

Gestão eficiente da exploração mineira em Portugal: O Papel dos SIG e da Detecção Remota

Mariana Teixeira Amaral

**Dissertação de Mestrado em Gestão do Território - Detecção
Remota e Sistemas de Informação Geográfica**

Versão corrigida e melhorada após defesa pública

Março, 2025

À minha família e amigos pela força e apoio.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelo apoio, amor e educação que me deram, sem nunca deixarem de estar do meu lado, sendo um exemplo de trabalho e dedicação.

Ao meu Francisco, pela paciência e carinho constante, por estar ao pé de mim em todos os momentos, e por acreditar sempre em mim, mesmo quando tenho dúvidas, tornando a caminhada mais leve e feliz.

Ao meu irmão, por ser um exemplo para mim e por me ajudar em todos os passos que necessito.

À Ana e Bia, por serem as minhas amigas e companheiras para vida, com quem posso contar em qualquer momento, e que acabam sempre por ser também casa. Obrigada por todos estes anos.

À Larginho, por me aturar constantemente, pelo apoio incondicional neste percurso, por uma amizade que levo para a vida. E ao André pelo apoio e ajuda em todas as dúvidas que tive.

À Sofia, que apesar de longe, pelas palavras de confiança e apoio durante esta caminhada.

Ao Professor Rui Pedro Julião por ter aceitado orientar esta dissertação e pela ajuda, como pelos ensinamentos ao longo do meu percurso académico.

GESTÃO EFICIENTE DA EXPLORAÇÃO MINEIRA EM PORTUGAL: O PAPEL DOS SIG E DA DETEÇÃO REMOTA

MARIANA TEIXEIRA AMARAL

RESUMO

A indústria mineira apresenta um papel preponderante no desenvolvimento económico e territorial em Portugal, no qual se destaca a extração do mármore. O território no qual existem explorações mineiras, requerem uma gestão eficiente, conjugada pela complexidade do seu ordenamento territorial como do seu equilíbrio ambiental e do desenvolvimento local na sua envolvente. Neste contexto, para contribuir para o planeamento territorial, a utilização de ferramentas tecnológicas avançadas como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e a Detecção Remota são cada vez mais recorrentes.

Esta dissertação pretende deste modo explorar o papel destas ferramentas na gestão mineira em Portugal, com enfoque na Zona dos Mármore, que se apresenta como um polo de recursos naturais mais valorizado no país. Este estudo pretende perceber como estas ferramentas para além de permitirem uma análise espacial mais detalhada e uma monitorização constante, permitem contribuir para melhores tomadas de decisões quer nos pelos agentes desta indústria, como também para os decisores territoriais que planeiam o ordenamento do território em áreas de exploração de recursos.

Nesta temática, a metodologia adotada com base em SIG baseou-se na criação de um dashboard interativo em *ArcGIS Online*, reunindo informação geográfica e informativa sobre as pedreiras da região dos mármore, permitindo representar como os SIG podem ter um papel na gestão eficiente da exploração mineira e como podem otimizar o planeamento e monitorização territorial desta atividade.

Palavras-chave: Detecção Remota, Exploração mineira, mármore, Ordenamento do Território, pedreiras, SIG

EFFICIENT MANAGEMENT OF MINING EXPLORATION IN PORTUGAL: THE ROLE OF GIS AND REMOTE DETECTION

MARIANA TEIXEIRA AMARAL

ABSTRACT

The mining industry plays a preponderant role in economic and territorial development in Portugal, in which marble extraction stands out. The territory in which there are mining explorations requires efficient management, combined with the complexity of its territorial planning as well, as its environmental balance and local development in its surroundings. In this context, to contribute to territorial planning, the use of advanced technological tools such as Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing are increasingly common.

This dissertation therefore aims to explore the role of these tools in mining management in Portugal, focusing on the Marble Zone, which presents itself as the most valued natural resources hub in the country. This study aims to understand how these tools, in addition to allowing a more detailed spatial analysis and constant monitoring, contribute to better decision-making both by agents in this industry, as well as by territorial decision-makers who plan territorial planning in areas of resource exploration.

In this theme, the methodology adopted based on GIS was based on the creation of an interactive dashboard in ArcGIS Online, bringing together geographic and informative information about the quarries in the marble region, allowing to represent how GIS can play a role in the efficient management of mining and how they can optimize the planning and territorial monitoring of this activity.

Keywords: GIS, marble, mining, quarries, Remote Sensing, Spatial Planning

Índice

Introdução	11
Tema e Objetivos.....	11
Procedimentos metodológicos.....	13
Estrutura geral de trabalho	14
Capítulo I - A indústria mineira em Portugal	16
I.1. História e evolução.....	16
I.2. Desafios e oportunidades.....	22
Capítulo II - Os SIG e Detecção Remota na gestão mineira	26
I.1. Definição de SIG	26
I.1.1. Os SIG na gestão mineira.....	28
I.1.2. Exemplos de Aplicação na exploração mineira	30
I.2. Definição de Detecção Remota.....	31
I.2.1. Aplicação da deteção remota na gestão mineira.....	36
I.2.2. Exemplos de aplicação na exploração mineira.....	39
I.3. Contribuição dos SIG e Detecção Remota no Ordenamento do Território	41
Capítulo III – Estudo de Caso – Zona dos Mármorese.....	44
III.1. Enquadramento Geográfico	44
III.2. Enquadramento Geológico.....	45
III.3. Enquadramento Legal	47
III.4 Zona dos Mármorese no contexto nacional da indústria mineira	49
III.5 Ordenamento do território na Zona dos Mármorese	54
III.5.1. Evolução das políticas de ordenamento	54

Capítulo IV - Aplicação das Tecnologias de Informação Geográfica no caso de estudo	61
IV.1 Objetivo Geral	61
IV.2 Etapas Metodológicas	62
IV.3 Utilização e desenvolvimento da tecnologia SIG: <i>ArcGIS Dashboard</i>	63
IV.3.1 Levantamento dos Dados.....	63
IV.3.2 Uso da tecnologia <i>ArcGIS Pro</i> : tratamento e organização dos dados.....	65
IV.3.3 Utilização do software <i>ArcGIS Online</i>	71
IV.3.4 Conceptualização do dashboard e proposta final.....	72
IV.4 Análise de resultados e desafios do projeto	82
Considerações finais	85
Referências bibliográficas.....	86
LISTA DE FIGURAS.....	93
LISTA DE TABELAS.....	94
LISTA DE GRÁFICOS	94
ANEXOS.....	96

LISTA DE ABREVIATURAS

ADC – Área de Deposição Comum

AIA- Avaliação de Impacte Ambiental

CAOP - Carta Administrativa Oficial de Portugal

CCDR - Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional

CNIG – Centro Nacional de Informação Geográfica

COS - Carta de Ocupação do Solo

COSc - Carta de Ocupação de Solo Conjuntural

CVSCE - Complexo Vulcano-sedimentar-carbonato de Estremoz

DGEG - Direção-Geral de Energia e Geologia

DGT – Direção-Geral do Território

DR – Detecção Remota

Esri - *Environmental Systems Research Institute*

ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas

IGT – Instrumentos de Gestão Territorial

LIDAR - *Light detection and ranging*

LNEG - Laboratório Nacional de Energia e Geologia

MDT – Modelo Digital de Terreno

MDS - Modelo Digital de Superfície

NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

OT – Ordenamento do Território

PARP - Plano Ambiental e de Recuperação Paisagística

PDM – Plano Diretor Municipal

PNPOT - Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território

PP – Plano de Pormenor

PROT-A - Plano Regional de Ordenamento do Território do Alentejo

PROZOM - Plano Regional de Ordenamento do Território da Zona dos Mármore

RAN – Reserva Agrícola Nacional

REN – Reserva Ecológica Nacional

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

SNIG – Sistema Nacional de Informação Geográfica

SRUP – Servidões e Restrições de Utilidade Pública

SWOT - *Strengths* (Pontos Fortes), *Weaknesses* (Pontos Fracos), *Opportunities* (Oportunidades) e *Threats* (Ameaças)

UE – União Europeia

UNOR- Unidade de Ordenamento

UOPG - Unidade Operativa de Planeamento e Gestão

VANT - Veículo Aéreo Não Tripulado

WFS - *Web Feature Service*

ZOM - Zona dos Mármore

Introdução

Tema e Objetivos

O presente documento corresponde à dissertação como componente não letiva para a obtenção de grau de Mestre em Gestão do Território, na área de especialização de Detecção Remota e Sistemas de Informação Geográfica, da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa, que apresenta como objetivo geral analisar como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e as técnicas de Detecção Remota podem ser aplicados para otimizar a monitorização e gestão da exploração mineira em Portugal, mais concretamente no estudo de caso da Zona dos Mármorez, com foco na sua melhor eficiência operacional e no contributo para a gestão territorial.

Primeiramente, será apresentado o tema do projeto e os objetivos propostos, como também a questão de investigação que se pretende responder e discutir na dissertação. De seguida, apresenta-se os procedimentos metodológicos que serão desenvolvidos, como os resultados esperados destas mesmas metodologias.

O tema escolhido para a presente dissertação, assenta, particularmente, na importância da presença dos mais variados recursos minerais em Portugal, dos quais se distingue a Zona dos Mármorez, uma estrutura enraizada de exploração de mármorez, constituído por uma Área Cativa - área na qual se localizam determinadas massas minerais consideradas de relevante interesse para a economia nacional ou regional, sujeitas a condições especiais para a sua exploração -, no município de Estremoz e nos municípios de Vila Viçosa e Borba. Esta jazida possui um património geológico de destaque, quer pela sua qualidade e beleza, quer pela sua utilidade. Esta zona desempenha um papel crucial para a economia portuguesa e desenvolvimento de várias localidades em seu redor, através da exploração praticada pela indústria mineira, criando uma grande fonte de investimento e receita.

Deste modo, algo que me cativa bastante neste tema são os desafios que esta zona de exploração possui a nível da gestão do território. Cada vez mais se assiste a uma necessidade em existir uma gestão eficiente dos recursos, garantindo a sua conservação com base numa exploração de forma responsável e sustentável e minimizando os impactes causados, quer para o meio ambiente, quer para as comunidades locais que vivem nas demarcações destas explorações, no qual se destacam questões como o desordenamento da paisagem e das zonas

de escombrelras, o abandono de explorações, a falta de gestão de resíduos de extração e a degradação do solo e qualidade de água. Como tal, a definição de novas áreas de exploração deve ser avaliada rigorosamente, consoante não só os aspetos económicos e geológicos, como essencialmente os aspetos ambientais e sociais, sendo que igualmente a informação das explorações atuais deve servir com base de dados para análise e gestão das mesmas.

Neste sentido, é importante reconhecer as questões e desafios desta área de exploração, “um adequado conhecimento geológico do território é fundamental não só para determinar vocação, como também para determinar a sua capacidade de carga e ajuizar de eventuais riscos naturais associados...pois só assim se poderá adequadamente planificar espacial e temporalmente essa atividade.” (Carvalho, J. Martins, L. 2007, p.126).

Este conhecimento permite que exista um adequado ordenamento do território, este que visa contribuir com o desenvolvimento económico, social e ambiental dos territórios com as suas políticas e diretrizes, através do planeamento territorial das localidades em redor das explorações, facilitando a integração desta atividade junto ao espaço urbano.

Com base para esta dissertação, o objetivo foca-se na definição de uma metodologia, que contribua para gestão e monitorização das explorações mineiras presentes nesta zona dos mármore, e que apoie o ordenamento do território desta área, tendo por base o papel de um conjunto de tecnologias, nomeadamente dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que neste caso auxiliem numa para monitorização de forma dinâmica e em tempo contínuo dados sobre as pedreiras. O desenvolvimento destas tecnologias apresenta, atualmente, uma enorme contribuição para a gestão das explorações mineiras, como para o fornecimento e tratamento de dados e informação geográfica, quer para os cidadãos como para as entidades, como recurso de suporte à decisão e resolução de problemas.

Deste modo, o desenvolvimento desta metodologia com recurso aos SIG, irá ser desenvolvida através de *software* ESRI, através de uma aplicação do *ArcGIS Online – Dashboards*.

Os objetivos são uma parte essencial da dissertação, pois permitem encontrar respostas e assim estruturar todo o projeto. Neste caso, as definições destes objetivos específicos partem de um objetivo geral passar por desenvolver uma metodologia de monitorização e gestão das explorações mineiras na Zona dos Mármore, com recurso aos SIG.

Para alcançar este objetivo, foram estabelecidos sete objetivos específicos, que se dividem em três partes de trabalho desta dissertação: uma parte teórica que corresponde ao Estado da Arte, uma parte conceptual do desenho processual da plataforma em *ArcGIS Dashboards* e uma parte aplicacional que corresponde à implantação desta metodologia.

Neste contexto, e com base na primeira parte, o primeiro objetivo passa por elaborar um enquadramento teórico sobre a história e os desafios atuais na gestão da exploração mineira em Portugal. O segundo objetivo pretende avaliar as atuais aplicações práticas dos SIG e da Detecção Remota na exploração mineira a nível nacional e local, e, por sua vez alguns exemplos da sua aplicabilidade. O terceiro objetivo pretende-se focar mais no estudo de caso, fazendo um enquadramento do mesmo e uma análise da legislação e principais políticas/instrumentos de gestão do território que se encontram afetos a esta região. Com base na segunda parte, o quarto objetivo visa analisar fontes disponíveis e recolha de dados afetos às explorações mineira. O quinto objetivo pretende a integração de informação e construção de indicadores-chave, que irão compor a metodologia a desenvolver, e o sexto objetivo visa o desenvolvimento de um protótipo da plataforma em *ArcGIS Dashboards* de forma abstrata e teórica.

Por fim, com base na terceira e última parte, o sétimo objetivo visa a implantação da própria plataforma, com recurso a ferramentas SIG na Zona dos Mármore e o último objetivo a análise de resultados à metodologia elaborada.

Estes objetivos vão permitir, assim, responder à questão de investigação que será abordada de seguida e a estrutura da dissertação, e, ao mesmo tempo promover uma ferramenta que possua um papel relevante na tomada de decisão a nível do ordenamento do território, no que diz respeito à zona de exploração mineira.

Procedimentos metodológicos

Enumera-se agora os procedimentos metodológicos que serão utilizados na presente dissertação e que permitem deste modo, responder aos objetivos definidos, sendo que a definição à priori dos métodos e técnicas, é essencial para se enquadrar da melhor forma no processo de investigação da dissertação.

Primeiramente, uma das técnicas utilizadas é a análise documental, utilizada na fase teórica, que possibilita fazer uma revisão de literatura, de dados e documentos técnicos oficiais que abordam alguns dos temas explorados, com é o caso dos Instrumentos de Gestão Territorial afetos à Zona dos Mármore, como de literatura científica, relatórios técnicos, ligados ao ordenamento do território.

Como método qualitativo, recorreu-se à utilização de um estudo de caso, de modo a ter uma abordagem específica das práticas de gestão mineira em Portugal, sendo o caso a Zona dos Mármore na região do Alentejo, uma referência nacional na exploração de mármore. A definição de um estudo de caso permite interligar a teoria à prática, com um exemplo de um caso real, que permite ser estudado e fundamentado para a concretização dos objetivos da dissertação.

Por fim, a última metodologia que se relaciona com a fase aplicacional, prende-se com o desenvolvimento de uma plataforma para monitorização e gestão das pedreiras, com recurso aos SIG, que irá ser desenvolvida, através de uma ferramenta do *ArcGIS Online – Dashboards*, e que será por fim analisada através de uma técnica de relevância na gestão do território, que é a análise SWOT (*Strengths, Weaknesses Opportunities e Threats*), para perceber se é uma ferramenta que contribui a gestão para indústria mineira na Zona dos Mármore.

Estrutura geral de trabalho

A estrutura da dissertação foi organizada em três partes distintas: teórica, conceptual e aplicacional.

A fase teórica corresponde à revisão de literatura, no qual aborda os desafios mais relevantes da indústria mineira em Portugal e mais precisamente na jazida de mármore do Alentejo. Será igualmente aprofundada a legislação das explorações mineiras e importa analisar as políticas e instrumentos de ordenamento do território, como outras estratégias territoriais aplicadas na exploração mineira desta região. Este capítulo é essencial, pois permite obter uma visão abrangente e detalhada da base legal, principalmente a nível de ordenamento do território, que é aplicada nesta região, e como estes planos possuem impacto na gestão eficiente das pedreiras, e se por sua vez têm demonstrado os resultados esperados. Também nesta fase serão abordados como os SIG e a Deteção Remota,

contribuem atualmente para a gestão da exploração mineira, com base no ordenamento do território. Primeiramente serão introduzidos alguns conceitos básicos dos SIG e Detecção Remota, destacando a sua importância na tomada de decisão na gestão territorial, com enfoque neste caso da exploração mineira. Por fim, serão abordados exemplos atuais da aplicação dessas ferramentas e na sua contribuição para a exploração mineira, quer no contexto global até à escala local, mais precisamente no estudo de caso, a Zona dos Mármore.

Na fase conceptual, será apresentado um desenho processual e abstrato da plataforma com recurso ao *ArcGIS Dashboard* e as etapas até o atingir. Será nesta fase que serão definidos os objetivos desta plataforma, como a identificação das fontes dos dados a serem implementados, seguido da recolha, compilação e análise de dados geográficos e estatísticos. Após a agregação de dados, serão determinados os indicadores-chave a camadas relevantes, como os elementos cartográficos a ser integrados na metodologia prática.

Como última fase, apresenta-se a fase aplicacional, que consiste na implementação da metodologia prática a ser utilizada nesta dissertação, no qual se irá recorrer ao uso dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), para elaborar um modelo de monitorização e gestão das pedreiras da Zona dos Mármore, desenvolvida com recurso a tecnologia SIG, através de uma ferramenta do *ArcGIS Online – Dashboards*- “O *ArcGIS Dashboards* permite a usuários carregar informações ao apresentar análises baseadas em localização utilizando visualizações de dados intuitivos e interativos em uma única tela.(...)o *ArcGIS Dashboards* para ajudar a tomar decisões, visualizar tendências, monitorar status em tempo real e informar suas comunidades”. Esta ferramenta, tal como referido anteriormente apresenta mais-valias na visualização, análise espacial, composição de diferentes elementos (mapas, tabelas, gráficos, etc) e monitorização de dados e informação para os cidadãos como para os gestores e decisores territoriais que gerem as explorações.

Será também nesta fase que será elaborada uma análise de resultados da implementação desta metodologia.

Capítulo I - A indústria mineira em Portugal

I.1. História e evolução

Em Portugal, a ampla diversidade e abundância de recursos naturais existentes, contribuíram para que a indústria mineira e extrativa, seja um setor que desempenhe um papel fundamental no que diz respeito à riqueza e desenvolvimento do país. Desde a antiguidade até aos dias de hoje, a utilização e a exploração deste tipo de recursos fazem parte da história de Portugal, sendo que a evolução desta indústria sofreu várias alterações nos seus métodos de aplicação ao longo das décadas. Um dos períodos chave ao longo dos anos no progresso da indústria mineira, foi a adesão de Portugal à União Europeia em 1986. Este passo na história contribuiu em vários aspetos para o progresso, desde o alinhamento das políticas e diretivas europeias com a legislação portuguesa, a modernização do setor e das infraestruturas mineiras, como também o acesso a fundos europeus. No que diz respeito à regulamentação, a importância do ambiente e da segurança passaram a ter um papel determinante, contribuindo para mitigar os impactos ambientais negativos associados a esta indústria. Por outro lado, a modernização deste setor, cooperou para o decréscimo do impacto ambiental, com novas tecnologias que permitiram uma melhor eficiência na extração dos minérios, como a integração de meios digitais em todos os passos operacionais. Esta entrada de novas tecnologias, contou com o apoio dos fundos europeus investidos no nosso país e que permitiram a modernização deste setor.

