quais as famílias que aí vão ser mais importantes. Análises detalhadas da fraturação no anticlinal de Estremoz foram apresentadas por vários autores (*i.e.*, Silva e Camarinhas, 1960; Ladeira, 1977; Gomes da Silva, 1989; Pereira, 1981; Reynaud & Vintém, 1992 e 1994; Costa *et al.*, 2001; Gama *et al.*, 2000; Lopes, 2003; Henriques *et al.*, 2006). Em resumo e mais importante que as variedades de mármore que uma pedreira apresenta, é o seu estado de fraturação que lhe define o valor (Fig. 12).

FIGURA 12

*Pedreira da empresa F. J. Cochicho & Filho Lda.,
na terminação periclinal SE do Anticlinal de Estremoz*



Na parte mais profunda esta pedreira atinge os 150 metros. De qualquer modo as sondagens aqui realizadas confirmaram a existência de mármore até aos 430 metros. A exploração para além dos 150 metros requer uma reformulação completa nos paradigmas até agora aplicados uma vez que, considerando os riscos envolvidos e as áreas de exploração à superfície, é impossível avançar em poço, além de que, por esta via, a exploração se tornaria demasiado onerosa e desde logo, economicamente inviável. Em primeiro plano observa-se uma descontinuidade ondulada, muito provavelmente, correspondente ao bandado sedimentar original.

FIGURA 13

Pormenor da figura 12

O diferente comportamento mecânico à deformação entre as bancadas acima e abaixo desta descontinuidade é tal que a superior apresenta um comportamento essencialmente frágil impedindo a obtenção de qualquer bloco; atente-se na densidade de fraturas subverticais que terminam de encontro à descontinuidade. Já as bancadas abaixo desta descontinuidade apresentam comportamento dúctil permitindo o dimensionamento da massa em blocos comerciáveis. Para as mesmas condições de deformação, ainda que muito ténues, as diferenças composicionais, como é o caso, com um pouco de Mg a mais na rede cristalina da calcite confere à rocha uma maior resistência mecânica e a rocha resiste à deformação até ao ponto de rutura onde acaba por fraturar ao passo que os mármore sem Mg acomodam a deformação por ativação dos planos cristalográficos da calcite, originam uma anisotropia planar materializada pela orientação preferencial dos cristais de calcite e, conseqüentemente, acabam por fluir. Esta fluência é acentuada se houver níveis de filossilicatos intercalados nos níveis carbonatados.

A libertação de tensões acumuladas pode ser um constrangimento muito importante nas fases iniciais de abertura de uma pedreira. Mesmo à superfície o “mármore canta”, como referem os trabalhadores. É impressionante a fraturação induzida nos “cabeços” (carso superficial) pelo corte com fio diamantado. O caso é ainda mais grave se o mármore for homogêneo. Efetivamente, não havendo direções de anisotropia estrutural bem definidas, as fraturas induzidas pela descompressão propagam-se aleatoriamente fragmentando todo o maciço impedindo assim a obtenção de blocos comerciáveis. Para obstar esta situação aplicam-se várias estratégias, *i.e.* cortes múltiplos

simultâneos, corte a velocidades reduzidas, fragmentação de uma parte do maciço com pólvora negra, etc., todas com resultados pouco satisfatórios.

Por fim a erosão causada pelos agentes meteóricos é responsável pelo encaixe das linhas de água e gênese do modelado atual do relevo que é, em primeira instância, condicionado pelas diferentes litologias: zonas mais baixas no Pré-Câmbrico; planalto central correspondente à Formação Dolomítica; patamar intermédio correspondente ao CVSCE e zonas mais baixas correspondentes aos xistos envolventes ao anticlinal.

4. PONTO DA SITUAÇÃO

A valorização do território passa pelo equilíbrio da exploração e usufruto dos seus recursos endógenos sem comprometer a sustentabilidade de gerações futuras. Se os recursos se esgotarem e não se preconizarem alternativas aliciantes, os mais novos partem em busca de desafios e oportunidades que lhes são negadas onde nasceram. É neste ponto de viragem que se encontram os concelhos do Anticlinal de Estremoz. Numa análise que escapa ao presente trabalho, diremos apenas que nos últimos anos a população tem vindo sempre a decrescer e a curto prazo não haverá trabalhadores locais para assegurar o trabalho nas pedreiras.

A par de toda a indústria extrativa e transformadora, o sector das Rochas Ornamentais tem evoluído imenso. Hoje, este é um sector altamente mecanizado onde o esforço dos trabalhadores foi muitíssimo reduzido e, não deixando de ser um trabalho duro que depende muito das condições climáticas, não tem comparação possível com o passado. De qualquer modo, esta mensagem de inovação e avanço tecnológico, também potenciado por empresas nacionais, não tem passado para os jovens e

o sector continua a ter uma imagem de trabalho árduo e mal pago que, na maior parte dos casos, não corresponde à realidade.