Estas mudanças no território português, permitiram um aumento do consumo interno de matérias-primas, com a abertura de um grande número de pedreiras, como a exploração de novos minerais de interesse económico, como o exemplo do lítio.

O desenvolvimento do setor mineiro em Portugal e a localização da extração de recursos, apresenta como fator primário e base desta atividade, a distribuição e concentração geológica dos mesmos pelo território, de diferentes períodos de formação geológica. Como se observa no mapa seguinte (Figura 1), é possível observar em Portugal Continental, a extração de recursos não metálicos, metálicos e energéticos, com principalmente concentração na região Norte e Interior Centro, no qual se destaca a Mina da Panasqueira, no qual se realça a extração de tungstênio (volfrâmio) e ainda a região do Alentejo, no qual se

ênfatiza a Mina de Neves-Corvo, zona de exploraçã de sobre e zinco e ainda a Zona dos Mármore, o estudo de caso que irá ser analisado nesta dissertaçã.

“Os recursos geológicos podem ser renováveis (gerados a uma velocidade superior à que são explorados) ou não renováveis (se consumidos a uma velocidade superior à que se formam). A maioria destes recursos não é renovável. Os recursos geológicos podem ser classificados em recursos energéticos, recursos minerais (metálicos e não metálicos) e recursos hidrogeológicos. Os recursos energéticos são recursos minerais utilizados para a produçã de energia elétrica, calorífica ou mecânica, caso do petróleo, carvão, gás, urânio, entre outros. Os recursos minerais metálicos são recursos minerais explorados com o objetivo de obter um certo elemento metálico que faz parte da sua constituiçã, caso do ouro, da prata, do cobre, do alumínio e do ferro. Os recursos minerais não metálicos são muito diversificados. Também designados por massas minerais, este grupo inclui rochas que são principalmente utilizadas na área da construçã civil, em processos industriais diversos. Estes recursos minerais não metálicos são divididos em dois tipos: rochas ornamentais (calcário, mármore e granito) e rochas industriais (areia, argila e quartzo). Os recursos hidrogeológicos são as águas subterrâneas e as águas superficiais” (Porto Editora, 2024).

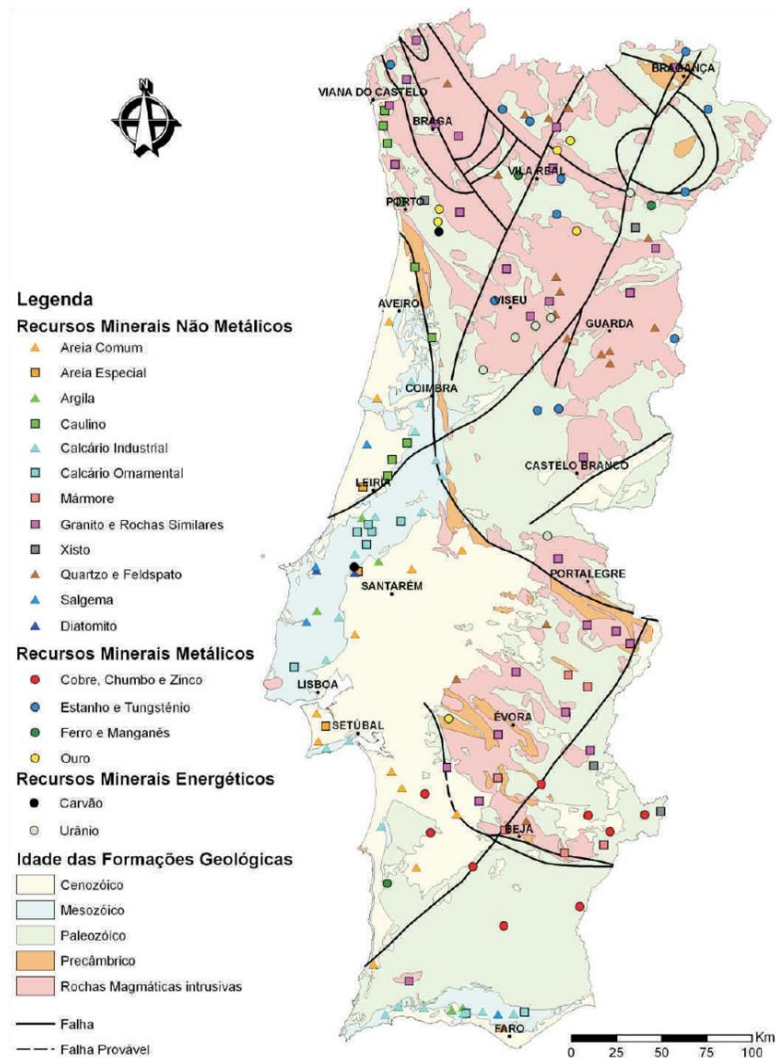


Figura 1- Distribuição dos principais recursos minerais em Portugal

Fonte: LNEG (2021)

Apesar da distribuição geológica ser a base do funcionamento da indústria extrativa, a adesão à UE trouxe fatores determinantes na exploração. Por um lado, a regulamentação mais centrada no ambiente e sustentabilidade, permitiu uma reavaliação das áreas exploradas e na seleção de novos pontos de extração, de forma a contribuir para mitigação de impactes ambientais negativos, o que levou a um abandono de certos locais e à escolha de novas zonas menos sensíveis ambientalmente. Depois, as novas tecnologias permitiram uma maior precisão na identificação de locais aptos a explorar e que não prejudiquem o ambiente e as comunidades locais.

A adesão de Portugal à UE foi um dos pontos marcantes na evolução da indústria extrativa, sendo que entre o período de 1990 e 2022, houve um aumento no valor produção global da indústria extrativa de Portugal Continental, passou de 537 milhões de euros para 1 181 milhões de euros, até 2010, correspondendo a uma taxa de crescimento de 119%, seguido de decréscimo até 2015 e novamente um aumento até aos 1 308 milhões de euros em 2022 (Gráfico 1). Ao analisar a evolução do valor de produção por setores, existe uma predominância dos minerais metálicos e dos industriais e agregados, representando cerca de 70% entre 1990 e 1995. A partir de 2000 até 2005, os minerais industriais e agregados passaram a representar a principal força no valor da produção mineira nacional. De 2010 até à atualidade, os minerais metálicos aumentaram a sua relevância relativamente aos outros setores, com valores acima dos 35%, no qual se destaca cobre, chumbo, zinco, volfrâmio e cada vez mais o lítio, sendo estes minerais cada vez mais importantes na transição energética global e desenvolvimento de novas tecnologias.

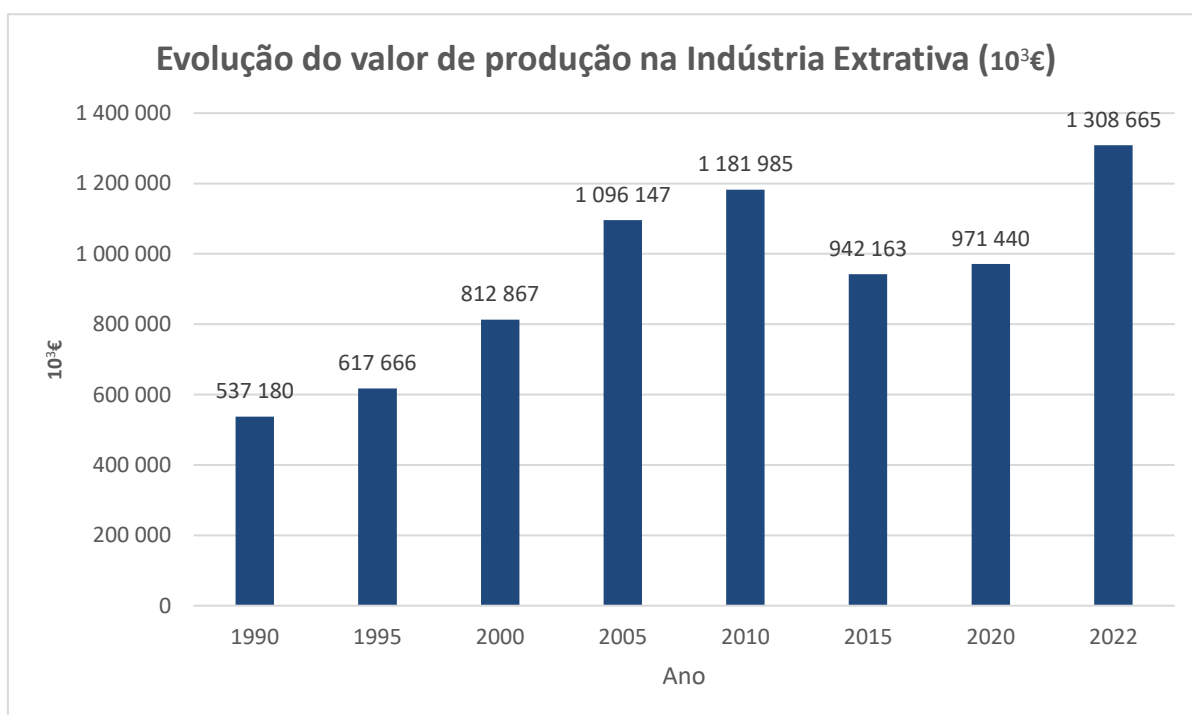


Gráfico 1- Evolução do valor de produção na Indústria Extrativa (10³€)

Fonte de dados: DGEG

Tabela 1- Evolução do valor de produção por tipo de recurso mineral na indústria extrativa

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
Minerais Metálicos (10³€)	207 757	198 251	103 814	309 522	427 604	407 034	357 260	562 131
Rochas Ornamentais (10³€)	103 727	99 965	152 230	166 336	176 228	165 957	171 966	174 792
Minerais industriais e agregados (10³€)	169 222	203 414	377 633	387 330	326 071	192 707	246 773	293 689
Águas Minerais e de Nascente (10³€)	56 474	116 036	179 190	232 959	252 082	176 465	195 441	278 054
Total	537 180	617 666	812 867	1 096 147	1 181 985	942 163	971 440	1 308 666
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2022	2022
Minérios Metálicos (%)	38,7	32,1	12,8	28,2	36,2	43,2	36,8	43,0
Rochas Ornamentais (%)	19,3	16,2	18,7	15,2	14,9	17,6	17,7	13,4
Minerais industriais e agregados (%)	31,5	32,9	46,5	35,3	27,6	20,5	25,4	22,4
Águas Minerais e de Nascente (%)	10,5	18,8	22,0	21,3	21,3	18,7	20,1	21,2
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Fonte de dados: DGEG

Em oposição à evolução do valor de produção, a produção em si da indústria extrativa em Portugal sofreu de forma geral uma quebra. Até 2005, foi possível verificar um aumento no total de toneladas extraídas, mas até 2015 deu-se um decréscimo acentuado, seguido novamente de um aumento em 2020 e 2022. Esta discrepância entre o valor e a produção tem vários fatores, como o aumento dos preços das matérias-primas e a exploração de recursos com maior valor de mercado, como também a maior eficiência na extração através de novas tecnologias.

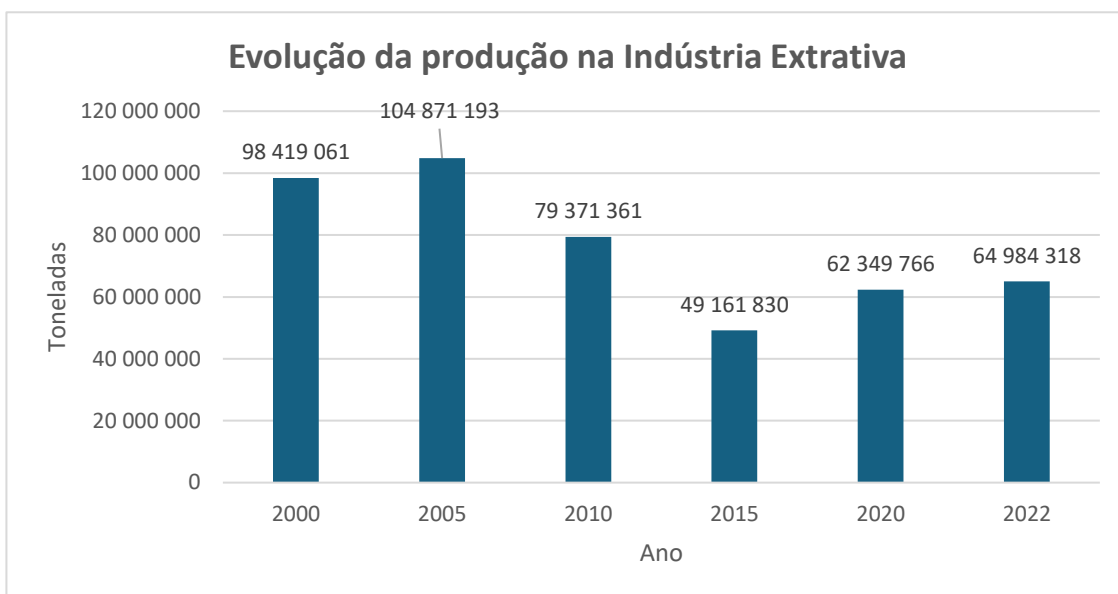


Gráfico 2- Evolução da produção na Indústria Extrativa

Fonte de dados: DGEG

No gráfico seguinte encontra-se uma análise da estrutura da importação e da exportação entre 2000 e 2021, na indústria extrativa portuguesa. No período em análise, verifica-se que apenas em 2000 as importações têm maior destaque face às exportações, mantendo oscilações de valores entre os 300 e 400 milhões de euros, sendo que em 2021 registou o valor mais baixo desde 2000. O valor das exportações tem registado um constante crescimento, tendo alcançado em 2021 os 1 152 milhões de euros. Esta realidade deve-se em parte ao importante valor comercial de alguns recursos extraídos em Portugal, principalmente o mármore, granito e mais recentemente o lítio.

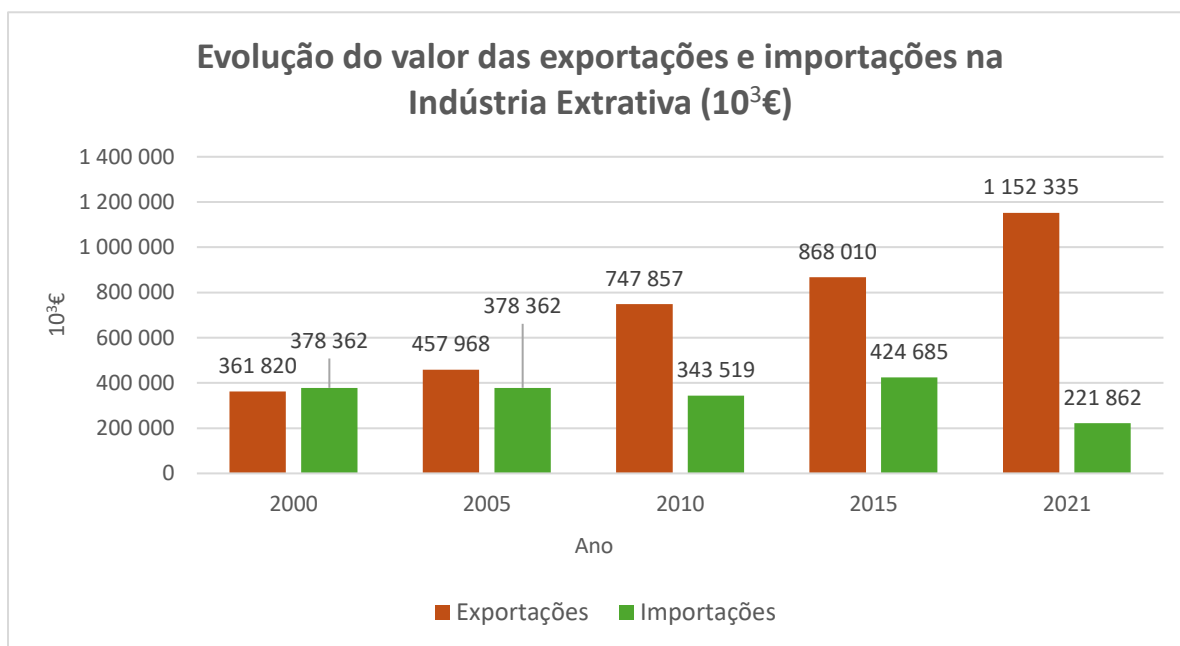


Gráfico 3- Evolução do valor da exportações e importações na Indústria Extrativa em Portugal

Fonte de dados: DGEG

I.2. Desafios e oportunidades

O desenvolvimento da indústria extrativa enquanto setor económico, depende da disponibilidade dos recursos existentes para exploração. Segundo Mateus (2008)

“O desenvolvimento de qualquer comunidade biológica depende da disponibilidade e consumo de recursos naturais, isto é, das várias formas de provimento livremente oferecidas pelo Planeta (incluindo produtos de eco-serviços). Deste consumo resultam, obrigatoriamente, impactes ambientais diversos que, dependendo das suas características, perturbam de forma distinta os balanços críticos que se estabelecem entre vários sistemas terrestres, acabando, mais tarde ou mais cedo, por se tornar compatíveis com novos estádios evolutivos desses mesmos sistemas.” (p.9)

Esta visão sobre o desenvolvimento da indústria mineira, encontra-se cada vez mais em destaque, no qual os pensamentos ambientais e sociais não estão apenas relacionados às consequências que esta indústria tem para a saúde humana, mas sim no equilíbrio ambiental e o uso racional dos recursos, partindo da ideia de um desenvolvimento sustentável associado

às explorações mineiras. Deste modo, existe um conjunto de desafios impostos nesta indústria, face aos impactes ambientais e sociais, mas também às oportunidades associadas, como o uso da tecnologia.

No que diz respeito aos desafios, estes têm um enorme impacto na atual evolução da indústria extrativa e tomam principalmente em consideração os desafios ambientais e sociais.

Durante muitos anos, a preocupação ambiental na atividade mineira foi relegada para segundo plano, no qual a única visão desta atividade era o benefício económico e o aproveitamento dos recursos pela sociedade. A introdução da consciência ambiental e sustentável passaram a assumir um papel de relevância, quando se começou a perceber os impactes negativos que se estava a causar no território.

As alterações causadas pelas explorações mineiras causam impactes negativos tanto a nível físico, paisagístico e químico, provocando degradação ambiental. A nível físico, a alteração do solo contribui para a perda da biodiversidade presente nos locais, no qual se instalam novos pontos de exploração, principalmente a nível de vegetação, aumentando a desflorestação e conseqüentemente o risco de erosão dos solos mais sensíveis. Estas alterações físicas causam igualmente efeitos na paisagem, com a alteração da topografia, criando quer crateras, nas quais se faz a extração de recursos, como também de escombrelas, com a acumulação de resíduos, contribuindo, e assim a nível da degradação estética da paisagem, resultado da falta de gestão associada às áreas exploradas. Nesta vertente, os impactes químicos da exploração mineira estão associados a riscos nas águas superficiais e subterrâneas, causadas pelo escoamento, alterando a qualidade das águas, como também pela drenagem ácida das minas.

Estes impactes geram desafios relacionados quer com a exploração *per si* das minas, como também como consequência posterior, na fase de recuperação da paisagem e do ambiente que sofreu com alterações desta indústria.

A nível dos impactes sociais, a existência de conflitos socioambientais envolvendo as populações locais, em áreas no qual se encontram este tipo de explorações mineiras é comum, quer pelas alterações associadas ao território e por vezes a pré-existências em locais no qual se implementa novas minas, como efeitos no ambiente, que causam consequências na saúde das populações locais.

Como maior desafio atual associado a esta indústria, existe dependência excessiva da sociedade deste tipo de recursos, que com o tempo, encontra-se cada vez mais presente a exaustão das jazidas disponíveis e uma falta de oferta face à procura das mesmas, e assim uma necessidade de encontrar novos locais economicamente viáveis para explorar, mas que também se enquadram neste maior pensamento sustentável de exploração.

De forma a colmatar os desafios associados à indústria mineira, surgem cada vez mais oportunidades que pretendem desenvolver este setor e ditar de que forma será o seu crescimento futuro. Apesar de existir por vezes uma descrença e reputação negativa associada às explorações mineiras e às consequências que a mesma gera, por outro lado também se acredita que o conceito de sustentabilidade envolvido na indústria mineira poderá ter medidas precipitadas e que não se coadunam com o setor. Contudo, como refere Mateus e Martins (2019), *“a sustentabilidade não é mais do que um processo abrangente de mudança”* (p.110), ou seja, a transição para uma indústria mineira mais sustentável e com um pensamento ambiental mais preponderante, surge como uma oportunidade face aos impactes ambientais causados pela exploração mineira, como referido anteriormente. Esta transição, importa realçar, tem de ser pensada mantendo a premissa de criação de riqueza para o setor, passando por pontos como a aposta numa economia circular, relevante principalmente na acumulação dos resíduos, numa maior transição e foco para minerais energéticos, acompanhando a economia verde e tentando resolver a questão da falta de recursos e locais de exploração, e assim focar numa melhor seletividade em áreas mais produtivas e vantajosas a serem exploradas. Para acompanhar esta transição, temos igualmente como oportunidade a inovação tecnológica, aliada a um maior investimento no conhecimento científico, que por um lado trouxe novas técnicas e equipamentos mais modernos, que permitem um melhor desempenho na extração de recursos, como também nas fases seguintes de tratamento e transformação da matéria-prima. Estes avanços admitem uma melhor produção e competitividade, assim como uma maior monitorização e reabilitação de áreas exploradas, suportando as metas da indústria mineira, aliadas com a importância do ambiente e da sustentabilidade. É nesta vertente que os SIG e a deteção remota vão contribuir para o setor, no qual será abordado mais à frente. Por último, igualmente como oportunidade, o apoio regulamentar, que é a chave a nível da estratégia e política. A regulamentação contribui com diretrizes que permitem que exista um equilíbrio entre a

exploração e a proteção do ambiente, e a sua competitividade enquanto setor. Por um lado, se a sua implementação impõe limites para que a exploração mineira não ultrapasse as medidas legais, por outro incentiva a práticas sustentáveis e adoção de maior tecnologia, como investimento nesta indústria.

Em Portugal destaca-se a Lei de Base do regime jurídico da revelação e do aproveitamento dos recursos geológicos existentes no território nacional, que para além do seu objetivo presente no nome da lei *“regula ainda a qualificação como recursos geológicos dos bens que apresentem relevância geológica, mineira ou educativa, com vista à sua proteção ou aproveitamento”*(Lei n.º 54/2015 de 22 de junho, 2015), sendo deste modo um instrumento em Portugal que garante cada vez uma proteção ambiental e equilíbrio na exploração de recursos geológicos.

Existe igualmente o Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030 (PNEC 2030),

“que constitui o principal instrumento de política energética e climática nacional para a próxima década rumo a um futuro neutro em carbono (...)assenta assim nos seguintes objetivos: i) descarbonizar a economia nacional; ii) dar prioridade à eficiência energética; iii) reforçar a aposta nas energias renováveis e reduzir a dependência energética do País; iv) garantir a segurança de abastecimento; v) promover a mobilidade sustentável; vi) promover uma agricultura e floresta sustentáveis e potenciar o sequestro de carbono; vii) desenvolver uma indústria inovadora e competitiva; e viii) garantir uma transição justa, democrática e coesa” (Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2020, 2020, p.1).

que com base na transição energética, apoia a uma indústria mineira mais focada nos recursos mais estratégicos, e minerais energéticos.

Capítulo II - Os SIG e Detecção Remota na gestão mineira

A indústria mineira, como já enunciado, enfrenta desafios que são cada vez mais superados através de oportunidades como a inovação tecnológica. É neste contexto que os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e a Detecção Remota se apresentam como tecnologias modernas, que revelam vantagens para a modernização do setor mineiro, principalmente pela sua capacidade de análise territorial e espacial, integrando dados em tempo real. Estas ferramentas de ponta oferecem uma abordagem holística para operações de mineração, desde a seleção e exploração de um local até a monitorização da segurança e gestão ambiental (SATPALDA, 2023). Como tal, neste capítulo pretende-se abordar os SIG e Detecção Remota de forma geral, de modo a perceber a sua mais recente evolução e contribuições, e como se têm destacado na indústria mineira, e por fim, alguns exemplos da sua utilização.

I.1. Definição de SIG

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), segundo Caeiro (2012),

“podem definir-se como um sistema composto por hardware, software e um ambiente institucional que permitem capturar, armazenar, verificar, integrar, sobrepor, manipular, analisar e visualizar dados referenciados geograficamente, funcionando como uma ferramenta de apoio à resolução de problemas geográficos. Envolve uma base de dados espacialmente referenciada e um software próprio.” (p.4).

Estas componentes que integram um SIG, devem atuar e ser geridas com igual importância, se não, o sistema não funcionará (Machado, 2000).



Figura 2- Composição de um SIG

Fonte: Geoaplicada (2024)

Este tipo de sistemas parte da Ciência da Informação Geográfica, que corresponde a um dos domínios da ciência da informação, mas no qual o seu foco é a informação geográfica. Deste modo, a sua forma de operar é através das técnicas, métodos e abordagens associadas ao SIG. (Caeiro, 2012).

A representação dos territórios e daquilo que observamos ao nosso redor, faz parte da história da evolução do ser humano, no qual o meio geográfico e o conhecimento do mesmo, desempenhou um papel de relevância para o desenvolvimento da sociedade. Esta vontade de representar o território fez surgir a cartografia como arte e da conceção e uso de cartas e mapas. A evolução dos SIG enquanto tecnologia, surgiu, da arte da cartografia e da sua combinação com sistemas computacionais, derivado da necessidade em se conseguir representar os territórios conhecidos e da sobreposição de mapas para uma melhor análise espacial.

Os SIG tornaram-se bastante poderosos face aos métodos tradicionais, pela sua multidisciplinaridade. Primeiramente, o seu uso surge como resolução de projetos das mais variadas áreas, desde agrícola, ambiental, planeamento urbano, cadastro, mineral e até ao uso pelo simples indivíduo. Por um lado, a integração numa única base de dados, de um conjunto de dados geográficos e dos seus respetivos atributos, provenientes de diversas fontes, permitem o acesso a informações atualizadas, um ponto chave cada vez mais relevante numa sociedade tecnológica. Essa combinação facilita a sobreposição de dados, permitindo análises complexas de informação, e contribuir para a análise de padrões espaciais. Depois disso, surge outro especto, que é a capacidade de visualizar, manusear e produzir os dados, com base nos dados armazenados, conforme o projeto no qual será usado,

e deste modo formular alternativas e contribuir para a tomada de decisão. Como tal, estes aspetos referidos anteriormente, os SIG dão suporte à possível monitorização das mudanças quer em tempo real, quer ao longo do tempo, dos vários fenómenos que sucedem no território, podendo servir diferentes objetivos e utilizadores.

A história dos SIG passou por várias fases desde o seu surgimento na década de 70, por uma fase de implementação e inovação, seguido de comercialização e por fim fase de exploração, tendo surgido principalmente nos EUA e Canadá. Em Portugal, a sua origem remonta igualmente à mesma década, no qual surgem os primeiros contactos com estes sistemas, mas *“o maior impacte deu-se através da criação do Sistema Nacional de Informação Geográfica (SNIG) em 1986”* (Painho e Curvelo, 2008). O SNIG é a *“Infraestrutura Nacional de Informação Geográfica” que permite o registo e a pesquisa de dados e de serviços de dados geográficos produzidos por entidades públicas e privadas em Portugal. (...)*” (SNIG,2024), tendo sido desenvolvida pelo Centro Nacional de Informação Geográfica (CNIG). O desenvolvimento desta plataforma foi um passo importante no acesso à informação geográfica, como forma de seguir os princípios e normas estabelecidos pela Diretiva INSPIRE, que *“determina que a informação geográfica proveniente de diferentes fontes, deve poder ser combinada de forma transparente, através da Europa, e partilhada por diversos utilizadores e aplicações sob condições que não restrinjam o seu uso generalizado”* (SNIG,2024). Apesar do destaque desta plataforma, em Portugal cada vez mais existem diversas entidades produtoras de informação geográfica, contribuindo para o acesso aos dados geográficos.

I.1.1. Os SIG na gestão mineira

O desenvolvimento dos SIG enquanto tecnologia tem se verificado essencial à gestão de recursos do planeta, destacando-se o seu papel para os recursos minerais e para a evolução da indústria mineira, em todas as suas fases, *“desde a pesquisa e prospeção, até ao fecho da mina, afigura-se, como uma área onde os SIG têm marcado uma presença indiscutivelmente benéfica ao longo dos últimos anos”* (Chissingui, 2010, p. 46).

Como foi referido no subcapítulo anterior, as ferramentas de SIG possuem um conjunto vasto de contribuições, sendo que o desenvolvimento da indústria mineira é um processo complexo que não pode ser desenvolvido sem o uso de informação geográfica e por sua vez de SIG. Existe uma complexidade de dados, como a necessidade de tomar um conjunto

de decisões, desde os locais para exploração de recursos, monitorizar a extração e analisar os impactos gerados, levando a cada vez mais empresas e entidades a recorrer a tecnologias como SIG.

Primeiramente, o processo das explorações mineiras contempla várias fases, começando por se conhecer o território e localizar potenciais áreas para exploração, no qual o recurso a imagens satélites e conseqüentemente ao uso da Detecção Remota, permitem fazer levantamento no terreno de dados. Estes dados em conjunto com dados das próprias entidades e outras fontes organizacionais, permite integrar numa base, dados geológicos, geofísicos, geoquímicos, entre outros, que vão dar apoio dos SIG em todo o processo extrativo. Para além da integração da informação sobre o terreno e que vai permitir avaliar a sua potencialidade para ser explorado, irá permitir cruzar com informação geográfica num SIG, das infraestruturas existentes e necessárias, como todas condicionantes em seu redor, desde áreas protegidas ou urbanas.

Durante toda a fase de exploração e operação, os SIG permitem analisar camadas de informação geográfica, através dos dados do terreno importados, sendo que estes podem ser manipulados, transformados e usados, para analisar em tempo real e ao longo do tempo as transformações que a exploração está a causar no território, como também a integração de dados de recursos explorados, podendo ser analisados em mapas e 3D, através da análise espacial. A integração destes dados contribui na tomada de decisão pelas entidades pois *“as funções SIG baseadas num banco de dados espacial e visualização 3D também podem ser utilizadas para gerir os dados da mina e tomar decisões que aumentem a qualidade das operações da mina tornando-as mais eficazes,”* (Barata, 2022, p. 33). Este tipo de informação integrada num SIG permite igualmente fornecer dados reais sobre as características dos solos a serem explorados e a evolução da área que está a ser extraída, contribuindo para identificação de possíveis áreas de riscos, quer geológico, quer mesmo ambiental, desde possíveis deslizamentos e movimentos do solo, contaminação da água ou solo. Depois, numa fase posterior à exploração, os SIG contribuem para a monitorização das áreas exploradas e integração de dados, para se proceder a planos de reabilitação destas e suas envolventes. Permite igualmente mapear áreas de depósito de resíduos, contribuindo para avaliação os impactes ambientais causados pela extração de recursos.

Apesar de todos os benefícios da utilização de ferramentas como SIG, como tudo, existem algumas desvantagens. Em 2022, Wambo referiu que o custo associado à utilização desta tecnologia é uma das principais desvantagens, quer pelo equipamento como pela necessidade de ter de existir uma atualização constante dos dados, de forma a estes serem os mais reais e atualizados possíveis. Existe também a possibilidade de existirem erros geográficos, quanto maior for a escala a ser trabalhada, podendo afetar os resultados. Por fim, a necessidade de não existir um conhecimento prévio de SIG pode dificultar a utilização deste tipo de ferramenta.

I.1.2. Exemplos de Aplicação na exploração mineira

O uso dos SIG tem obtido um crescimento, comprovando que esta tecnologia cada vez mais funciona como solução para diversas áreas, destacando-se neste caso o setor mineiro. Em Portugal existem organizações que utilizam os SIG como tecnologia com inúmeros benefícios. Destaca-se a DGEG, como a principal entidade pública responsável pela “a conceção, promoção e avaliação das políticas relativas à energia e aos recursos geológicos, numa ótica do desenvolvimento sustentável e de garantia da segurança do abastecimento” (DGEG,2024). A nível do domínio da utilização de SIG, apresentam um conjunto de missões desde gerir a base de dados geográficos e de todo o cadastro geográfico de todos os recursos, como pedidos, concessões de massas minerais, centrais solares, depósitos minerais, entre outros. Garante também, como toda a estrutura de informação geográfica para ser disponibilizada em visualizadores e *websig* para os cidadãos usufruírem, assegurando através de SIG a criação, manutenção e oferta de metadados e serviços para descarregar e visualizar dados, seguindo a norma da Diretiva INSPIRE. A DGEG possui um visualizador de mapas com informação geográfica de várias temáticas de Energia e Geologia, que vai manter-se regularmente atualizada. Deste modo, o uso de SIG por esta entidade contribui para a indústria mineira promover acessibilidade a informação de recursos minerais e aos mesmo tempo, ser possível cruzar com outras informações relevantes.

Igualmente em Portugal podemos destacar o LNEG, é o laboratório do Estado que tem como principal objetivo impulsionar e realizar ações de investigação, como também de demonstração e transferência de conhecimento, nos domínios da energia e geologia (GOV,2024). No que diz respeito ao seu uso dos SIG, o LNEG possui um Geoportal com

informação georreferenciada relacionada com as diferentes temáticas, incluindo dados abertos, com informação de recursos minerais, energéticos, como de cartografia geológica e hidrogeológica, como também visualizador 2D,3D e de observação da terra que permite explorar um conjunto de dados espaciais e geográficas sobre energia e geologia.

A nível internacional, distingue-se a ESRI pelo seu foco como uma das empresas líderes no desenvolvimento dos SIG, apresenta inúmeras ferramentas e softwares, como o *ArcGIS* que contribuem para várias áreas e no qual se destaca a indústria mineira, em todas as fases do processo. Na fase de exploração, o uso dos SIG permite o compartilhamento de informações sobre as explorações minerais nas várias tecnologias ESRI, integrando dados numa só plataforma, como também para a recolha em campo de dados, sendo algo essencial para o sucesso da exploração. O software *ArcGIS* permite o mapeamento e análise de dados para tomar decisões e reduzir possíveis riscos nas explorações. Na fase da operação, a ESRI permite a otimização das operações mineiras em tempo contínuo, podendo gerir estas operações quer seja presença na exploração como fora dele, sendo que o uso de ferramentas *ArcGIS* permite capturar dados de campo e monitorizar toda a infraestrutura da mina. Destacam-se algumas operações como possíveis detonações de locais de furo em campo, monitorizar todo o percurso de transporte de material como a gestão de resíduos. Na fase de gestão ambiental e de segurança, o *ArcGIS* permite gerir dados, com registos contínuos com elementos essenciais para detetar padrões ambientais, e de segurança e assim identificar possíveis potenciais problemas que surjam. Deste modo, a ESRI enquanto empresa e com a atualização constante das suas ferramentas, ajudam a otimizar todo o processo de exploração e extração de recursos.

I.2. Definição de Deteção Remota

Para além dos Sistemas de Informação Geográfica referidos como tecnologia, que cada vez tem maior destaque em diversas áreas e em concreto na indústria mineira, destacamos igualmente a Deteção Remota (DR). Esta corresponde à área científica que engloba as ferramentas e métodos que permitem a aquisição de informação sobre determinados objetos ou fenómenos, sem entrar em contacto direto com estes. No contexto específico das Geociências, os métodos de DR mais utilizados têm como objeto de estudo os

fenómenos naturais ou de origem antrópica que ocorrem na superfície terrestre (ou próximo dela), nos oceanos e na atmosfera (Khorram et al., 2012).

Na deteção remota, a principal fonte de informação corresponde à radiação eletromagnética, ou REM, que equivale a *“uma forma de energia que é transferida num certo período de tempo, de um ponto para o outro”* (Sousa & Silva, 2011, p. 4). Deste modo, o conjunto das várias formas de radiação, constituem o espectro magnético, que representa a *“distribuição da intensidade da radiação eletromagnética em todo o seu intervalo, com relação ao seu comprimento de onda ou frequência”* (Sousa & Silva, 2011, p. 6). O espectro eletromagnético encontra-se dividido em várias regiões, correspondentes aos raios gama, raios x, ultravioleta, visível, infravermelho, micro-ondas e ondas-rádio. Em deteção remota, apenas algumas partes do espectro são utilizadas, sendo neste caso o visível, infravermelho e micro-ondas (apesar deste último apenas ser usado pela tecnologia de radar por sensores ativos) isto *“devido ao fenómeno de absorção, em que a energia eletromagnética é convertida noutra forma de energia por interação com matéria”*(Matos, 2011, p. 219) A estas regiões do espectro utilizadas em DR, no qual a absorção atmosférica tem uma transmissividade é mais elevada, são apelidadas de janelas atmosféricas.