Como já se referiu, há um conhecimento geológico muito completo dos principais centros de exploração no Anticlinal de Estremoz, conhecidos por UNORs (Unidades de Ordenamento do Território: Estremoz; Borba; Vigária; Lagoa e Pardais. PROZOM, 2002; Vintém *et al.*, 2003; Falé *et al.*, 2006; Carvalho *et al.*, 2008). Assim, integrando esta informação em termos litológicos, estado de fraturação, variedades de mármore e comportamento geomecânico expectável do maciço, com varáveis regionais que definem o correto uso do território, considerando o potencial de modelação numérica atualmente possível pelo cálculo computacional, será possível a curto prazo, elaborar modelos precisos da jazida marmórea em profundidade e assim propor planos de exploração otimizados e conservadores tendo em vista a exploração sustentável do mármore (Fig. 14). É claro que para ser implementado, tal plano terá de assegurar à partida o compromisso e cumplicidade das empresas e municípios, afinal de contas as partes mais interessadas no negócio.

FIGURA 14

Ortofotomapa e modelo 3D do núcleo de pedreiras de mármore de Pardais



As pedreiras representadas pertencem às empresas F. J. Cochicho & Filho Lda.; Cochicho, Lda. e Mármore Galvão Lda., realizado com recurso a levantamento com drone e processamento das imagens obtidas com recurso ao *software* Pix4D Mapper (<https://www.pix4d.com>).

O resultado, que é muito mais impressionante que a imagem estática demonstra, é alcançado com um voo de 20 minutos onde se obtêm cerca de 200 fotografias que são posteriormente processadas durante cerca de três horas. É claro que o tempo de processamento depende do computador; estes valores são para um modesto Pentium i7 com 8Gb de memória RAM. Agradecimentos às empresas pela utilização da imagem e a Maxim Bogdanowitsch pela cedência das imagens para processamento.

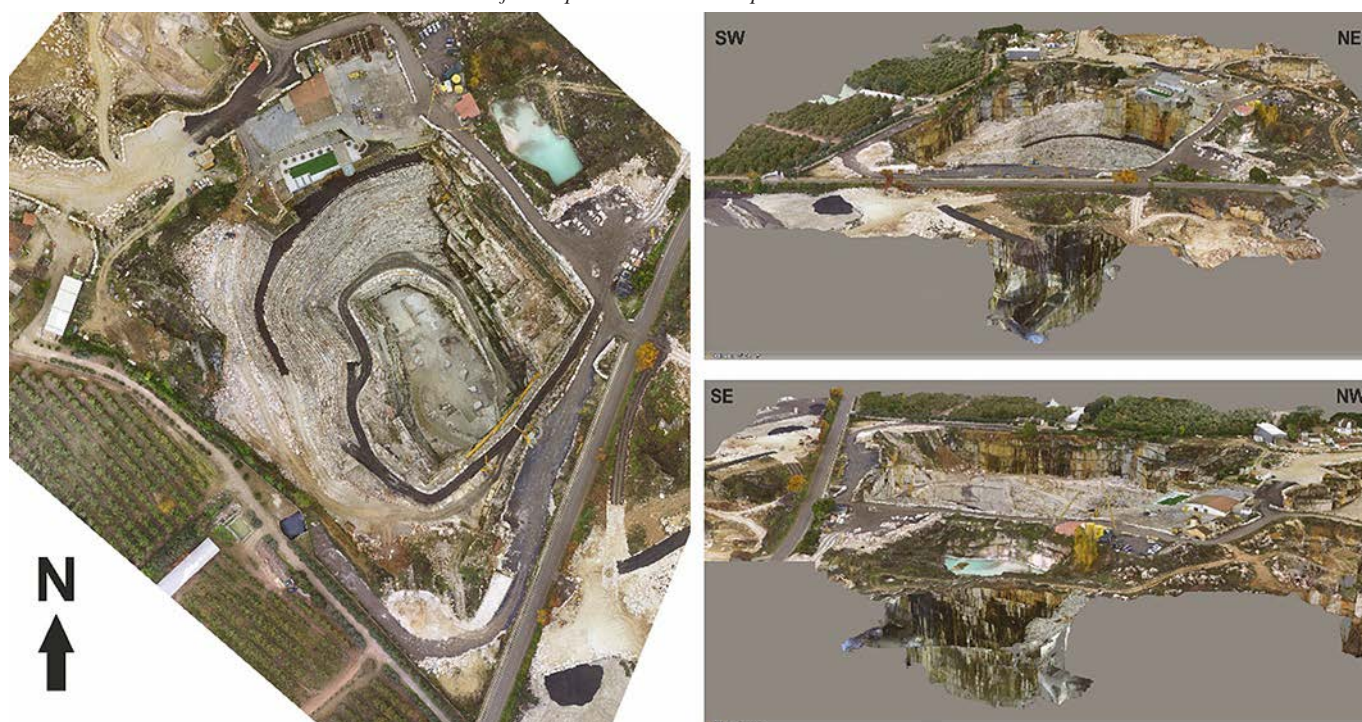
O modelo assim criado pode ainda ser melhorado com recurso a um sistema de aquisição de imagem LIDAR aumentando a definição do modelo e completando o

mesmo com a integração de imagens inacessíveis ao drone. Na figura 15 vemos precisamente um exemplo da integração das imagens obtidas pelos dois métodos

permitindo, no caso, a visualização tridimensional nas galerias subterrâneas. O grau de rigor e detalhe destes modelos permitem analisar as características geométricas de descontinuidades que, devido ao avanço da lavra, seriam fisicamente muito difíceis de alcançar, ajudando a determinar potenciais situações de instabilidade. Por outro lado, são também ferramentas de

apoio à exploração que de modo muito rápido e intuitivo, permitem fazer cálculos de reservas e definição das orientações preferenciais para o avanço de novos pisos. As potencialidades desta tecnologia são impressionantes e já estão a ser implementadas no terreno pela Universidade de Évora no âmbito do Projeto INOVSTONE 4.0.