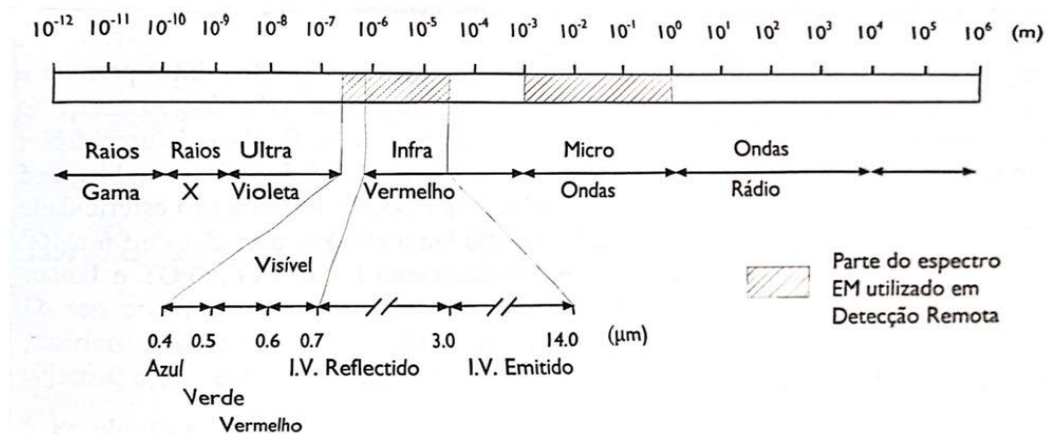


Figura 3- Espectro magnético de deteção remota

Fonte: (Matos, 2011)

Para todo o processo de utilização de técnicas de DR, o primeiro requisito refere que é necessário existir uma fonte de energia ou iluminação que fornece energia eletromagnética ao alvo. De seguida, existe uma interação da radiação que foi emitida pela fonte de energia com a atmosfera, desde o percurso até ao alvo e deste para o sensor. Esta radiação que foi refletida poderá interagir com o alvo, dependendo das características deste. Este alvo irá

refletir radiação, que contém informação que irá ser recolhida e armazenada por um sensor colocado numa plataforma em orbita. Toda a informação recolhida pelo sensor irá ser transmitida e processada para uma estação de receção de dados, e estes serão convertidos em imagens. A imagem gerada irá ser interpretada e analisada, de forma a se extrair informações sobre o alvo, podendo as mesmas servirem como resolução de alguma questão no território.

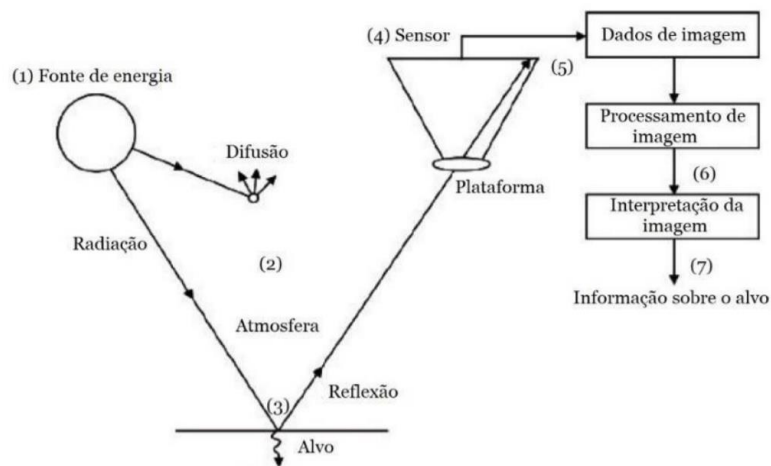


Figura 4- Componentes do processo de detecção remota

Fonte: (Adaptado de Konecny, 2014)

Como já foi referido, os sensores são essenciais para o processo de Detecção Remota, pois é o dispositivo que capta radiações referentes a porções do espectro eletromagnético, refletidas ou emitidas por objetos dispostos sobre a superfície terrestre e que tem a capacidade de converter aquelas radiações num sinal numérico (Matos, 2008). Existem dois tipos de classificação dada aos sensores, conforme o seu modo de operação e características espectrais, sendo os ativos ou passivos. Os sensores ativos possuem a sua própria fonte de energia, transmitindo radiação para a superfície que está a ser analisada, sendo esta refletida e registada no sensor, logo a sua vantagem não requer condições externas para o seu desenvolvimento. Por sua vez, os sensores passivos apenas podem ser utilizados quando existe luz emitida pelo sol. Quando uns diversos sensores numa plataforma para as diferentes bandas do espectro eletromagnético, o conjunto de imagens desenvolvidas pelo sensor - imagem multiespectral.

Uma das principais características que distinguem os sensores é a sua resolução, pode ser definida como a medida de capacidade que um sensor tem de distinguir entre sinais

próximos, do ponto de vista espacial, ou similares, do ponto de vista espectral. Num sensor é possível destacar quatro tipos de resolução: temporal, radiométrica, espectral e espacial.

A resolução temporal diz respeito ao período entre sucessivas observações realizadas a um determinado local, dependendo do tempo que leva uma plataforma ou satélite a concretizar um ciclo orbital completo. Isto permite comparar algumas características espectrais de locais ao longo do tempo e comparar imagens multiespectrais de períodos distintos, permitindo que a deteção remota capacite a monitorização da paisagem.

A resolução radiométrica por sua vez é a capacidade que um determinado sensor tem em diferenciar variações de energia, isto é, de medir a diferença de intensidade nas diferentes bandas, sendo que quanto maior esta resolução, maior a sensibilidade que o sensor tem em detetar pequenas diferenças na energia refletida ou emitida. Esta resolução é por norma expressa em número de dígitos binários (bits) e corresponde ao número de tons de cinza que se distinguem entre preto e branco.

A resolução espectral corresponde ao número e largura das bandas espectrais que são detetadas por um sensor, sendo que quanto mais alta for a resolução espectral, mais estreitas são as bandas, o que leva ao sensor a conseguir distinguir menores características espectrais. Existem três classificações para os sensores: os podem ser pancromáticos, pois usam apenas uma banda larga no visível, e que criam imagens a preto e branco; os multiespectrais, que registam energia que diferentes faixas de comprimento de onda no espectro e que permitem representar diferentes cores e ainda os sensores hiper espectrais, que detetam centenas de bandas espectrais em algumas faixas do espectro.

Por fim, a resolução espacial que se refere ao nível de detalhe que um sensor tem ao capturar uma imagem, isto é, o tamanho mínimo que permite distinguir os objetos. Esta resolução depende do campo de visão instantânea do sensor (*IFOV – Instantaneous Field Of View*), que se refere como um cone angular de visibilidade de um sensor, sendo tanto maior quanto menor for o IFOV. Numa imagem, a unidade de comprimento é o pixel, sendo que uma imagem possui vários pixels. Logo, quanto maior a resolução espacial, menor o tamanho do pixel e maior é o pormenor visível.

Para os sensores, é necessário um suporte no qual os mesmos estão instalados, isto é, uma plataforma, sendo que estas são por norma veículos móveis que se diferenciam pela

velocidade a que se deslocam e pela altitude a que operam, podendo ser helicópteros, aviões, veículos aéreos não tripulados e satélites (Manuel, 2015). Estas plataformas são consideradas aéreas, sendo que os sensores são colocados em aviões que recolhem informação sobre uma determinada área ou então são colocadas em satélites, que recolhem imagens por meio de deteção remota e que são lançados pelo homem e encontram-se em órbita no espaço, no qual se encontram a totalidade de satélites usados em deteção remota para a observação de toda a superfície terrestre. Também é possível haver plataformas terrestres, mas no qual os sensores estão relativamente perto do objeto observado. Atualmente existe um programa de satélites de deteção remota, existindo diversos sensores em órbita. O programa que mais se distingue é o *Landsat*, o mais antigo programa de observação da Terra com sensores orbitais, sendo que o seu primeiro satélite foi lançado em 1972 e atualmente encontra-se no ativo o Landsat 8 e 9, com o último lançado em 2021. O primeiro satélite, neste caso o Landsat 1, iniciou o programa de uso do sensor *Multispectral Scanner System* (MSS) e *Return Beam Vidicon* (RBV), sendo que o 2 e 3 usaram os mesmos instrumentos, mas com melhorias. Já o Landsat 4 e 5, lançados em 1982 e 1984, respetivamente, introduziram o *Thematic Mapper* (TM), com mais bandas e melhor resolução espacial. O Landsat 6 veio equipado com o sensor *Enhanced Thematic Mapper* (ETM) e o 7 por si o *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+), com uma resolução espacial de 30 metros multiespectral e de 15m em pancromático. (Manuel, 2015). Por fim, o Landsat 8 e 9 acrescentaram maior número de bandas espectrais, permitindo aprimorar a resolução espacial e obter dados com mais precisão e detalhe, sendo que *“o sucesso do Landsat se deve a diversos fatores, incluindo a combinação de sensores com bandas espectrais adaptadas à observação terrestre, resolução espacial adequada, e boa cobertura aérea”* (Sousa e Silva, 2011, p.32). Outros programas que se destacam igualmente são o satélite *Ikonos*, que foi lançado em 1999, sendo de observação da Terra comercial de alta resolução, captando imagens com 1 m de resolução espacial no modo pancromático e 4 m de resolução espacial no modo multiespectral e ainda o satélite *Quickbird*, lançado em 2001, que *“é de alta precisão que oferece imagens comerciais de alta resolução espacial da Terra. O sistema recolhe dados com 61 centímetros de resolução espacial no pancromático e 2,5 metros no multiespectral em um vasto campo de observação”* (Sousa e Silva, 2011, p.36). Por fim, o *Sentinel*, que corresponde a uma série de satélites lançados pela Agência Espacial Europeia e integrados no Programa Copernicus, que tem como objetivo disponibilizar serviços que permitam o acesso a dados e informação rigorosa e fiável sobre o ambiente, proteção

civil e segurança do cidadão (DGT, 2024). Cada um dos seus satélites apresenta diferentes aplicações e funções, que gera imagens multiespectrais de alta resolução e 13 bandas espectrais. O Sentinel-1 fornece imagens de radar, independentemente qual seja o clima, para monitorização terrestre e oceânica. O Sentinel-2 oferece imagens para monitorizar vegetação, solos, cobertura de água, com imagens de alta resolução. O Sentinel-3 fornece dados de altimetria e mede variáveis da superfície do mar e sua temperatura, como cor do oceano e terra. O Sentinel-4 fornece dados para a monitorização da composição atmosférica e qualidade do ar, tal como o Sentinel-5. Por último, o Sentinel-6 oferece dados de altimetria de precisão para medir a altura da superfície do mar. Do conjunto desses satélites, o mais usado na indústria mineira é o Sentinel-2 pela sua alta resolução e especificidade, relevante em todo o processo de exploração de recursos.

Deste modo, conhecendo todas as características associadas à deteção remota enquanto tecnologia, as suas crescentes inovações têm permitido maior precisão e diversidade de dados, e capacitar nas mais variadas áreas, uma melhor monitorização da superfície terrestre e áreas estudadas, sendo que na indústria mineira e sua gestão tem tido um papel mais preponderante.

I.2.1. Aplicação da deteção remota na gestão mineira

A deteção remota possui uma ampla aplicação nas mais variadas áreas, sendo que a sua influência na indústria mineira é comumente mais utilizada, quer seja na definição das explorações mineiras, à sua gestão contínua e até à avaliação de impacto causado pela extração de recursos, principalmente desde que se começou a utilizar satélites para monitorizar a superfície da terra.

Existem várias aplicações/software de DR que podem ser aplicados na indústria mineira, pois, têm permitido encontrar potenciais locais de exploração e depósitos minerais, através de imagens aéreas recolhidas por satélites de alta resolução, isto porque os minerais refletem, transmitem e espalham uma quantidade de radiação solar única devido à sua composição química e a sua assinatura espectral pode ser definida do espaço, apenas com pequenos comprimentos de ondas eletromagnéticas (Borotkanych, 2022). É neste contexto que imagens hiperespectrais, permitem descobrir estruturas geológicas e depósitos relevantes, com alto potencial mineral e contribuir para o mapeamento geológico do

território e cartografar unidades geológicas, tipos de rocha e litologia, usando composições coloridas de imagens de DR. Através do conhecimento geológico do território, a definição do limite da exploração é essencial e permite avaliar melhor as alterações do território, como as ambientais em áreas de exploração.

As técnicas de detecção remota permitem igualmente gerir as explorações mineiras a céu aberto, já durante o processo de extração de recursos, de diversos modos. Por um lado, a segurança no local e os riscos associados à exploração são elevados, de forma que a detecção remota permite monitorizar em tempo contínuo e antecipar situações de risco. Através de imagens de alta resolução podem ser detetadas alterações na paisagem e na estabilidade das próprias minas, de modo a extrair informação para previsão de cenários de desastre e que identifiquem possíveis situações de colapso de taludes. A integração de dados hiperespectrais podem ser importantes também para detetar possíveis contaminações de solos e recursos hídricos causadas pela atividade mineira.

As explorações mineiras, caso não sejam exploradas de forma consciente e regrada, podem prejudicar o ambiente ecológico, logo a detecção remota permite melhorar a eficiência da gestão mineira, como da restauração ambiental causada pela sua atividade. As minas e as suas envolventes têm presente biodiversidade que é afetada por todo o processo de exploração, destacando a cobertura vegetal, que é alterada, sendo que através das imagens espectrais e mais precisamente pelo Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é possível medir o grau de cobertura vegetal nas minas, e assim saber qual a área vegetal afetada e como está a ser a renaturação após o fecho das minas, pois nem sempre a vegetação que cresce se assemelha à original. Existe também uma monitorização dos solos e das alterações químicas que os mesmos sofrem, através de dados de refletividade e deformação, como da água, permitindo perceber a erosão das águas pluviais e o escoamento nas minas, muitas vezes poluídas pela extração de minerais. Assim, é possível perceber que as técnicas de detecção remota contribuem em todas as fases do processo de extração de recursos, desde a escolha do local com maior potencial até ao pós-exploração e recuperação do local explorado, proporcionando mais segurança, eficiência e menor impacte ambiental.

Atualmente existem algumas ferramentas específicas de detecção remota usadas pela indústria mineira, no qual se destaca cada vez mais os drones, ou também apelidados de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), que têm apresentado um aumento de utilização. O

seu uso permite solucionar de forma mais rápida e económica, o levantamento e recolha de dados de DR, oferecendo enormes vantagens. Segundo Dukowitz (2020), o princípio benefício que os drones trouxeram para a indústria extrativa é a segurança, sendo este considerado uma área com inúmeras situações de risco, principalmente para os trabalhadores destes locais. Destaca-se igualmente a possibilidade de obter informação de milhares de pontos relativamente a uma pedreira através de drones, face aos métodos tradicionais, e assim fornecer informação mais detalhada. Depois é um método mais rápido e de baixo custo, e permite recolher dados em locais de mais difícil acesso e não interfere com as operações em curso, podendo ser usado em todas as fases, desde pesquisa à recuperação paisagística e fecho. Na fase de pesquisa e prospeção, contribuem para a análise geológica e estrutural via DR, analisando as áreas em estudo e recolhendo dados geológicos, que permitem identificar as características do terreno. Na fase de exploração e extração, os drones fazem levantamentos topográficos das minas, o que permite posteriormente elaborar Modelos Digitais de Terreno (MDT) ou outros modelos, para perceber a geometria das minas ou por exemplo o stock. Também é nesta fase que é feita a análise de declives e vertentes, para se estudar possíveis situações de risco, como a monitorização do ambiente, qualidade ar, temperatura, entre outros. Na fase de encerramento e recuperação, os drones contribuem para a monitorização da poluição de solo, água, e para a recuperação ecológica (Santos, 2022).

Como ferramenta evidencia-se também a tecnologia LIDAR, é um método em que é utilizada a luz laser emitida por um sensor colocado num avião e que permite obter uma nuvem de pontos da superfície terrestre (DGT, 2024), permitindo fornecer informação altimétrica do território, logo contribui para mapeamento 3D das minas e suas envolventes. Fora estas ferramentas, os vários satélites já mencionados, contribuem para todo o processo na indústria mineira, desde os Sentinel ao Landsat.

O uso da deteção remota traz inúmeras vantagens na gestão mineira, desde uma maior eficiência no fornecimento de dados e informações que os métodos tradicionais, contribuindo para uma monitorização contínua e em tempo contínuo, sem haver necessidade de presença física nos locais em estudo, como na prevenção e identificação de possíveis locais de risco. Apesar disto, algumas limitações não deixam de impactar o processo de exploração de minas, desde o custo e elevado investimento necessário para utilização de imagens, quer em grande escala como satélites comerciais, como também no uso de drones, que requer

manutenção e treino para ser operacional. Adicionalmente, não deixam de existir limitações técnicas, pela necessidade de melhorar a resolução de alguns satélites utilizados e alguns condicionalismos que afetam a recolha de dados.

1.2.2. Exemplos de aplicação na exploração mineira

A aplicação da deteção remota é cada vez mais recorrente na indústria mineira, sendo que existem exemplos disso em Portugal como projetos europeus. Em Portugal, tal como no recurso ao SIG, também o LNEG tem um importante papel no uso de DR, devido à sua colaboração com várias redes de investigação de deteção remota, utilizando dados capturados em plataformas aerotransportadas ou então de satélite (LNEG, 2024). Este fornece a nível da deteção remota no seu geoportal, informação de imagens obtidas por aeronaves não tripuladas (VANT/drones), permitindo visualizar imagens obtidas, áreas mineiras ou de interesse geológico, sendo as imagens especificamente ortomosaicos, modelos digitais de terreno (MDT), modelos digitais de superfície (MDS) como informações derivadas. É possível observar também através do Sentinel-2, a análise multivariada de um conjunto de imagens multiespectrais, com três bandas com a informação principal e ainda os Índices mineralógicos de Portugal Continental, que representam a predominância de diferentes minerais com contrastes que podem apoiar a discriminação litológica. Este geoportal fornece igualmente um visualizador de observação da terra, que permite explorar imagens Landsat e Sentinel-2 e permitindo evidenciar características específicas em função da gama espectral selecionada e operações realizadas, e explorar em várias temáticas, como é o caso da geologia.



Figura 5- Geoportal do LNEG com componentes de Deteção Remota

Fonte: LNEG, 2024

Outro exemplo de projeto que teve por base o Programa Copernicus, foi o MINEO, financiado pela UE entre 2000 e 2003.

“The project MINEO aims at developing Earth Observation (EO) based methods and tools for assessing and updating environmental status and impact in European mining areas. Furthermore it will develop their integration into Geographic Information Systems tools and models for further use in the environmental management decision-aiding process.” (Copernicus, 2024)

Como tal, este projeto baseia-se no uso de imagens hiperespectrais para a observação da Terra, que fornecem inúmeros dados para a indústria mineira, essenciais para processos de decisão e permite desenvolver ferramentas importantes para monitorar riscos em locais de exploração. Este projeto consiste para além do levantamento de imagens hiperespectrais, o estudo ambiental de zonas de minas e mapeamento de impactos ambientais, e compilação de dados que podem ser inseridos em SIG.

Mais recentemente, foi lançado em 2020 um projeto igualmente financiado pela UE, apelidado de *GoldenEye*, que consistiu na criação de uma plataforma inteligente que cruza a inteligência artificial com dados de drones e satélites para analisar e monitorizar áreas de exploração mineira. Esta plataforma faz a integração da informação de alta resolução recolhida pelos satélites, drones e sensores, essencial para empresas e clientes que queiram extrair informação sobre locais de exploração. É vantajoso pelo seu uso nas diferentes fases de ciclo de uma exploração e por uma maior otimização e segurança nas minas.

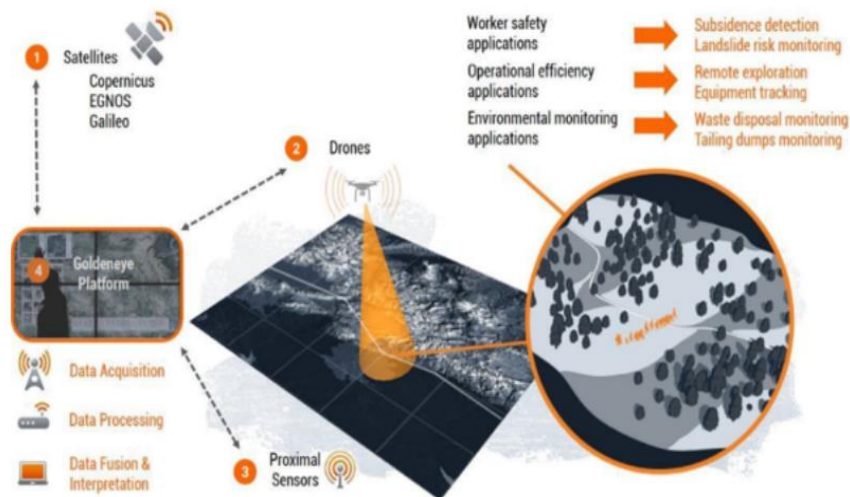


Figura 6- Esquema do projeto GoldenEye

Fonte: GoldenEye

I.3. Contribuição dos SIG e Detecção Remota no Ordenamento do Território

O ordenamento do território e suas políticas apresentam uma enorme relevância para a organização de todo o meio que nos envolve, sendo que a sua base se encontra orientada para o desenvolvimento sustentável, assente em três pilares essenciais: o desenvolvimento económico, o social e a proteção ambiental. É neste cenário, que o ordenamento do território e a gestão da indústria mineira se cruzam, não apenas pelo facto da indústria extrativa afetar a preservação do meio ambiente, como contrariamente pela necessidade dos planos territoriais puderem salvaguardar os recursos geológicos, assegurando a sua disponibilização à sociedade (Falé et al., 2006). Sendo o território um recurso, que necessita de organização e planeamento, é neste contexto que se percebe que a indústria mineira, igualmente compete pelo local que lhe vai dar os recursos que necessita, logo pelo espaço do território. Como tal, o ordenamento do território através das suas políticas e instrumentos de gestão territorial, define as áreas adequadas para serem exploradas sem colocar em causa a envolvente, gerindo os riscos, infraestruturas e o apoio em todo o processo de extração de recursos. Neste enquadramento, as tecnologias como os SIG e a deteção remota podem contribuir positivamente para o ordenamento do território.

Os SIG enquanto ferramenta, têm permitido servir como uma plataforma flexível no processo de planeamento territorial, quer na análise, recolha e tratamento de informação geográfica, sendo que atualmente é muito difícil desenvolver um plano de ordenamento sem

recurso a SIG, pela sua relevância na conceção e gestão de OT, principalmente na tomada de decisão, como no acesso do público à informação. Em todo o processo de planeamento os SIG contribuem para as diferentes fases, desde a fase preliminar de identificação de um problema no território e dos objetivos para este, na criação de alternativas para o resolver, avaliar qual a melhor alternativa e na monitorização de aplicação no plano.

A informação geográfica encontra-se num crescimento constante, que está a transformar todo o ordenamento do território, permitindo um maior contacto com a informação de forma digital no que refere ao planeamento territorial e mais precisamente aos IGT. Este reforço vem igualmente do Decreto Regulamentar n.º 10/2009 de 29 de maio, no qual se refere no artº6 nº2 “A informação gráfica e alfanumérica que integra o conteúdo dos instrumentos de gestão territorial é, sempre que possível, estruturada em sistema de informação geográfica.” Ou seja, cada vez os planos de ordenamento podem beneficiar esta informação para implementar todo o conteúdo em SIG, o que permitirá uma consulta mais fácil de informação (Marques, 2009).

As conjugações da implementação de SIG com os Instrumentos de Gestão territorial têm permitido que exista mais informação geográfica, esta que se revela também com melhor qualidade, logo que mais informação em formato digital pode ser consultada. Também existem mais softwares e equipamentos de utilização por parte de técnicos de planeamento territorial, quer seja com base na internet, quer seja ferramentas móveis. No planeamento urbano e rural das categorias de espaço, na definição de infraestruturas, gestão de riscos e condicionantes, os SIG permitem ter uma base de dados estruturada sobre os territórios. Uma das novas funcionalidades dos territórios que permitem ao ordenamento do território possuir uma maior gestão e acessibilidade interativa com os planos territoriais é o desenvolvimento de *WebSIG*. Esta ferramenta permite disponibilizar informação em formato vetorial ou raster, possibilitando o acesso à informação desde dados de caracterização territorial, imagens de satélite, redes de infraestruturas e hidrográficas, e mais particularmente, planos de ordenamento territorial (Koklaj et al., 2006). Isto garante que exista uma forma mais interativa e não estática de recorrer à informação geográfica e contribuir para o acesso mais interessante para a participação pública por parte da população.

Apesar destas evoluções, algumas limitações que sobressaem deste apoio dos SIG no Ordenamento do Território, passam pelos custos de aquisição e manutenção destas

ferramentas, como a falta de atualização de dados dos projetos SIG, alocado a uma necessidade em adaptar e formar técnicos que trabalhem com estas tecnologias.

Em referência à contribuição da detecção remota no ordenamento do território, o seu papel tal como em SIG, é cada vez mais recorrente a sua afirmação por oferecer uma visão mais abrangente e contínua da superfície terrestre. Uma das vertentes em que mais coopera é a de identificar o uso e ocupação do solo e identificar as várias áreas do território, contribuindo para se perceber a situação existente de uma área. Nesta vertente, sobressai a Carta de Uso e Ocupação de solo (COS) que corresponde à cartografia de referência face ao uso do solo, no qual mais recentemente foi criada uma versão apelidada Carta de Ocupação do Solo Conjuntural (COSc) que é um “produto raster anual com pixels de 10 metros que representa 15 classes temáticas com base em classificação automática de imagens de satélite Sentinel-2 e outros dados auxiliares com algoritmos de Inteligência Artificial” (DGT, 2024). Esta versão ao contrário da COS, que é construída com base em SIG e fotointerpretação, e que oferece um grande apoio no ordenamento do território, é obtida por técnicas de detecção remota.

Como já fora referido, estas tecnologias têm cada vez mais relevância no contexto da indústria mineira, como complementos dos planos e instrumentos territoriais, e permitem fornecer dados com maior atualização e maior escala e sem dúvida, por lado facilita o apoio da tomada de decisão pelos técnicos, como permitem à população ter maior interação com a informação para os seus territórios. Deste modo, estas ferramentas permitem integrar a atividade extrativa nos modelos de ordenamento e contribuir para a sua gestão.

Capítulo III – Estudo de Caso – Zona dos Mármoreos

III.1. Enquadramento Geográfico

A Zona dos Mármoreos (ZOM) ou Triângulo dos Mármoreos pelo qual também é apelidado, corresponde a uma área no Anticlinal de Estremoz, abrangendo principalmente este município, tal como Borba e Vila Viçosa, pertencentes à região do Alentejo e ao distrito de Évora. É conhecida por ser a maior jazida de mármoreos em Portugal, reconhecida a nível nacional e internacional, uma vez que a exploração desta rocha ocorre desde a Antiguidade Moderna. Possui uma estrutura de forma elíptica, de cerca de 40km de extensão por 7 km de largura, e a sua localização conforme as coordenadas geográficas é de 38º 44'N e 38º 51'W de latitude e uma longitude de 7º 23'W e 7º 36'W. A nível de altitude, as cotas variam entre os 300m e os 500 m, sendo os 400 m a cota com maior frequência.

A nível de acessibilidades é atravessada por várias vias principais, desde a A6 que faz ligação Lisboa-Elvas, a Estrada Nacional 4, como também a nova Variante EM 255. Em 2018, a tragédia ocorrida na EM 255 em Borba, levou à derrocada desta via, uma das principais importantes nesta zona.

A nível cultural e patrimonial, apresenta um enorme destaque na construção de diversos monumentos históricos nestes municípios, como se destaca o Paço Ducal de Vila Viçosa, como outros palácios, igrejas e até habitações.

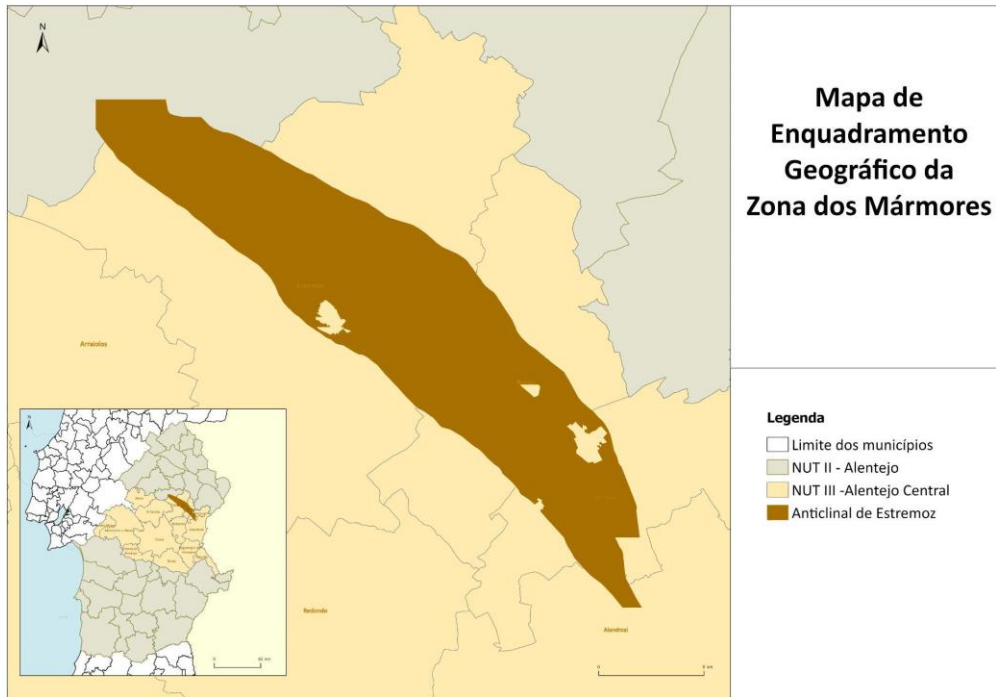


Figura 7- Mapa de Enquadramento Geográfico da zona dos Mármore

Fonte: Elaboração Própria

III.2. Enquadramento Geológico

Numa vertente geológica, e como já referido, a Zona dos Mármore é afetada por uma estrutura geológica, do Anticlinal de Estremoz, que se encontra orientado na direção NW-SE. Esta estrutura é definida pela “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” (Lopes, 2019-2020, p. 63). O seu conjunto corresponde a uma subunidade tectonoestratigrafia do setor Estremoz - Barrancos, inserida numa das principais unidades tectonoestratigrafica europeias, a Zona de Ossa-Morena, desenvolvida durante o Período Devónico e Carbónico. No que refere à tectónica da ZOM, o Anticlinal resulta de duas fases de deformação devido à Orogenia Hercínica, sendo que a primeira fase se formou dobras isoclinais, recumbentes orientadas no sentido N-S e pelo desenvolvimento e xistosidade na estratificação. A segunda fase, durante o Carbónico Superior, levou ao dobramento de dobras no sentido NW-S, sendo considerada por um carácter mais frágil e responsável pelas dobras com planos axiais subverticais, tal como a clivagem de crenulação nos xistos e de fratura nos mármore.

Ao longo do anticlinal, ocorreu uma segmentação bastante acentuada no sentido NNW-SSE, a sua 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 descontinuidades estruturais nem sempre se refletem em descontinuidades litológicas” (DGEG, 2019-2020, p. 72)

As sobreposições destas duas fases apresentam características que podem ser observadas no terreno, sendo que a conjugação das falhas é responsável pela segmentação na estrutura dos blocos, e pela oferta diversificada de mármore com características texturais diferentes (Martins et al., n.d)

No que diz respeito à estratigrafia, existem várias formações geológicas no Anticlinal. Da base para o topo, temos inicialmente a Formação das Marés, um núcleo pré-Câmbrico, do Proterozóico Superior, construído por xistos negros e arenitos, chertes e grauvaques (Saldanha et. al, 2011). De seguida, dispõe de uma a Formação Dolomita, do Câmbrico-inferior, do qual fazem parte arcoses, metavulcanitos ácidos e básicos, como calcários dolomíticos e calcíticos, sendo no topo desta formação que ocorre um horizonte silicioso descontínuo, mineralizado por sulfuretos (Lopes, 2007). Na unidade superior, encontra-se o Complexo Vulcano-sedimentar-carbonato de Estremoz (CVSCE), a unidade mais produtiva de mármore, pois é nela que se formam mármore de grande variedade, desde xistificados e dolomitizados, com cores a variar entre branco, creme, rosa e cinzento. No complexo, consegue-se perceber as irregularidades na espessura e forma das estruturas, devido à erosão dos calcários, originando morfologias cársticas. Face a esta formação ainda existe alguma discordância sobre a sua idade concreta, entre Câmbrico ou Ordovícico. Existe ainda xistos com intercalações de liditos e xistos grafitosos da Formação dos Xistos com Nódulos e Xistos com Liditos do Silúrico, com xistos mais recentes, desde luzentes, esverdeados, negros e liditos. Os mármore mais escuros, pertencem são níveis superiores, sendo os mais recentes, aflorando no flanco SW. Acabam por ser no CVSCE que se encontram os mármore de cor

branco ou creme, e aqueles com mais raridade como os rosas, no qual se destaca a “Marinela”, sendo uma rocha brecha hidráulica.

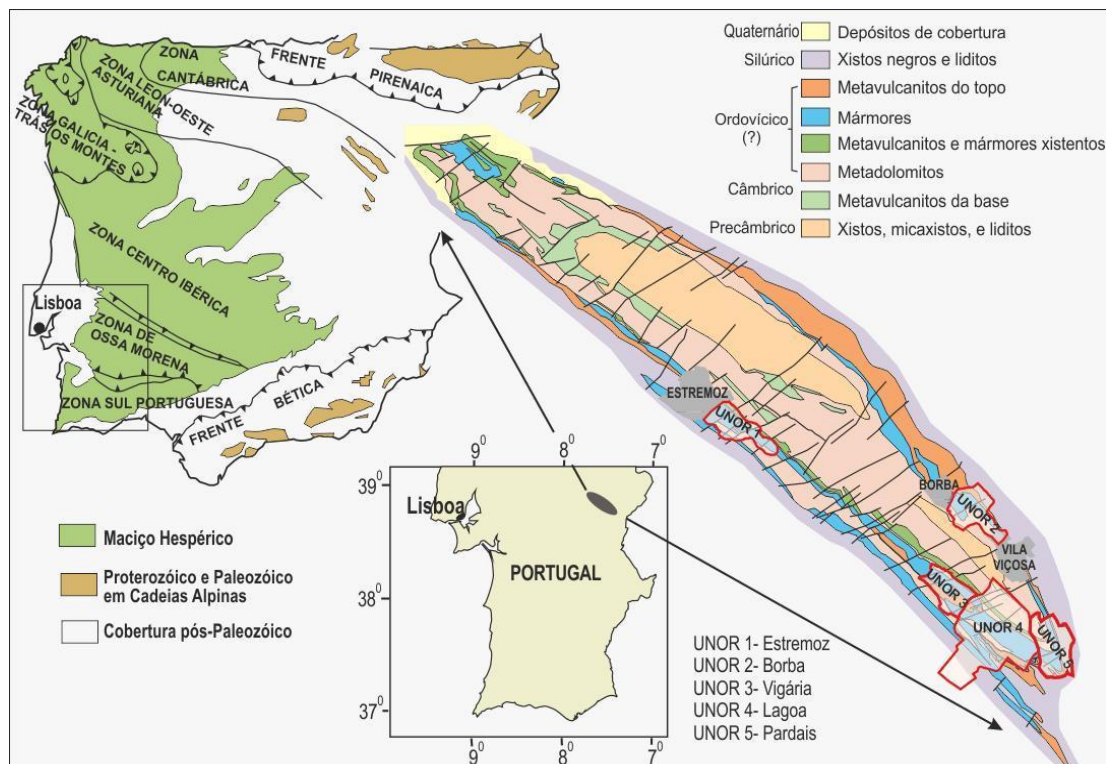


Figura 8- O Anticlinal de Estremoz.

Fonte: Instituto Geológico e Mineiro, 1997.

III.3. Enquadramento Legal

Do ponto de vista do seu enquadramento legal e jurídico, as pedreiras da zona dos mármore seguem um conjunto de diretrizes e decretos gerais que se aplicam de forma geral em todo o país. De entre os vários decretos-leis do qual as pedreiras desta zona se têm que reger, destaca-se:

- **Decreto Lei nº270/2001, de 6 de outubro, alterado pelo Decreto-Lei nº340/2007**, que aprova o regime jurídico da pesquisa e exploração de massas minerais (pedreiras) - estes recursos geológicos, não se integram no Domínio Público, podendo ser propriedades privadas, tinha como objetivo na primeira definição da lei, definir para o processo de licenciamento e fiscalização das pedreiras, normas que garantam que as explorações seguem a lei e que cumprem os valores ambientais. A sua alteração deveu-se à revelação que a normas eram demasiado exigentes para um universo tão vasto e com características tão distintas como são as pedreiras, e isto

permitiu um maior foco na valorização económica conjugada com uma maior proteção ambiental.

- **Decreto-Lei n.º 54/2015, de 22 de junho** - corresponde à Lei de Bases do regime jurídico da revelação e do aproveitamento dos recursos geológicos existentes no território nacional, incluindo os localizados no espaço marítimo nacional, que tem como objetivo definir princípios para uma melhor gestão e exploração sustentável dos recursos geológicos, valorizando o seu uso racional, sustentável, com uma visão de proteção ambiental e pensamento no ordenamento do território e nas comunidades locais.

- **Decreto-Lei n.º 31/2013, de 22 de fevereiro** - aprovou o Regime jurídico a que está sujeita a gestão de resíduos das explorações de depósitos minerais e de massas minerais. Sendo que surgem no decorrer da atividade extrativa, um conjunto vasto de resíduos, é necessário existir legislação que garanta a gestão segura e sustentável dos mesmos, minimizando impactos ambientais e na própria saúde pública.

- **Decreto-Lei n.º 152-B/2017, de 11 de dezembro** - altera o regime jurídico da avaliação de impacte ambiental (AIA) dos projetos públicos e privados suscetíveis de produzirem efeitos significativos no ambiente, garantido as normas corretas para as AIA no qual as explorações de pedreiras estão sujeitas a ter.

- **Resolução do Conselho de Ministros n.º 50/2019** - esta lei aprovou o Plano de Intervenção nas Pedreiras em Situação Crítica, com maior ênfase na Zona dos Mármore, pois foi publicada após a derrocada parcial da EM 255 entre Borba e Vila Viçosa, no decorrer da atividade mineira, e veio reforçar “a necessidade de apurar a situação real das pedreiras existentes em todo o território continental, a fim de permitir a avaliação da necessidade de intervenção, tendo sempre como objetivo essencial a proteção de pessoas e bens e do ambiente.” (Resolução do Conselho de Ministros n.º 50/2019)

- **Portaria n.º 441/90 de 15 de junho** - esta lei foi essencial para o estudo de caso, pois aprovou a como cativa a área para a exploração de mármore na região de Estremoz-Borba-Vila Viçosa.