FIGURA 15
Ortofotomapa e modelo 3D da pedreira D'El Rei



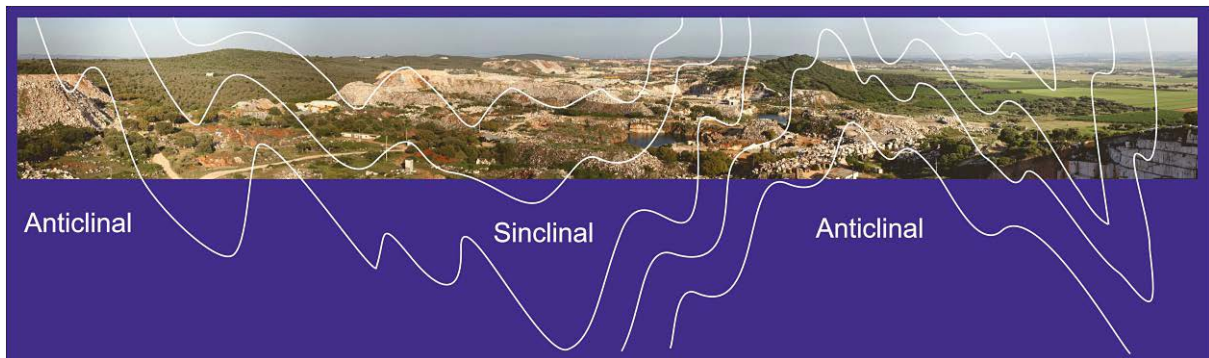
A pedreira pertence à empresa Ezequiel Francisco Alves, Lda. O modelo foi realizado com recurso a imagens obtidas por drone e levantamento fotogramétrico por LIDAR nas zonas inacessíveis ao drone. O processamento das imagens para a elaboração do modelo fez-se com recurso ao software ContextCapture da Bentley (<http://www.bentley.com/>). Agradecimento à empresa pela autorização de utilização da informação e a Ricardo Gaio pelo processamento e cedência do modelo 3D.

Os modelos 3D assim gerados revelam ainda a baixa eficiência deste método de exploração em poço, principalmente nestas cavidades mais profundas, onde grande parte da massa mineral fica por explorar. Havendo possibilidade, é sempre preferível ampliar as áreas de exploração. Um exemplo, pela positiva, está a ser implementado pela empresa Solubema — Sociedade Luso-Belga de Mármore, SA na Herdade da Vigária, Vila Viçosa (Fig. 16).

Noutra vertente completamente distinta, podemos afirmar que o potencial Geoturístico é virtualmente inesgotável sendo que o Anticlinal de Estremoz contém em si todas as valências (Geodiversidade, Biodiversidade, Turística, Gastronómica, Enológica, Cultural e Patrimonial) para se constituir como o “Geoparque da Zona dos Mármore”.

FIGURA 16

Sobreposição da estrutura geológica esquematizada sobre vista panorâmica para SE, a partir do VG Mouro, do flanco SW do Anticlinal de Estremoz



No primeiro plano observam-se as pedreiras da Herdade da Vigária e no horizonte situam-se as pedreiras da Lagoa. Na imagem está representada, sem dúvida, a região mais produtiva e promissora do anticlinal. Embora haja pedreiras profundas, só num caso a profundidade é superior a 100 metros. No entanto, as sondagens profundas indicam a existência de mármore para além dos 300 metros. O desenvolvimento em área e integração das várias pedreiras numa única cavidade, além de imperativo, pode ser a solução mais adequada, pelo menos a médio prazo.

A Geodiversidade está assegurada em consequência da atividade mineira nos mármore, onde a sequência litoestratigráfica se encontra bem representada e acessível à observação direta o que desde logo constitui caso ímpar na geologia nacional (Falé *et al.*, 2008; 2009; Lopes & Martins, 2010; Lopes *et al.*, 2013). Nela se podem identificar e caracterizar *in situ* as unidades geológicas mais antigas de idade pré-câmbrica; a transição Pré-Câmbrico – Câmbrico; o Câmbrico inferior dolomítico; o Complexo Vulcano-Sedimentar Carbonatado (onde se incluem os mármore ornamentais), de idade câmbrica provável, e, no topo da sequência, as rochas de idade silúrica e devónicas mais recentes e com conteúdo fossilífero que permitiu a sua datação (Lopes, 2003; Piçarra, 2000). Alguns afloramentos estão reconhecidos no inventário de sítios de relevância nacional classificados como Património Geológico Nacional, na categoria temática “Mármore Paleozoicos da Zona de Ossa-Morena”, que reúne os principais geossítios em Portugal com elevado valor científico e que representam a geodiversidade nacional (Brilha *et al.*, 2010; 2012), permitindo compreender a história e a evolução geológica do nosso território. Nomeadamente a transição do Pré-Câmbrico ao Câmbrico, no Parque Industrial de Vila Viçosa e os padrões de dobras redobradas à escala da pedreira, na zona da Lagoa, entre outros, são apenas alguns dos inúmeros exemplos de ocorrências da geodiversidade com evidente valor

excecional que poderíamos referir (Lopes & Martins, 2010).

As pedreiras abandonadas (e as ativas também...) constituem excelentes locais onde a fauna e flora tem oportunidade de se desenvolver praticamente sem qualquer tipo pressão humana. Estudo realizado por Germano (2013), demonstrou que, no que concerne à avifauna nas pedreiras abandonadas, não só que o número de espécies é maior mas também que e o número de efetivos por espécie é superior ao que se encontra regionalmente (Germano *et al.*, 2014).

Uma avaliação muito conservadora da matéria-prima existente no anticlinal (Lopes & Martins, 2015), permite estimar que mesmo aos índices de produção anuais mais altos já atingidos, haverá mármore de qualidade suficiente para mais 550 anos de lavra ininterrupta. Para que tal aconteça e como se depreende do presente texto, muito haverá a mudar, tanto nos métodos de exploração, visando a otimização da lavra e mitigação de riscos associados à mesma, como no próprio modelo de negócio e organização das empresas.

Em conclusão, um conjunto de fatores geológicos convergiram para que neste território pudessem ocorrer mármore em abundância, diversificados e de excecional qualidade pelo que, hoje, o Anticlinal de Estremoz e particularmente o município de Vila Viçosa é uma das mais importantes regiões mundiais para a extração desta distinta matéria-prima.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. A., VINTÉM, C., LUÍS, A. G., LOPES M. (2003) – *Modelação Estocástica da Compartimentação dos Mármore na Unidade de Borba*. Imprensa da Universidade - A geologia de Engenharia e os Recursos Geológicos, Vol. II, pp. 309 - 321. <http://hdl.handle.net/10316.2/39229>
- APALATEGUI, O., CARRACEDO, M., EGUILUZ, L., IBARGUCHI, J., TORRES MARTÍNEZ, L., PALACIOS, T., SARRIONANDIA, F. (2007) – *El Nuevo Mapa Geológico de la Provincia de Badajoz*. En Patrimonio Geológico de Extremadura, Geodiversidad y lugares de interés Geológico (P. Muñoz y E. Martínez, coord), Junta de Extremadura, Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, 68-69 pp.
- APALATEGUI, O., EGUILUZ, L., & QUESADA, C. (1990) – *The structure of the Ossa - Morena Zone*. In: R. D. Dallmayer, E. Martinez (eds.): Pre-Mesozoic Geology of Iberia. Dallmeyer & Martinez-Garcia (eds.) Springer-Verlag, pp. 280-291.
- 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. (Ed.) Geologia de Portugal (Vol. I). Escolar Editora. Lisboa. pp. 509-549.
- BRILHA J., ANDRADE C., AZERÊDO A., BARRIGA F.J.A.S., CACHÃO, M., COUTO H., CUNHA P.P., CRISPIM J.A., DANTAS P., DUARTE L.V., FREITAS M.C., GRANJA M.H., HENRIQUES M.H., HENRIQUES P., LOPES L., MADEIRA J., MATOS J.M.X., NORONHA F., PAIS J., PIÇARRA J., RAMALHO M.M., RELVAS J.M.R.S., RIBEIRO A., SANTOS A., SANTOS V., TERRINHA, P. (2005) – *Definition of the Portuguese frameworks with international relevance as an input for the European geological heritage characterization*. Episodes. Vol. 28, No 3, 177-186.
- BRILHA, J., PEREIRA P, eds. (2012) – *Património geológico: geossítios a visitar em Portugal*. ed. 2, ISBN: 978-972-0-32008-7. Porto: Porto Editora. Livro bilingue Português /Inglês.
- BRITO DA LUZ, L. M. N. B. (2005) – *Análise Crítica ao Modelo de Desenvolvimento do Sector das Pedras Naturais: O Caso dos Mármore no Triângulo de Estremoz – Borba - Vila Viçosa, 1980 – 2003*; Tese de Mestrado em Economia e Estudos Europeus; Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Economia e Gestão, pp. 290.