No que diz respeito às principais obrigações e competências necessárias para se proceder à exploração de recursos em pedreiras, primeiramente é necessário um parecer favorável de localização. Este parecer pode ser atribuído pelas Comissões de coordenação e desenvolvimento regional (CCDR) ou pelo Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF), quando as pedreiras se situem fora de áreas classificadas ou das áreas cativas, ou ainda em espaços não previstos para esse fim no PDM. Quando as mesmas tiverem em áreas cativas ou espaços classificados no PDM, é da responsabilidade da Câmara Municipal (DGEG, 2019).

O parecer de localização permite a aquisição de pedreiras, e para tal existem dois tipos de licença: licença de pesquisa (ou prospeção) e a licença de exploração. a primeira é atribuída pela Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), tem como principal objetivo permitir que o explorador efetue estudos e trabalhos sobre o dimensionamento, as características e a avaliação de interesse económico da massa mineral, antes de proceder à exploração (DGEG, nd.) A segunda, é atribuída pela Câmara Municipal, para pedreiras de classe 3 ou 4 ou que estejam fora da área cativa e pela DGEG, para pedreiras de classe 1 e 2. Esta licença permite que o explorador explore as pedreiras, com o objetivo de extrair massa mineral, de acordo com o plano de pedreira. Deste modo, é necessário apresentar um conjunto de documentos administrativos e técnicos à entidade licenciadora.

O explorador é igualmente responsável por ter um plano de pedreira aprovado pelas entidades competentes, sendo composto pelo plano de lavra e pelo Plano de Recuperação Ambiental e Paisagística (PARP). O Plano de Lavra é um documento técnico que contém a descrição de todo o procedimento de exploração desde o desmonte, sistema de extração, transportes, abastecimento de água, energia e materiais, o sistema de segurança, tendo aprovação sempre pela DGEG. O PARP corresponde a um documento técnico com as medidas ambientais para a recuperação paisagística e pela proposta após o encerramento da pedreira, com aprovação das CCDR ou ICNF, se for em área classificada (DGEG, 2019).

III.4 Zona dos Mármore no contexto nacional da indústria mineira

A valorização de uma região passa muitas vezes pelo usufruto de recursos que esta oferece, contribuindo para a sua relevância económica, estratégica e produtiva. O destaque dos mármore alentejanos deve-se essencialmente pela sua enorme qualidade e beleza

estética, das mais diversificadas características e padrões. A exploração deste recurso remonta à Antiguidade Clássica, até aos dias de hoje, fazendo da Zona dos Mármoreos um dos principais polos de extração de rochas ornamentais do país, com enorme destaque na região do Alentejo. A sua aplicação adapta-se a diversos contextos, sejam ambientais e culturais, desde a construção à arquitetura, das obras de arte até à paisagem urbana (ASSIMAGRA, 2020), destacando-se igualmente pelo seu fator de dinamização tanto para os concelhos no qual se encontram como para toda a região do Alentejo. Como tal, destaca-se pela criação de emprego, investimento que leva a índices elevados de exportação e dinâmica empresarial, como tem beneficiado da inovação tecnológica, tanto para um elevado reconhecimento geológico das suas reservas, como para a extração com menos riscos do mármore. No entanto, alguns fatores como a perda populacional nesta região e o facto de ser uma indústria, que apesar de toda a inovação, ainda é olhada pelo seu trabalho árduo, tem afetado a produtividade da mesma, sendo que no concelho de Borba e Estremoz, esta indústria foi ultrapassada pelo setor da vinha e agropecuário (ASSIMAGRA, 2020).

No contexto da indústria mineira portuguesa, os mármoreos têm uma maior evidência face a outros recursos minerais, mais precisamente comparando com as outras rochas ornamentais exploradas em Portugal. O Gráfico 4 sumariza a produção das principais rochas ornamentais por tonelada, no qual se destaca os mármoreos e calcários, juntamente com o granito ornamental como as rochas mais exploradas na última década e meia, apesar de entre 2010 e 2020, este último se ter destacado sempre. Contudo, existe um grande destaque no último registo, em 2023, na produção de mármoreos e calcários, face a todas as outras rochas, alcançado mais de 5 milhões de toneladas extraídos, concentrando-se toda a produção nacional no concelho de Borba, Estremoz e Vila Viçosa, destacando-se desta forma a extração deste recurso no contexto nacional e do Alentejo.

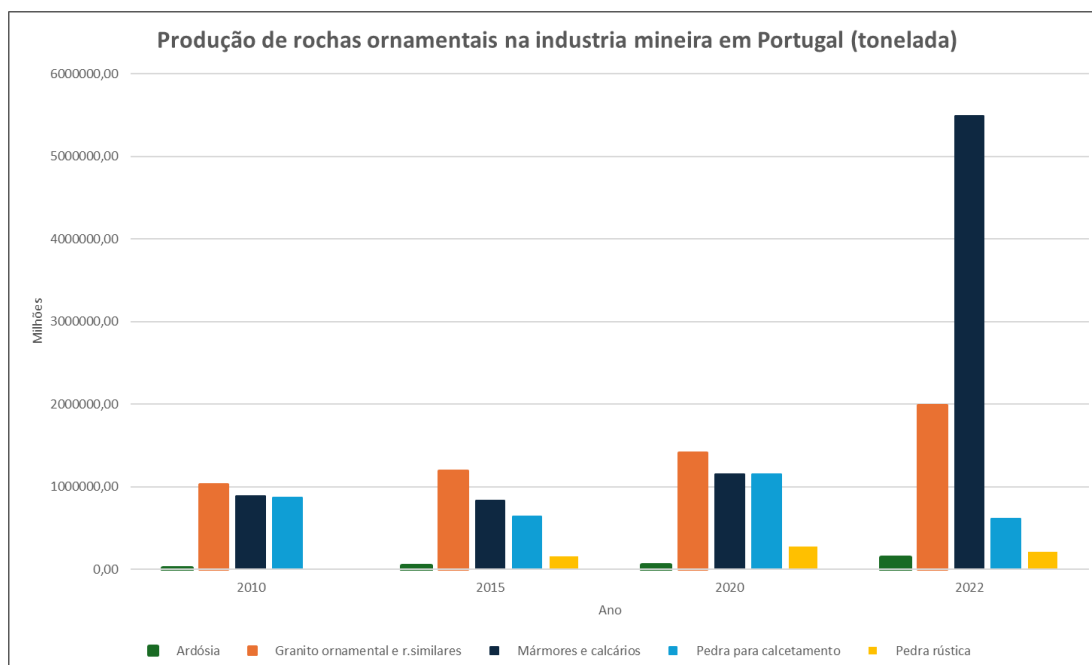


Gráfico 4- Produção de rochas ornamentais na indústria mineira em Portugal (tonelada)

Fonte de dados: DGEG

Na produção nacional de mármore, entre 2005 e 2022, podemos verificar que a maioria é exportada, e tem registado um crescimento, apesar de ter sofrido uma quebra entre 2020 e 2022, fruto da pandemia Covid-19 que afetou a produção e consequentemente as vendas. Por sua vez, a nível das importações, os valores são bastante inferiores, com um decréscimo entre 2005 e 2015 e mais recentemente um aumento entre 2020 e 2022.

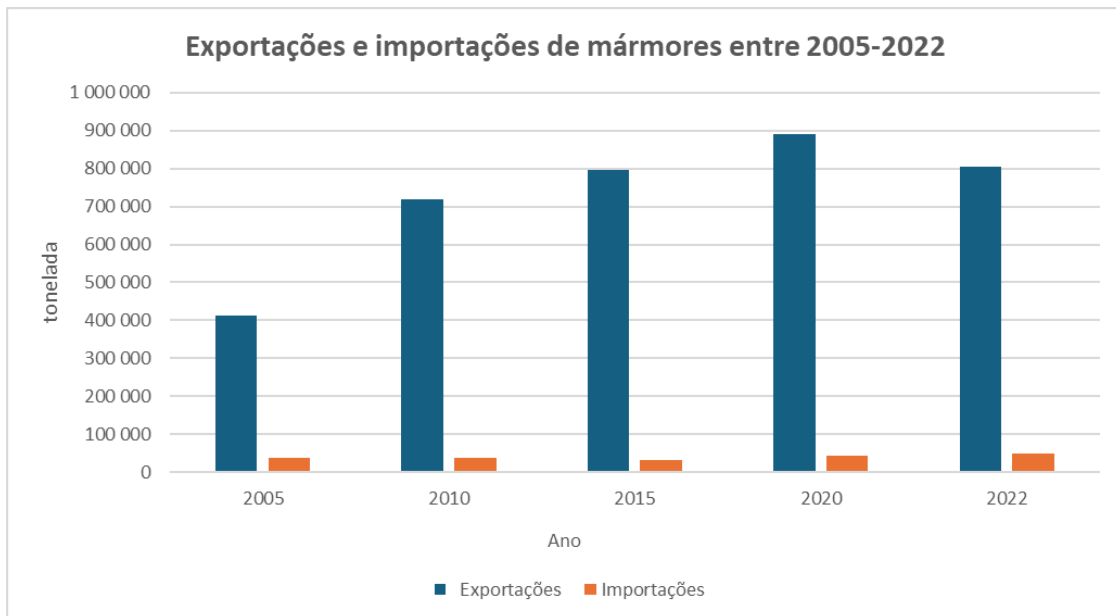


Gráfico 5- Exportações e importações de mármore entre 2005-2022

Fonte de dados: DGEG

A produção e mercado de mármore no Anticlinal de Estremoz, tal como toda a produção e gestão mineira nacional passa por impactos e desafios, mas também pontos de destaque positivos e oportunidades.

Relativamente aos impactos e desafios, um dos principais na ZOM passa pelo abandono de pedreiras. Este desafio gera elevados riscos para a contaminação da água do Aquífero Estremoz-Cano e para a erosão e degradação de solos, sendo que a recuperação das mesmas ainda não é um tipo de projeto com grande implementação em Portugal. Esta questão gera um enorme passivo ambiental, com variadas consequências no território, principalmente pelo seu abandono. Também a dimensão e impacto visual da escombreira, como observamos na Figura 9, causam enormes quantidades de resíduos e material junto às explorações, com enormes consequências visuais e ambientais, e até económicas. A ausência de diretrizes e planos para a gestão de toda esta zona de extração do mármore nos últimos anos, tem originado uma falta de ordenamento do território neste local e dos próprios núcleos de exploração.



Figura 9- Escombreiras no município de Vial Viçosa

Fonte: CECHAP

Apesar disto, como já foi referido, a ZOM apresenta inúmeros pontos positivos, como um mármore de qualidade única no mundo, com diversas tipologias, que tem obtido um aumento de procura internacional, sendo que esta área tem uma imagem própria promocional e de desenvolvimento. Este polo extrativo usufrui igualmente de uma maior margem de crescimento para futuras explorações de pedreiras, logo para dinamizar e investir mais neste setor, mas com uma maior consciência e inovações ambientais e sustentáveis. Algumas oportunidades que se realçam são a oposta de uma exploração mais integrada de colaboração entre pedreiras, favorável a todo o modelo de gestão da ZOM, pois a falta deste fator tem levado a situações como pedreiras com características mais distintas e uma desordenação de escombreiras, sendo que um modelo destes irá proporcionar uma exploração mais sustentada e maior área de pedreiras, com melhores condições de segurança e bens (ASSIMAGRA, n.d). Por sua vez, isto leva a uma recuperação igualmente integrada das pedreiras, determinando várias fases para recuperar a área explorada em conjunto com os resíduos das mesmas. Neste contexto destaca-se igualmente como oportunidades uma maior aposta na economia circular, fruto da maior introdução de inovações ambientais pelas empresas, como também uma maior aposta no reordenamento da rede viária atual, essencial a todo o transporte de recursos extraídos e a aposta no caminho de ferro, sendo resolução de cariz da mobilidade do qual a ZOM carece.

III.5 Ordenamento do território na Zona dos Mármoreos

III.5.1. Evolução das políticas de ordenamento

As políticas de ordenamento do território têm uma história recente, sendo que quando surgiram, em meados da década de 50, a sua definição genérica era de uso do território conforme a sua aptidão. Conforme a evolução destas políticas, a sua visão é cada vez mais pensada num cruzamento do desenvolvimento económico e social com a proteção ambiental e neste caso políticas de desenvolvimento sustentável. Nesta perspetiva, a indústria mineira enquanto setor industrial e económico, de enorme relevância e incremento, tem tentado se compatibilizar com estas políticas ambientais, e cada vez mais se integrando nos planos de ordenamento do território de modo a salvaguardar os recursos geológicos e tentando igualmente assegurar a sua disponibilidade (Falé et al., 2006). A atividade extrativa era realizada sem qualquer restrição e ordenamento, o que causava inúmeros constrangimentos e défice na gestão das explorações, por vezes sem respeitar os restantes usos de solo. Um dos principais programas que veio revolucionar as políticas de ordenamento e que trouxe referências à indústria mineira foi o Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT). Este programa foi aprovado e publicados pela Lei nº 58/2007, de 4 de setembro e teve a sua primeira revisão a com a Lei n.º 99/2019, sendo a base de todos os instrumentos de gestão do território, com os objetivos principais para o desenvolvimento do território e como modelo de organização territorial do país. No PNPOT encontra-se repartido em 5 domínios de intervenção, no domínio natural, é abordado uma medida com foco na indústria mineira, apelidado “Planear e gerir de forma integrada os recursos geológicos e mineiros”. Esta medida visa realçar a relevância que os recursos geológicos têm para Portugal como fator de desenvolvimento, principalmente do ponto de vista económico e para o crescimento da economia nacional como regional. Deste modo, a identificação destes nos Instrumentos de Gestão do Território (IGT) são de enorme relevância para um melhor ordenamento do território como para se compatibilizar com os princípios do desenvolvimento sustentável. Esta medida tem como objetivo realçar a necessidade em existir um melhor conhecimento do potencial geológico e do mapeamento dos recursos geológicos, quer a nível de localização e dimensão, caracterização, e quantificação, de modo a existir uma base de informação destes recursos. Isto permitirá conhecer melhor como estes se distribuem no território e como podem ser ponderados pelos IGT realizados, contribuindo para a tomada de

decisão. Alguns dos efeitos desta medida cingem-se à definição de uma estratégia integrada que abrange todos os recursos, recuperar os passivos incorridos da extração mineira e compatibilizar a atividade mineira com valores ambientais (PNPOT, 2019).

No caso particular da Zona dos Mármore, o maior foco de novas políticas de ordenamento do território parte do PNPOT como base para a elaboração de outros IGT de ordem inferior, com diretrizes mais específicas sobre como são definidas áreas com permissão ou condicionantes para ser explorado o mármore.

Como base nas políticas de ordenamento, também as Servidões e Restrições de Utilidade Pública (SRUP), que correspondem às limitações que existem para o uso, ocupação e transformação do solo e que se pode usar de forma plena. Estas servidões e restrições têm implicações diretas sobre as pedreiras, visto que estas causam situações de desequilíbrios nos territórios dada a proliferação das pedreiras, com efeitos nas envolventes, seguindo legislação específica, do qual se definiu zonas de defesa, isto é, “zonas de terreno que circundam edifícios, obras, instalações, monumentos, acidentes naturais ou locais classificados de interesse científico e paisagístico” (DGOTDU, 2010, p. 49.). Na zona dos mármore estas restrições são de enorme relevância pela proximidade que as pedreiras se encontram dos núcleos urbanos, como de infraestruturas essenciais, como vias, servindo igualmente como elemento orientador para os planos regionais e municipais.

IV.5.2 Instrumentos de Gestão do Território

Como já foi referido, na Zona dos Mármore existem diversos Instrumentos de Gestão do Território com políticas e diretrizes que regulam o uso e ocupação do solo e neste caso como decorre todo o processo de exploração do mármore no Alentejo. Neste caso particular iremos focar no Plano Regional de Ordenamento do Território do Alentejo (PROT-A), no Plano Regional de Ordenamento do Território da Zona dos Mármore (PROZOM) e nos Planos Diretores Municipais de Estremoz, Borba e Vila Viçosa.

- O Plano Regional de Ordenamento do Território do Alentejo foi aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2010, de 2 de agosto, e tendo como base o PNPOT, define as principais diretrizes e estratégias territoriais para o desenvolvimento do Alentejo, como o Modelo de Organização do Território Regional, sendo o seu principal

objetivo estratégico fazer do Alentejo um destino turístico com uma oferta qualificada mas com base nas suas características ambientais, naturais e patrimoniais, mostrando a sua elevada qualidade e identidade enquanto região. Através da definição de linhas de orientação para toda a região alentejana, igualmente traçou estratégias para os recursos geológicos da região e conseqüente para a Zona dos Mármore. Esta área é considerada como um dos eixos de especialização industrial, neste caso, o Eixo das Rochas Ornamentais, pela extração e transformação dos mármore, e pela inovação neste setor, como um dos aspetos relevantes de afirmação regional e nacional. Igualmente na vertente do Sistema de base económica regional, o PROT-A projeta que a Zona dos Mármore deve ter o seu potencial desenvolvido, baseado na sua exploração, transformação e comercialização, como reforçando a sua competitividade. O seu desenvolvimento deve ser traçado com base na proteção e valorização ambiental e de todos os recursos ecológicos, hídricos e agrícolas que os abrangem. Como tal, refere igualmente que o desenvolvimento desta zona deve respeitar o limite da Área Cativa e os seus condicionalismos e que após as explorações, deve se proceder à progressiva recuperação da zona afetada, através da recuperação ambiental e paisagística. Para além disto, o PROT-A perspectiva a criação de um Parque Empresarial Regional da Zona dos Mármore, de modo a reforçar a competitividade deste setor e ter um local central para todas as explorações espalhadas pela região.

O modelo territorial do PROT-A identifica várias zonas dentro da região, no qual se destaca a Zona B - Envolve de Évora pelo desenvolvimento do turismo industrial da Zona dos Mármore, através da criação de percursos geoturísticos pelas pedreiras inativas, numa perspectiva do Alentejo como destino turístico e como património histórico e cultural.

- O Plano Regional de Ordenamento do Território da Zona dos Mármore (PROZOM) foi elaborado segundo a Resolução do Conselho de Ministros nº86/94, mas apenas foi publicado a 8 de Maio de 2002. A sua elaboração teve como principal finalidade promover uma organização territorial da Zona dos Mármore, tentando resolver os problemas gerados pela exploração desmedida desta rocha ornamental, que ponha em causa o valor ambiental e ecológico daquela região e a própria viabilidade económica das pedreiras. Tinha como principais objetivos, segundo a Resolução do Conselho de Ministros nº86/94 (1994):

“a) Garantir a exploração racional do mármore;

b) Proteger e valorizar outros recursos naturais, com especial relevância para os recursos hídricos, solo agrícola e estruturas ecológicas;

c) Reorganizar as redes internas de infraestruturas e acessibilidade e respetiva articulação;

d) Garantir o adequado aproveitamento de desperdícios e subprodutos resultantes da exploração;

e) Fomentar a recuperação progressiva da zona afetada;

f) Definir usos e atividades alternativas mediante um adequado zonamento e estabelecimento de normas de utilização do espaço, em articulação com as propostas municipais de ordenamento do território, conjugando a importância da atividade extrativa com as demais atividades económicas e a valorização ambiental da zona;

g) Impedir a continuação da degradação ambiental dentro da área cativa.”