- CABRAL, J. M. P.; MACIEL, M. J.; LOPES, L.; LOPES, J.M.C.; MARQUES, A. P. V.; MUSTRA, C. O.; FREITAS, M. C. & CARREIRA, P. M. (2001) – *Petrographic and isotopic characterization of marble from the Estremoz Anticline: its application in identifying the sources of Roman works of art*. Journal of Iberian Archaeology, (3), 121-128. Porto: ADECAP.
- CABRAL, J.M.P., MUSTRA, C.O., HAUSCHILD, T. (2004) – *A proveniência do mármore dos capitéis do Templo Romano de Évora*. Conímbriga, 43, pp. 171-177. DOI: 10.14195/1647-8657_43_7.
- CARNEIRO, A. (2019) – *A exploração romana de mármore no anticlinal de Estremoz: extração, consumo e organização*. In: Serrão, V.; Soares, C.; Carneiro, A. (Eds.), Mármore: 2000 Anos de História. Vol. I Da Antiguidade à Idade Moderna, pp. 55 – 120. Theya Editores. Lisboa. ISBN 978-989-99164-3-2.
- CARVALHO, J. M. F.; HENRIQUES, P.; FALÉ, P. & LUÍS, G. (2008) – *Decision criteria for the exploration of ornamental stone deposits: Application to the marbles of the Portuguese Estremoz Anticline*. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 45, 1306–1319.
- CARVALHO, J., LISBOA, J., CASAL MOURA, A., CARVALHO, C., SOUSA, L. & MACHADO LEITE, M. (2013) – *Evaluation of the portuguese ornamental stone resources*. In: Rosa, L., Silva, Z. & Lopes, L. (eds) Key Engineering Materials. Trans Tech Publications, Switzerland, 548, 3 – 9, <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.548.3>.
- 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), ISBN 978-972-676-204-1. 383 p.
- CHICHORRO, M., PEREIRA, M.F., DÍAZ-AZPIROZ, M., WILLIAMS, I.S., FERNÁNDEZ, C., PIN, C., SILVA, J.B., (2008) – *Cambrian ensialic rift-related magmatism in the Ossa-Morena Zone (Évora-Aracena metamorphic belt, SW Iberian Massif): Sm-Nd isotopes and SHRIMP zircon U-Th-Pb geochronology*. Tectonophysics 461, 91–113.
- DELGADO, N. & CHOFFAT, P. (1899) – *Carta Geológica de Portugal à escala 1:500.000*. SGP
- DIAS, R., RIBEIRO, A., ROMÃO, J., COKE, C., MOREIRA, N. (2016) – *A review of the Arcuate Structures in the Iberian Variscides; Constraints and Genetic Models*. Tectonophysics. 681C, pp. 170-194. DOI: 10.1016/j.tecto.2016.04.011
- 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, 392-407. DOI: 10.1016/j.gr.2009.10.005
- COSTA, P.F., VINTÉM, C., MOREIRA, J., DINIS da GAMA, C., SOUSA, J., & LOPES, L. (2001) – *Estudo da Viabilidade Técnica da Exploração Subterrânea de Mármore no Anticlinal de Estremoz*. Congresso Internacional da Pedra Natural, Ass. Ind. Portuguesa / Feira Internacional de Lisboa, Lisboa, 16-17 de Maio de 2001, Lisboa, pp. 11.
- FALÉ, P.; LOPES, L.; MARTINS, R.; HENRIQUES, P.; CARVALHO, J.; VIEGAS, J.; CABAÇO, J. (2009) – *A Rota do Mármore no Anticlinal de Estremoz (Portugal)*, pp. 123 – 133, in Paúl Carron M. Ed., Rutas Minerales en el Proyecto RUMYS, p. 135, Guayaquil – Equador. ISBN 978-9942-02-240-0. CYTED.
- FALÉ, P.; LOPES, L.; MARTINS, R.; HENRIQUES, P.; CARVALHO, J.; VIEGAS, J.; CABAÇO, J. (2008) – *A Rota do Mármore no Anticlinal de Estremoz (Portugal)*, in Paúl Carron M. Ed., Rutas Minerales de Iberoamérica, p. 242, ISBN 978-9942-01-654. RUMYS, Rutas Minerales y Sostenibilidad, CYTED - Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Guayaquil, Equador; pp. 169 – 177.
- FALÉ, P., HENRIQUES, P., MIDÕES, C., CARVALHO, J. (2006) – *Proposta para o reordenamento da indústria extractiva no Anticlinal de Estremoz: Núcleo de Pardais*. Actas do VII Congresso Nacional de Geologia 29 de Junho a 13 de Julho de 2006.
- FILIPPE, C. (2019) – *Os mármore do Alentejo no século XVIII, entre a procura e a oferta*. In: Serrão, V.; Soares, C.; Carneiro, A. (Eds.), Mármore: 2000 Anos de História. Vol. I Da Antiguidade à Idade Moderna, pp. 237 – 293. Theya Editores. Lisboa. ISBN 978-989-99164-3-2.

- FUSCO, A., MAÑAS, I. (2006) – *Mármoles de Lusitania* [Catalogo de Exposicion]. Museo Nacional de Arte Romano, Mérida, 49 p.
- GAMA, D.; COUTO, R.; COSTA e SILVA, M.; BERNARDO, P.; BASTOS, M.; GUERREIRO, H.; NEVES, A.P.; PEREIRA, A.; PEREIRA, H. & HORTA, J. (2000) – *Projecto de execução para a exploração subterrânea de mármoles na região de pardais*, Relatório Interno, I.G.M., Lisboa.
- GERMANO, D. L. C. (2013) – *Análise da evolução da recuperação ecológica em pedreiras de mármore inativas no anticlinal de Estremoz: Avifauna, Flora e Vegetação*. Tese de Mestrado em Qualidade e Gestão do Ambiente (especialidade em Ecologia e Gestão Ambiental). Universidade de Évora, Évora. 169 p.
- GERMANO, D., LOPES, L., PINTO GOMES, C., SANTOS, A. P., MARTINS, R. (2014) – *O impacto das pedreiras inativas na fauna, flora e vegetação da zona dos mármoles: problema ou benefício?* Callipole – Revista de Cultura n.º 21, pp. 161-183, Vila Viçosa.
- GOMES da SILVA, C. M. (1989) – *Mármoles da região de Estremoz – Borba – Vila Viçosa: caracterização mineralógica, petrográfica, geoquímica e geomecânica. Contribuição para o conhecimento da sua alterabilidade e blocometria*. Tese de Doutoramento, Universidade Técnica de Lisboa (Instituto Superior Técnico), 136 p.
- GONÇALVES, F., LOPES, L. (1992) – *Aspectos das potencialidades das rochas ornamentais do Alentejo*, tema apresentado nas Jornadas Técnicas sobre a Indústria Extractiva e transformadora de Rochas Ornamentais do Alentejo, "A Pedra", N.º43, pp. 7-17.
- GONÇALVES, F., OLIVEIRA, V. (1986) – *Alguns aspectos do Precâmbrico da Zona de Ossa Morena em Portugal. O Proterozóico superior de Estremoz*. Mem. Acad. Ciênc. Lisboa, Classe de Ciências, Tomo XXVII, pp. 111-117.
- GONÇALVES, F. (1970) – *Contribuição para o conhecimento geológico dos mármoles de Estremoz*. Est. Notas e Trabalhos do SFM. Porto. 20:1-2, pp. 201-209.
- GONÇALVES, F. (1972) – *Observações sobre o anticlinório de Estremoz. Alguns aspectos geológico-económicos dos mármoles*, Est. Not. Trab. Serv. Fom. Min., Porto, Vol. 22, Fasc. 1-2, pp. 121-132 (Matérias-primas minerais não metálicas, n.º 17).
- GONÇALVES, F. CARVALHOSA, A. (1994) – *O Proterozóico da Zona de Ossa Morena no Alentejo. Síntese e actualização de conhecimentos*. Mem. Acad. Ciênc. Lisboa, Classe de Ciências, t. 34. 35 p.
- GONÇALVES, F., COELHO, A.V.P. (1974) – *Carta geológica de Portugal na esc. 1/50 000 Notícia explicativa da folha 36-B, (Estremoz) - S.G.P. Lisboa. 64 p.*
- HENRIQUES, P., CARVALHO, J., FALÉ, P., LUÍS, G. (2006) – *Estudos geológicos aplicados à indústria extractiva de mármoles no Anticlinal de Estremoz: o caso do Núcleo de Pardais*. In: Comunicações Geológicas, Tomo 93 (2006), p. 159-184
- LADEIRA, F. (1977) – *Mármoles*. "Bol. Minas", 14 (4), Lisboa.
- LAPUENTE, P. NOGALES-BASARRATE, T. ROYO, H., BRILLI, M. (2014) – *White marble sculptures from the National Museum of Roman Art (Mérida, Spain): sources of local and imported marbles*. Eur. J. Mineral. 26, pp. 333-354. DOI: 10.1127/0935-1221/2014/0026-2369
- LNEG (2010) – *Mapa Geológico de Portugal*, 1:1 000 000, 3ª edição, LNEG, Lisboa.
- LOPES, L., MARTINS, R. (2018) – *Reconhecimento do Mármore de Estremoz como Pedra Património Mundial*. Callipole – Revista de Cultura n.º 25 – 2018, pp. 291 – 308. Vila Viçosa.
- LOPES, J. L. G. (2003) – *Contribuição para o conhecimento Tectono – Estratigráfico do Nordeste Alentejano, transversal Terena – Elvas. Implicações económicas no aproveitamento de rochas ornamentais existentes na região (Mármoles e Granitos)*. Departamento Geociências – Universidade de Évora, 568 p. Évora: Unpublished Thesis.
- LOPES, J.L. (2007) – *O triângulo do mármore: estudo geológico*. Monumentos. 27, pp. 6-15.
- LOPES, J.L., CARRILHO LOPES, J.C., CABRAL, J.P., SARANTOPOULOS, P. (2000) – *Caracterização Petrográfica dos Monumentos Romanos de Évora*. Revista "Cidade de Évora", II Série, N.º4. 129-142.
- LOPES, 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., MARTINS, R. (2010) – *Aspectos da geologia e exploração de mármoles em Vila Viçosa: Património geológico e mineiro a preservar*. Câmara Municipal de Vila Viçosa Callipole, 18, 255 – 275, ISSN: 08725225.
- LOPES, L., SILVA, J. (2005) – *Controle estrutural e constrangimentos geológicos na exploração de mármoles no anticlinal de Estremoz – Alentejo – Portugal*; ICIRO – I Congresso de Rochas Ornamentais do Brasil; Organização Centro de Tecnologia Mineral – CETEM/MCT & Centro Tecnológico do Mármore e Granito – CETEMAG, 20 – 23 de Fevereiro de 2005, Guarapari, Brasil; Edição em CD-ROM. ISBN: 85-7227-225.
- LOPES, 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, L., MARTINS, R., FALÉ, P., PASSOS, J., BILOU, F., BRANCO, M. & PEREIRA, M.F. (2013) – *Development of a Tourist Route around the Mining Heritage of the Estremoz Anticline*. In: Rosa, L., Silva, Z. & Lopes, L. (eds) Proceedings of the Global Stone Congress, Key Engineering Materials. (2013) Trans Tech Publications, Switzerland, 548, 348 – 362, <https://www.scientific.net/KEM.548.348>.
- LOPES, L., PERES, M., GOULÃO, M. (2017) – *O Cluster dos Recursos Minerais de Portugal: Estratégia Colectiva de Reconhecimento Sectorial e Desenvolvimento Sustentável*. Proceedings CLME2017/VCEM. 8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia / V Congresso de Engenharia de Moçambique, Maputo, 4-8 Setembro 2017; Ed: J.F. Silva Gomes *et al.*; Publ: INEGI/FEUP (2017). Desafios e oportunidades para a engenharia na cooperação para o desenvolvimento. LusoImpress S.A. Portugal. ISBN: 978-989-98832-0-9, pp 547 – 548. <https://paginas.fe.up.pt/clme/2017/Proceedings/data/papers/6854.pdf>.
- MACIEL, M. J. (1998) – *Arte Romana e pedreiras de mármore na Lusitânia: Novos caminhos de investigação*. In: Revista da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas. Edições Colibri, Lisboa, 1, 233 – 245.