Este plano também segue um conjunto de normas orientadores do qual se destaca a Definição de áreas a sujeitar a diferentes exigências em termos de minimização de implantes ambientais, em função do grau de sensibilidade ambiental, do qual surgiram as Unidades de Ordenamento (UNOR) - que atualmente são designadas por UOPG pelo PROT-A - que dizem respeito. Cada UNOR abrange um conjunto de pedreiras, com diferentes graus de sensibilidade ambiental, e definidas pela proximidade a valores arqueológicos e ecológicos de relevância, como a zonas urbanas ou infraestruturas relevantes. Cada uma delas necessita de um estudo específico, de modo a estabelecer o seu ordenamento, e com um possível plano mais detalhado (Plano de Pormenor). Existem neste caso 5 UNOR: UNOR 1 (Estremoz); UNOR 2 (Borba/Barro Branco/Ruivina); UNOR 3 (Vigária); UNOR 4 (Lagoa); UNOR 5 (Pardais), sendo que apenas a 2 e 3 tiveram um início de elaboração.

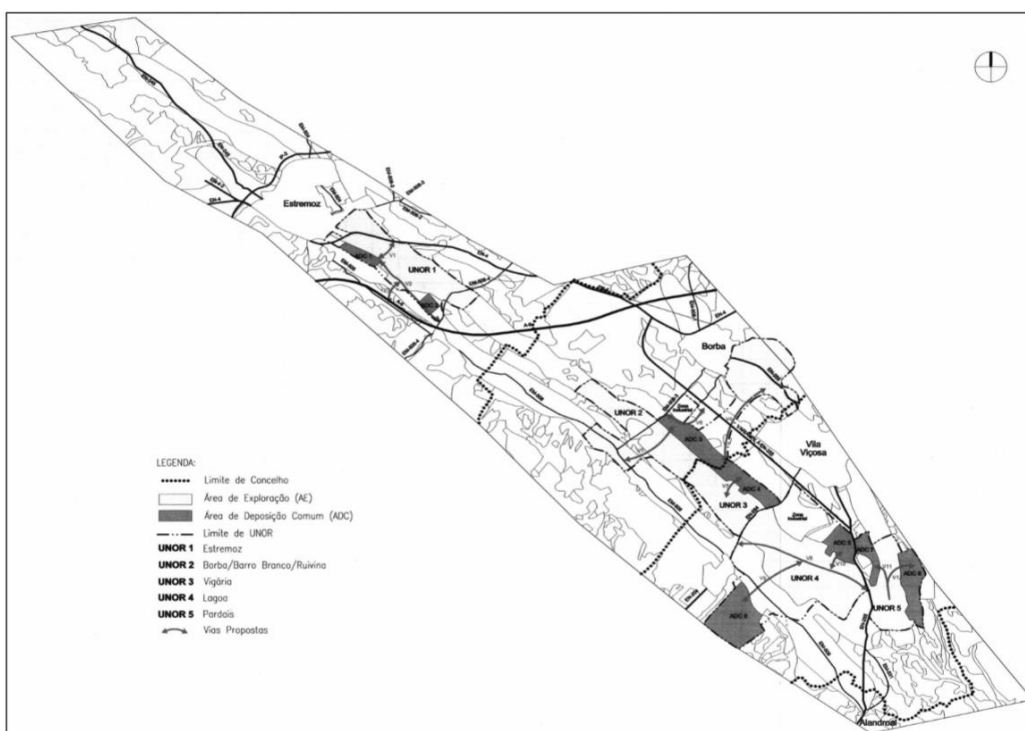


Figura 10- Esquema exemplificativo da organização das unidades de ordenamento

Fonte: Resolução do Conselho de Ministros n.º 93/2002, de 8 de maio

O PROZOM acabou por não atingir os impactos esperados, por algumas medidas não serem tão fáceis de concretizar na prática, e a sua desatualização fez perder relevância, acabando por ser revogado com a elaboração do PROT-A.

No âmbito municipal, iremos abordar os três municípios que abrangem a Zona dos Mármoreos:

- O PDM de Estremoz teve aprovada a sua 1ª revisão em 2015, pelo Aviso n.º 10541/2015. Esta revisão apresenta como uma sua categoria de espaço em solo rústico, os Espaços de Exploração, Prospeção e Pesquisa de Recursos Geológicos, sendo nestes espaços, de acordo segundo o artigo 34º da Secção V do Aviso n.º 10541/2015 (2015):

“1- (...) O desenvolvimento das atividades extrativas na zona dos mármoreos respeita a delimitação estabelecida pela respetiva Área Cativa e os seus condicionalismos, procurando conferir uma gestão e aproveitamento racional dos recursos. (...) 3 — Os espaços afetos à exploração de recursos geológicos do domínio

privado estão integrados na área cativa mencionada no número anterior e é constituída por vários núcleos de extração, correspondendo a zonas onde se verifica uma exploração muito intensa do recurso mármore.”

É igualmente definida uma UOPG 4 - Estremoz Antigo UNOR 1, que corresponde à antiga UNOR 1 definida no PROZOM, que corresponde a todos os núcleos de exploração no município de Estremoz, classificadas com Áreas de Exploração (AE) e a Área de Deposição Comum deste núcleo.

- O PDM de Borba foi publicado em 8 de janeiro de 2008, pelo Edital nº 35/2008 para a sua 1ª Revisão, do qual identificada como uma categoria de espaço de relevância para a ZOM, os Espaços de indústria extrativa, que de acordo o artigo 26º do Capítulo III do Edital nº 35/2008 (2008):

“1 — Os espaços afetos às atividades extrativas (...) incluem as áreas afetas à indústria extrativa, os núcleos de exploração do recurso mármore definidos no Estudo Global da UNOR 2, as áreas de potencial aproveitamento para a indústria extrativa e a área de deposição comum de escombros e outros subprodutos (ADC3) bem como as áreas adjacentes aos núcleos de exploração as quais serão afetas às atividades de apoio às atividades extrativas (...).”

É abordado igualmente quais as restrições nestes núcleos de exploração, como permissão para ações de recuperação paisagística e ambiental das pedreiras abandonadas.

No PDM de Borba foi abordado igualmente o Plano de Pormenor da UNOR 2 - Projeto de Intervenção em Espaço Rural, que foi publicado em Diário da República pelo Aviso nº 3118/2008, de 8 de fevereiro. Este plano foi projetado pelo PROZOM, numas da UNOR, correspondendo a cerca de 870 ha. Os seus principais objetivos passam por gerir o território da UNOR 2 que corresponde a uma área extrativa existente e potencial, tal como uma área de deposição comum e toda a sua estrutura envolvente. Atualmente encontra-se em Suspensão Parcial, com Estabelecimento de Medidas Preventivas

- O PDM de Vila Viçosa possui uma alteração mais recente, com a 4ª alteração em junho de 2024, pelo Aviso n.º 12731/2024/2. Esta alteração apresenta como uma sua categoria de espaço em solo rústico, os Espaços de exploração de recursos energéticos e geológicos, que segundo o artigo 26º do Capítulo III do Aviso n.º 12731/2024/2 (2024):

“1 — Os espaços afetos à exploração de recursos energéticos e geológicos são espaços destinados à exploração mineira, a indústrias extrativas ou complementares. O seu objetivo é o da defesa e aproveitamento dos recursos minerais do subsolo com significativo valor económico para o concelho e incluem as áreas de exploração, as áreas de deposição comum e as áreas de potencial aproveitamento. 2 — Os espaços afetos à exploração de recursos energéticos e geológicos encontram-se delimitados na planta de ordenamento e incluem para além do disposto no n.º 1, a área afeta à UNOR 3 — Vigária, UNOR 4 — Lagoa, UNOR 5 — Pardais.”

No PDM de Vila Viçosa foi abordado igualmente o Plano de Pormenor de Intervenção no Espaço Rural da UNOR 3 - Vigária, que foi publicado em Diário da República pelo Edital 1060/2008, tendo sido projetado pelo PROZOM. Corresponde a uma área de 312 ha, que tal como a UNOR 2, pretende ordenar as áreas de exploração e todo o equilíbrio com os IGT, sempre com o pensamento de salvaguardar o equilíbrio ecológico das explorações.

A implementação do PROZOM, como podemos observar, apenas conseguiu colocar em prática o PIER estabelecido para o município de Borba e Vila Viçosa, daí que este plano não conseguiu implementar em plena eficácia na ZOM. Atualmente os PDM regem-se pelas diretrizes do PROT-A, no qual as estratégias programadas têm em consideração toda a zona de exploração dos mármore, quer numa perspetiva de salvaguardar o valor económico da sua exploração como do ponto de vista ambiental, das consequências da extração.

Capítulo IV - Aplicação das Tecnologias de Informação Geográfica no caso de estudo

IV.1 Objetivo Geral

Esta dissertação procurou elencar os contributos dos SIG e da Deteção Remota na gestão eficiente da indústria mineira em Portugal, como também perceber como estas tecnologias contribuem para os constantes desafios existentes no território, nomeadamente no apoio ao ordenamento do território. Como foi possível perceber, existe cada vez mais contribuição por parte destas ferramentas em todas as fases de processo da exploração mineiras e como tal, decidiu-se implementar uma metodologia focada na aplicação de Tecnologias de Informação Geográfica no caso de estudo, a Zona dos Mármore, que apresenta como objetivo geral contribuir para a gestão e monitorização de forma dinâmica e em tempo real das suas pedreiras e consequentemente para todas as políticas de ordenamento territorial deste zona, sendo que a principal ferramentas a ser utilizada será com recurso ao *ArcGIS Dashboard*, uma plataforma interativa e informativa, suportado por dados trabalhados no *ArcGIS Pro*.

A transição digital da informação e a melhorias das tecnologias utilizadas evidenciam-se cada vez mais importante na organização, partilha e disponibilidade da informação que pode ser acedida e trabalhada, sendo que a informação geográfica em cada vez maior relevância, possibilita o acesso a dados geográficos. Deste modo, o desenvolvimento de um *Dashboard*, irá demonstrar na prática como os SIG podem ter um papel na gestão eficiente da indústria mineira, neste caso na ZOM, como um método interativo que irá permitir visualizar, analisar e explorar dados associados às pedreiras, que irá facilitar o sistema de acesso a informações relevantes destas explorações e contribuir pra gestão mineira desta zona.

Esta plataforma é uma forma que irá complementar os SIG com a gestão mineira e ainda o ordenamento e planeamento do território, sendo uma mais-valia para decisores políticos, técnicos de gestão do território e ainda técnicos da indústria mineira, com informação útil para identificar problemas e decisor ações necessárias nestas explorações.

IV.2 Etapas Metodológicas

O procedimento para a elaboração do *dashboard* das pedreiras da Zona dos Mármorez passou por um conjunto de etapas metodológicas, que se encontram desenvolvidas numa fluxograma de trabalho, exposto na Figura 11. O uso do fluxograma apresenta uma sequência lógica de todos os passos ou etapas elaboradas num processo de trabalho.

A abordagem metodológica adotada como já referido, baseia-se na aplicação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na Zona dos Mármorez, o primeiro passo passou pela aquisição de dados que se pretendiam trabalhar, desde a identificação das fontes no qual se pretendia usar e que tipo de dados, que neste caso foram geográficos (*shapefiles*, *WFS* e *WMS*), que foram retirados quer do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), como da Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), entidades responsáveis por toda a informação nacional de recursos geológicos. Foram também utilizados dados informativos sobre as pedreiras de outras diversas fontes. Sendo uma metodologia com base em SIG, os dados foram trabalhados após a sua recolha recorrendo ao uso do *ArcGIS Pro*, por ser uma aplicação como enorme capacidade de trabalho e processamento de dados. Com os dados e informação recolhida, foram definidos novos indicadores que se pretendiam trabalhar, relacionados com as pedreiras da ZOM, tendo posteriormente estes sido tratados, para além daqueles que já se tinha adquirido. Após todos os dados terem sido trabalhados, a informação foi publicada em *ArcGIS Online*, no qual as simbologias dos indicadores foram definidas em *Web Map*, antes de passarem para o último passo.

Com os dados finais, foi criado no *ArcGIS Dashboard* uma plataforma interativa e informativa, com a informação das pedreiras, quer de forma descritiva ou através de elementos visuais, como mapas, gráficos e indicadores visuais, como também informação extra para além das pedreiras. Esta plataforma foi apelidada de Mapa de Pedreiras da Zona dos Mármorez.

As definições destas etapas seguem uma estrutura lógica para garantir a implementação do *dashboard*. Nos subcapítulos seguintes serão abordados detalhes técnicos mais concretos dos vários passos de toda a metodologia.



Figura 11- Fluxograma das etapas metodológicas no Dashboard

Fonte: Elaboração própria

IV.3 Utilização e desenvolvimento da tecnologia SIG: *ArcGIS Dashboard*

IV.3.1 Levantamento dos Dados

Para o desenvolvimento do *dashboard*, a primeira fase passou pela recolha de informação geográfica da base da plataforma, neste caso das pedreiras. Foram utilizados alguns dados primários que serviram de base para a fase posterior no qual foram tratados. Desta forma, recorreu-se ao Serviço Online da DGEG, pois esta entidade possui toda a matéria de atividade no domínio do SIG na área de geologia, à parte da informação geográfica dos “Depósitos minerais (Minas) e Massas minerais (Pedreiras), no qual se recorreu à utilização do URL do serviço de WFS “Exploração de massas minerais (Pedreiras)”. Um serviço WFS “disponibiliza dados geográficos em formato vetorial, ou seja, a informação é comunicada em forma de vetores e de atributos descritivos de cada vetor” (DGT,n.d), ou seja, foi possível

através do recurso à WFS, obter uma *shapefile* com todas as pedreiras em Portugal (sendo que na fase seguinte, foi tratada a informação para apenas se usar as pedreiras da ZOM).

Para além desta informação, foi possível utilizar informação geográfica do serviço online do LNEG, mais precisamente do geoportal, no qual se proceder ao download da informação geográfica do Geologia dos Núcleos de Exploração de Mármore do Anticlinal de Estremoz, com a *shapefile* sobre Área Cativa, Unidades litológicas e outra informação geológica, as unidades de ordenamento (UNOR), áreas de exploração e ainda as pedreiras e escombreliras. Apesar desta entidade também possuir informação das pedreiras, foi usada para o *dashboard* a *shapefile* da DGEG, por ser uma versão mais atualizada, sendo a restante informação usada como base para as etapas até à *dashboard* final.

No contexto da elaboração do *dashboard* e visto que se desejava que a informação deste sobre as pedreiras fosse o mais completo possível, analisou-se que informação de base sobre as pedreiras possuía na sua tabela de atributos, através do uso da plataforma de visualização de mapas da DGEG, que permitia ver igualmente o WFS inicial, antes de se proceder ao tratamento da informação sobre as mesmas. Como atributos iniciais eram:

- Número do Cadastro;
- Denominação;
- Titular;
- Situação;
- Classe;
- Rocha;
- Tipo de produto.

Como tal, definiu-se que para a elaboração do *dashboard* era necessário cruzar mais dados com a *shapefile* das pedreiras, de forma a ter a ter informação mais detalhada, de modo a estruturar um SIG mais robusto para análise das pedreiras, quer do ponto de vista ambiental, de ordenamento do território como de ordenamento do território e regulamentação.

Por fim, foi igualmente retirado do site da DGT, a Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP), que corresponde à informação geográfica referem-te às áreas das freguesias, municípios, distritos e país.

IV.3.2 Uso da tecnologia *ArcGIS Pro*: tratamento e organização dos dados

Na fase de tratamento e organização dos dados recolhidos, uma das principais ferramentas no qual os dados foram trabalhados, analisados e posteriormente publicados foi através do *ArcGIS Pro*. Esta aplicação SIG corresponde a uma versão de substituição do *software ArcMap*, desenvolvida para desktop pela ESRI, com a sua primeira versão de 2015. O *ArcGIS Pro* apresenta inúmeras vantagens e inovações face à sua versão anterior: por um lado permite num só projeto utilizar vários mapas e vários layouts, mais rápido e com melhor eficiência, com edição mais fácil, podendo os dados sempre ser aptos a editar, a integração de 3D e outros formatos e ainda uma ligação mais próxima a ferramentas como *ArcGIS online* ou *Enterprise* (ESRI, 2020), segundo esta última uma vantagem para a construção do *dashboard*.

Para o uso desta tecnologia, inicialmente criou-se um projeto apelidado “Zona dos Mármore_Pedreiras”, no qual foi definido um sistema de coordenadas em ETRS 1989 Portugal TM06, apesar dos dados já se encontrarem neste sistema de coordenadas. De seguida foram carregados os dados na aplicação referentes às pedreiras, UNOR, unidades geológicas, escombrelas, área cativa e ainda da CAOP, sendo que a *shapefile* das pedreiras foi a única que foi manuseada e editada para o projeto final, sendo que as restantes serviram de base ao projeto.

No que diz respeito ao tratamento de dados, inicialmente procedeu-se à seleção da *shapefile* das pedreiras, para selecionar as que apenas correspondem à Zona dos Mármore, através de um *Select by Location*, entre as pedreiras e a área cativa que abrange a ZOM (Figura 12).

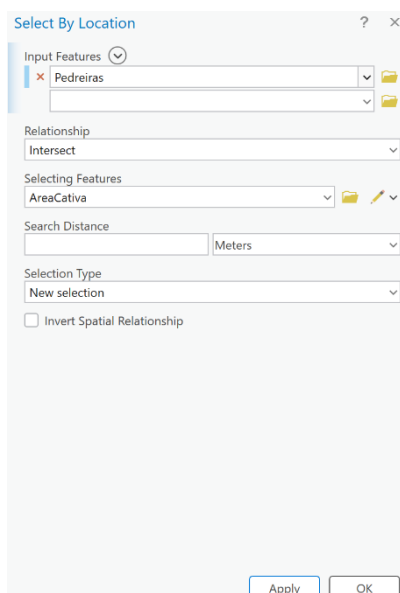


Figura 12- Select by Location das pedreiras da Zona dos Mármore

Fonte: Elaboração Própria

Após a obtenção da camada das pedreiras correspondentes à Zona dos Mármore e tendo em consideração a informação presente já na tabela de atributos da mesma, definiu-se um conjunto de novos campos repartidos por diversas temáticas. Inicialmente procedeu-se à definição de alguns dados administrativos, para complementar aqueles que já faziam parte da *shapefile*:

- Município: este dado é essencial para entender qual é a distribuição administrativa das pedreiras a nível do território, visto que as pedreiras da Zona dos Mármore se distribuem pelo município de Estremoz, Borba e Vila viçosa. Para a obtenção deste dado, utilizou-se o *Select By Location*, entre a *shapefile* das pedreiras e CAOP, com as camadas dos limites municipais.
- Situação Administrativa: este dado foi definido com base num estudo da Assimagra, Associação Portuguesa da Indústria dos Recursos Minerais, apelidado “Zona dos Mármore, Proposta de intervenção integrada”, que abrangem informação à cerca de todas as pedreiras da ZOM. Este indicador indica o estado legal das pedreiras, podendo ser licenciada, em abandono ou suspensa.
- Situação Exploratória: este dado foi igualmente definido com base no estudo da Assimagra, “Zona dos Mármore, Proposta de intervenção integrada”, sendo que este indicador indica se as pedreiras estão ativas ou inativas.