- MATOS, A., QUINTAS, A. (2019) – *A afirmação do mármore alentejano em contexto nacional e internacional do século XVIII a 1945*. In: Serrão, V.; Soares, C.; Carneiro, A. (Eds.), *Mármore: 2000 Anos de História*. Vol. II A Evolução Industrial, os seus Agentes Económicos e a Aplicação na Época Contemporânea, pp. 13 – 120. Theya Editores. Lisboa. ISBN 978-989-99164-4-9
- MENNINGEN, J., SIEGSMUND, 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.
- MORBIDELLI, P., TUCCI, P., IMPERATORI, C., POLVORINOS, A., PREITE MARTINEZ, M., AZZARO, E., HERNANDEZ, M. J. (2007) – *Roman quarries of the Iberian peninsula: "Anasol" and "Anasol"-type*. *Eur J Mineral*. 19, pp. 125-135. DOI: 10.1127/0935-1221/2007/0019-0125
- MOREIRA, J., VINTÉM, C. (Coord) (1997) – *Carta Geológica do Anticlinal de Estremoz*, escala 1:25.000. Dept. Prospecção de Rochas e Minerais Não Metálicos, Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa.
- MOREIRA, N. (2017) – *Evolução Geodinâmica dos sectores setentrionais da Zona de Ossa-Morena no contexto do Varisco Ibérico*. Tese de Doutoramento (não publicada). Universidade de Évora. 433p.
- 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.; Carneiro, A. (Eds.), *Mármore: 2000 Anos de História*. Vol. I Da Antiguidade à Idade Moderna, pp. 13 – 54. Theya Editores. Lisboa. ISBN 978-989-99164-3-2
- MOREIRA, N., PEDRO, J., SANTOS, J.F., ARAÚJO, A., ROMÃO, J., DIAS, R., RIBEIRO, A., RIBEIRO, S., MIRÃO, J. (2016) – *87Sr/86Sr ratios discrimination applied to the main Paleozoic carbonate sedimentation in Ossa-Morena Zone*. In: IX Congreso Geológico de España (volumen especial). *Geo-Temas*. 16:1, pp. 161-164. ISSN 1576-5172.
- 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*. [s.l.]: Fundação da Casa de Bragança, pp 172 – 206. ISBN: 978-972-9195-53-2
- OLIVEIRA, V. M. (1984) – *Contribuição para o conhecimento geológico - mineiro da região de Alandroal - Juvomenha (Alto Alentejo)* Est. Not. Trab., Serv. Fom. Mineiro XXVI (1-4): pp. 103-126.984;
- 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*. *Comun. Serv. Geol. Port.* 77, pp. 3-26.
- ORIGLIA, F., GLIOZZO, E., MECCHERI, M., SPANGENBERG, J.E., TURBANTI MEMMI, I., PAPI, E. (2011) – *Mineralogical, petrographic and geochemical characterisation of white and coloured Iberian marbles in the context of the provenancing of some artefacts from Thamusida (Kenitra, Morocco)*. *Eur. J. Mineral*. 23, pp. 857-869. DOI: 10.1127/0935-1221/2011/0023-2145
- PEREIRA, M. F.; SOLÁ, R.; CHICHORRO, M.; LOPES, 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, pp. 866 – 881. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gr.2012.02.010>.
- PEREIRA, V. (1981) – *Mármore de Estremoz - Vila Viçosa. Contribuição para o seu conhecimento*. A Pedra. n° 4, pp. 25-33, Lisboa.
- PIÇARRA, J.M. (2000) – *Estudo stratigráfico do sector de Estremoz-Barrancos, Zona de Ossa Morena, Portugal*. Vol. I – Litoestratigrafia do intervalo Câmbrico médio?-Devónico inferior, Vol. II - Bioestratigrafia do intervalo Ordovícico-Devónico inferior. Tese de Doutoramento (não publicada). Universidade de Évora.
- PIÇARRA, J.M., LE MENN, J. (1994) – *Ocorrência de crinóides em mármore do Complexo Vulcano-Sedimentar Carbonatado de Estremoz: implicações stratigráficas*. *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*. 80, pp. 15-25
- PIÇARRA, J.M., SARMIENTO, G. (2006) – *Problemas de posicionamento stratigráfico dos Calcários Paleozóicos da Zona de Ossa Morena (Portugal)*. In: Livro de actas do VII Congresso Nacional de Geologia (vol. II). Estremoz. pp. 657-660.
- PROZOM – *Plano Regional de Ordenamento do Território da Zona dos Mármore*. *Diário da República* 2002; I Série – B (106): 4318–38.
- RATTE, C. A., OGDEN, D. G. (1989) – *Marble, Granite and Slate Industries of Vermont*. Isle LaMotte to Graniteville, Vermont. July 20-22, 1989. Field Trip Guidebook T362. American Geophysical Union. ISBN: 0-87590-639-7. 25 pp.
- REYNAUD, R., VINTÉM, C. (1992) – *"Estudo da Jazida de Calcários Cristalinos de Estremoz – Borba – Vila Viçosa - Sectores Lagoa – Vigária e Borba"*. *Estudos Notas e Trabalhos, D.G.G.M.*, t 34, p. 3-84. Ed. Lab. Ser. Fom. Min., Porto.
- REYNAUD, R., VINTÉM, C. (1994) – *Estudo da jazida de calcários cristalinos de Estremoz – Borba – Vila Viçosa (Sectores de Lagoa-Vigária e Borba)*: *Boletim de Minas*, (131) 4: 355-473. Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal.
- 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, L., FONSECA, P., ARAÚJO, A., OLIVEIRA, T., ROMÃO, J., CHAMINÉ, H., COKE, C., PEDRO, J. (2007) – *Geodynamic evolution of SW Europe Variscides. Tectonics*. 26, TC6009. DOI: 10.1029/2006TC002058
- SÁNCHEZ-GARCÍA, T., QUESADA, C., BELLIDO, F., DUNNING, G.R., GONZÁLEZ Del TÁNAGO, J., (2008) – *Two-step magma flooding of the upper crust during rifting: the Early Paleozoic of the Ossa Morena Zone (SW Iberia)*. *Tectonophysics* 461, 72–90.
- SILVA, J. B. (1997) – *Geodinâmica Ante-Mesozoica do Sector Oeste da Zona de Ossa Morena e regiões limítrofes: Síntese com base em recentes observações* In: Araújo, A. & Pereira, M.F. (Eds), *Estudos sobre a Geologia da Zona de Ossa Morena (Maciço Ibérico)*. Livro de Homenagem ao Prof. Francisco Gonçalves. Universidade de Évora, 1997, pp. 231-262.
- SILVA, J. M., CAMARINHAS, M. V. F. (1957) – *Calcários cristalinos de Vila Viçosa – Souzel*. *Estudos, Notas e Trabalhos do Serviço de Fomento Mineiro*, XII, 66 – 139.
- SILVA, J. M., CAMARINHAS, M. V. F. (1960) – *Calcários cristalinos de Vila Viçosa- Souzel*. "Estudos, Notas e Trabalhos do S. F. M.", XIV (1-2), Porto.

Taelman, D., Elburg, M., Smet, I., De Paepe, P., Lopes, L., Vanhaecke, F., Vermeulen, F. (2013) – *Roman Marble from Lusitania: Petrographic and Geochemical Characterization*, Journal of Archaeological Science, ISSN 0305-4403, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2012.12.030>.

Tucci, P., Marrese, G., Polvorinos, A., Azzaro, E. (2010) – *Italica (Seville, Spain): use of local marble in Augustan age. Period. Mineral. Special Issue*, 113-129. DOI: 10.2451/2010PM0025

Van Diver, Bradford B. (1999) – *Roadside Geology of Vermont and New Hampshire*. Mountain Press Publishing Company. 6ed. 230 pp.

Vintém, C., Henriques, P., Falé, P., Luís, G., Midões, C., Antunes, C., Carvalho Dill, A., Carvalho, J., Saúde, J., Bonito, N., Sobreiro, S. (2003) – *Cartografia Temática do Anticlinal como Instrumento de Ordenamento do Território e Apoio à Indústria Extractiva: Relatório Final do Projecto*. Instituto Geológico e Mineiro e Cevalor.