- Área (m²): foi definido que seria importante para avaliar a dimensão das pedreiras, sendo que o método para obtenção foi através do cálculo direto no *ArcGIS Pro*, utilizando a ferramenta *Calculate Geometry* a partir da geometria da *shapefile*.

Definiu-se igualmente alguns indicadores essenciais, com base em dados de ordenamento do território e regulamentação:

- UNOR (Unidade de Ordenamento): As UNOR foram definidas no Plano Regional de Ordenamento do Território da Zona dos Mármore (PROZOM), sendo revogadas pelo PROT-Alentejo. A fonte para a junção desta informação à *shapefile* pedreiras foi através da interseção com a *shapefile* das UNOR's, retirada da fonte do LNEG (Anexo 1).
- UOPG (Unidade Operativa de Planeamento e Gestão): As UOPG correspondem às antigas UNOR definidas pelo Plano Regional de Ordenamento do Território da Zona dos Mármore (PROZOM), tendo sido denominadas UOPG pelo PROT-Alentejo, que foram objeto de um estudo global de ordenamento territorial e enquadrada obrigatoriamente em Plano de Pormenor. Sendo que correspondem às UNOR's, utilizou-se a informação do campo UNOR pra definir em qual das UOPG se encontram as pedreiras.
- Presença de REN (Reserva Ecológica Nacional): esta condicionante corresponde uma estrutura biofísica que abrange várias: tipologias, com maior valor e sensibilidade ecológicos ou pela exposição e suscetibilidade perante riscos naturais, e que o faz ter um maior regime de proteção especial (CCDR Norte, 2024). O objetivo é perceber se as pedreiras se encontram localizadas em áreas ambientalmente mais sensíveis, sendo que o método utilizado foi utilizar *shapefile* da REN de cada um dos municípios abrangentes, no site da CCDR-Alentejo e visualmente perceber quais as pedreiras que intersetavam com a REN.
- Presença de RAN: esta condicionante corresponde ao conjunto de terras com características agroclimáticas, geomorfológicas e pedológicos de maior relevância e que apresentam maior aptidão agrícola, de forma a se perceber se existe interseção de RAN com as explorações extrativas. A base desta informação foi o uso da *shapefile* da RAN em vigor, tendo como fonte a DGARD.

- Principal Condicionante segundo o PDM: Tomando em consideração os três municípios da Zona dos Mármore e o PDM em vigor dos mesmos, mais concretamente a Planta de Condicionantes, utilizou-se o serviço WFS da Carta de Regime de Uso de Solo de Estremoz, Borba e Vila Viçosa. O objetivo era perceber a principal condicionante que abrangia as pedreiras nos municípios, através do cruzamento dos dados do WFS com as pedreiras, sendo considerado a “Área Cativa” como a principal condicionante em todas as plantas.
- Outras condicionantes segundo o PDM: tomando em consideração o indicador “Principal Condicionante segundo o PDM” referido anteriormente e utilizando o mesmo método, analisou-se outras condicionantes de relevância com o cruzamento das várias plantas de condicionantes dos PDM em vigor e a *shapefile* das pedreiras, destacando-se o Aquífero Cano-Estremoz, as linhas de água e ainda a RAN e REN, já referidos anteriormente.
- Categoria Carta de Ocupação de Solo (COS): este indicador pretendeu analisar a COS, um produto do Sistema de Monitorização da Ocupação do Solo (SMOS), que divide o espaço em várias unidades de paisagem de como este está usado e ocupado, sendo a sua última versão de 2018. Utilizou igualmente um serviço WFS, para melhor visualizar as diversas categorias da COS, e elaborando um cruzamento com a camada das pedreiras, observando-se várias unidades de paisagem do qual se destaca a categoria “Área de Extração de inertes”.

Destaca-se igualmente como dados geológicos:

- Litologia: o uso deste indicador permite classificar e relacionar os tipos de rochas, neste caso de mármore, que são explorados nas várias pedreiras, conforme um conjunto de características geológicas. A obtenção desta informação baseou-se na interseção da *shapefile* das pedreiras com a camada das unidades litológicas, retiradas do LNEG, sendo que se destacou inúmeros tipos de litologia presentes nas pedreiras e por vezes mais que um numa só pedreira, com o maior destaque para os mármore de cores claras (Anexo 2).

A nível de dados sobre infraestruturas e acessibilidades destacou-se:

- **Perímetro Urbano mais próximo:** analisa a proximidades das pedreiras dos núcleos urbanos, o que permite um melhor ordenamento do território. Através da visualização das plantas de ordenamento dos três municípios no WFS da Carta de Regime de Uso de Solo, foi possível interseccionar as pedreiras dos perímetros urbanos. Uma das vantagens foi o facto de as pedreiras estarem igualmente juntas por vários núcleos dentro da ZOM.
- **Estradas mais próximas:** este indicador pretendia identificar a acessibilidade viária das pedreiras, importante na logística do transporte do mármore. Destacou-se neste caso apenas as vias de maior hierarquia da rede rodoviária, sendo visualmente percebeu-se quais as vias de maior relevância mais perto das pedreiras, sendo que neste caso a EN4 e EM255 foram as vias mais próximas.

Por fim, destacou-se indicadores de dados com base na gestão ambiental e logística,

- **Presença de Avaliação Ambiental Estratégica:** este indicador pretende representar se as pedreiras foram sujeitas estudos de impacto ambiental, sendo que a informação foi baseada no cruzamento de uma base da APA do Sistema de Informação sobre Avaliação de Impacte Ambiental, com todos os projetos de impacto ambiental existentes, mais precisamente de várias pedreiras. Posteriormente foi preenchido este atributo conforma a base na camada das pedreiras.
- **Números de escombrelas:** Com base na *shapefile* das escombrelas, com fonte no LNEG, que mapeia todas as áreas de resíduos, igualmente apelidadas escombrelas, das explorações mineiras e igualmente com base no estudo da Associação Portuguesa da Indústria dos Recursos Minerais, apelidado “Caracterização das escombrelas no quadro da Indústria Extrativa da Zona dos Mármore”, que refere quais e quantas escombrelas possui cada pedreira da ZOM, foi possível cruzar estas duas bases com a camada pedreiras, pra perceber o número de escombrelas por pedreira.
- **Área de Deposição Comum (ADC):** com base no mapeamento das UNOR no estudo referido no indicador anterior, foi possível perceber as 8 ADC existentes pelos três municípios da ZOM, cruzando a informação das pedreiras com o mapeamento visual destas Área de Deposição Comum, no qual serve como plataforma para a receção, armazenagem e valorização de todas as tipologias de resíduos retirados das explorações.

Visible	Read Only	Field Name	Alias	Data Type	Allow NULL	Highlight	Number Format	Default	Precision	Scale	Length
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Municipio	Municipio	Text	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	254
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	UNOR	UNOR	Text	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	254
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Litologia	Litologia	Text	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	254
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Class_PDM	Class_PDM	Text	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	254
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Presen_REN	Presen_REN	Text	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	254
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Presen_RAN	Presen_RAN	Text	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	254
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Presen_PP	Presen_PP	Text	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	254
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cate_COS	Cate_COS	Text	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	254
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sit_Explo	Sit_Explo	Text	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	254
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sit_Admi	Sit_Admi	Text	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	254
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	UOPG	UOPG	Text	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	254
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Prese_AIA	Prese_AIA	Text	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	254
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Prese_PARP	Prese_PARP	Text	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	254
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Escombreir	Escombreir	Text	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	254
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Condic_PDM	Condic_PDM	Text	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	254
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Área	Área	Text	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	254
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Estra_Prox	Estra_Prox	Text	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	254
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Apti_geotec	Apti_geotec	Text	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	254
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Field		Long	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					

Figura 13- Listagem de atributos adicionados à camada "Pedreiras"

Fonte: Elaboração Própria

A junção destes novos atributos ou indicadores à camada das pedreiras foi fundamental para garantir uma análise mais detalhada e completa para a concretização do dashboard, permitindo não só uma análise espacial mais avançada, como um enriquecimento a nível de dados, quer seja numa vertente de estudo administrativa, ambiental, logística ou até territorial. Um dos maioríssimos desafios foi a falta na disponibilização de informação, principalmente a nível de produção, desde quantidade de produto extraído, ano de abertura ou fecho das explorações, valor de investimento ou produção das pedreiras, como também informação de monitorização de riscos e ambiental, desde perceber quais as pedreiras em maior risco, quais os riscos que estão a causar e como esta o processo de recuperação ambiental daquelas em abandono ou inativas. Este tipo de informação não se encontra disponível para o público ou estudos, necessitam possivelmente de um contacto direto com os vários titulares responsáveis pelas pedreiras e havendo sempre o risco de nem os mesmos terem toda a informação necessária, que poderiam complementar o dashboard.

Após o tratamento e organização dos dados, procedeu-se à publicação dos dados trabalhados em *ArcGIS Pro* para a plataforma online, neste caso da conta pessoal do *ArcGIS Online*, enquanto estudante da faculdade, para se proceder à elaboração do dashboard. Foi utilizada ferramentas *Sharing*, seguida de *Share As Web Layer* com o nome "Mapa das Pedreiras da Zona dos Mármore".

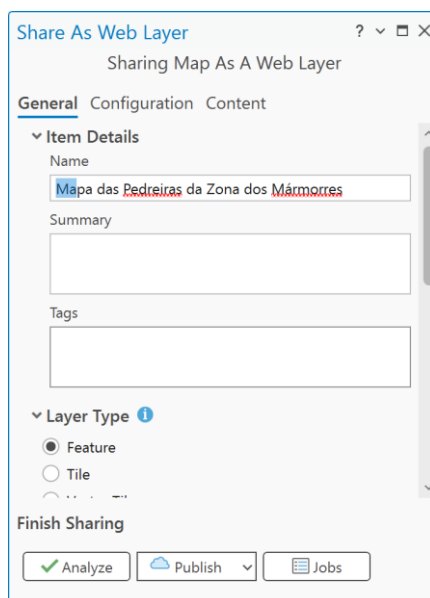


Figura 14- Processo de publicação dos dados para o ArcGIS Online
Fonte: Elaboração Própria

IV.3.3 Utilização do software ArcGIS Online

Como já referido, uma das principais vantagens do *ArcGIS Pro* é interligação com o *ArcGIS Online*, pois permite uma publicação de dados mais facilitada, uma vantagem vista que a utilização do *ArcGIS Dashboard* acede diretamente do *ArcGIS Online*.

Uma das principais ferramentas do *ArcGIS Online*, que teve um papel importante antes da elaboração do *dashboard*, foi a utilização *Web map*. Primeiramente os dados foram publicados na plataforma online como *feature layer*, para posteriormente ser criado um *Web Map* no qual, foi elaboração toda a customização dos dados que se iria trabalhar no *dashboard* (Anexo 3) Uma das principais tarefas foi a configuração da simbologia de todos os indicadores definidos, correspondentes aos atributos presentes na camada das pedreiras. Um dos desafios deste capítulo foi não ser possível elaborar diversas simbologias associados aos atributos de uma só camada, logo, foi necessário dividir por diversas camadas os vários indicadores (Anexo 4), para criar a simbologia de cada um.

Alguma da simbologia definida, seguiu a simbologia oficial já pré-definida, neste caso nos indicadores sobre a classificação segundo o PDM e a principal e outras condicionantes segundo o PDM, visto que estas vão de acordo com “Norma Técnica sobre Modelo de Dados e Sistematização da Informação Gráfica dos Planos Diretores Municipais” da Direção-Geral do Território.

A restante simbologia foi de criação própria, seguindo por norma uma simbologia por categorias, como é por exemplo o indicador da Situação Exploratória que possui a categoria ativa, inativa ou sem informação (Figura 15). Para além da simbologia, foi elaborada a configuração dos pop-ups, que correspondem a janelas interativas e que exibem informação detalhada sobre polígono, neste caso, sobre cada pedra.

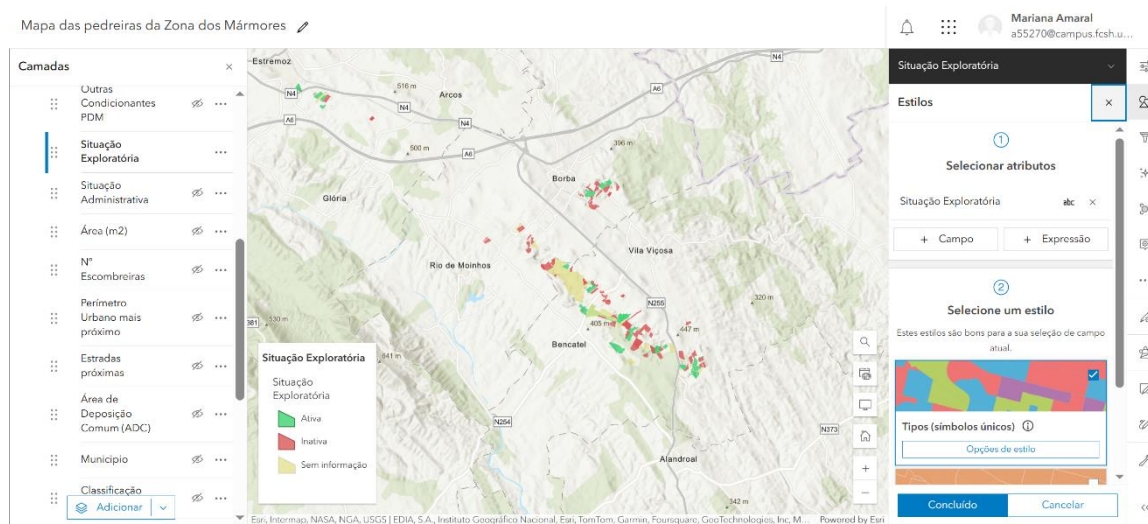


Figura 15- Configuração da simbologia no Web Map dos indicadores

Fonte: Elaboração Própria | ArcGIS Online Web map

IV.3.4 Conceptualização do dashboard e proposta final

Para a criação de uma plataforma interativa e dinâmica sobre as pedreiras da Zona dos Mármorez, como já referido, foi utilizada a aplicação da ESRI: *ArcGIS Dashboard*. Esta ferramenta permite carregar informação para análise e visualização de dados intuitivos e interativos, que se encontram representados numa só de painel, sendo importante na ajuda para tomar decisões, visualizar informação e monitorizar em tempo real informação (ESRI, 2024).

A utilização desta ferramenta para a indústria mineira apresenta inúmeros benefícios, sendo um deles ser uma fonte de informação diversificada e visual, essenciais também para quem esta em campo como para decisores, podendo ser vitais no acesso a dados sobre as pedreiras. Por um lado, permite ter informação em tempo real, contribuindo para a monitorização das explorações, desde que a informação seja constantemente atualizada, um dos grandes desafios desta questão. Permite igualmente uma visualização dos dados espaciais e geográficos, percebendo quais as condicionantes que se sobrepõem às pedreiras e

contribuindo para a tomada de decisão dos envolvidos, principalmente no suporte das políticas públicas e territoriais. Permite igualmente uma análise do impacto territorial que as explorações possuem nas envolvente, podendo ser uma vantagem no planeamento da recuperação ambiental.

Para a conceptualização do *dashboard*, tomando em consideração que as customizações da simbologia dos vários indicadores já se encontravam realizados. A construção do *dashboard* permite ao utilizador definir como deseja organizar os dados, como estes são representados e com quais os elementos que pretende usar para apresentar os dados. O tema do *layout* do *dashboard* foi “floresta”, que corresponde a um castanho-escuro e a cor de todo o conteúdo escrito foi “bege”, sendo que a escolha de cores mais escuras, para fazer realçar tanto o conteúdo escrito como o conteúdo dos elementos visuais com cores mais fortes. Existem diversas ferramentas interativas a ser utilizadas desde gráficos de barras ou circulares, ícones, por camadas, com medidores, listas, entre muitos outros. Para o *dashboard* elaborado foram utilizados como informação central um mapa temático, no qual o utilizar pode visualizar as diferentes camadas, nomeadamente as pedreiras e ainda todos os indicadores criados e associados às pedreiras, com a simbologia pré-definida, representada na legenda, para além das restantes camadas adicionadas com área Cativa, unidades litológicas e UNOR’s. Outras ferramentas utilizadas passam por indicadores com o número das pedreiras associadas a cada indicador e ainda uma tabela geral com todos os detalhes de informação sobre cada pedreira, que podem ser consultados com base no número de cadastro (Figura 16). Foi igualmente adicionada um elemento de seleção de categorias, no qual encontra todas as pedreiras por número de cadastro e ao clicar numa pedreira, dirige automaticamente no mapa para aquela que se pretende visualizar (Anexo 5).



Figura 16- Indicador e tabela de detalhes referente às pedreiras
 Fonte: Elaboração própria

Foram também utilizados gráficos de barras ou circulares, como também indicadores para representar as pedreiras através das várias categorias de cada indicador, adicionando-se em grande parte, informações extras a cada gráfico, quer seja para referir a fonte da informação ou para uma melhor análise de cada gráfico (Figura 17). Foram utilizados também como elementos indicadores listas como a distribuição das pedreiras por número de cadastro que as identificada, e com cada categoria do indicador associado, sendo que a simbologia para cada indicador, seja qual for o elemento do *dashboard*, segue sempre a mesma norma de cores, para facilitar a visualização.

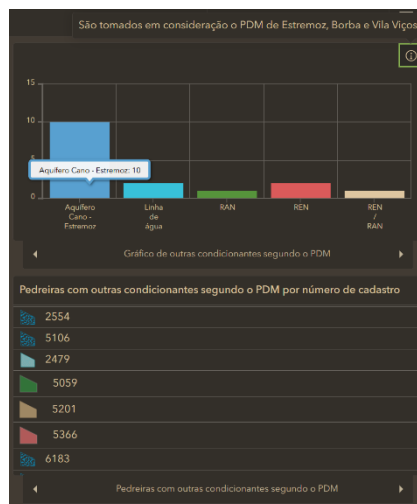


Figura 17- Gráfico e lista das pedreiras com outras condicionantes segundo o PDM

Fonte: Elaboração própria

A configuração do *dashboard* abordando em todos as ferramentas, informação referente a cada indicador, tem como objetivo que o *dashboard* seja visualizado num só painel de cada vez, pelos diversos indicadores, de forma a analisar conforme a temática que deseja, a informação associada sobre as pedreiras, tendo sempre como base o mapa principal, com a legenda e camada de cada indicador, mas painéis e gráficos laterais dinâmicos igualmente com dados por indicador, sendo posteriormente possível manusear de forma que ser deseja os elementos da plataforma, organizadas pelos vários indicadores (Anexo 6).

O resultado do projeto engloba o Mapa das pedreiras da Zona dos Mármore, na abertura do *dashboard*, é possível verificar a informação geral das pedreiras (Figura 18).

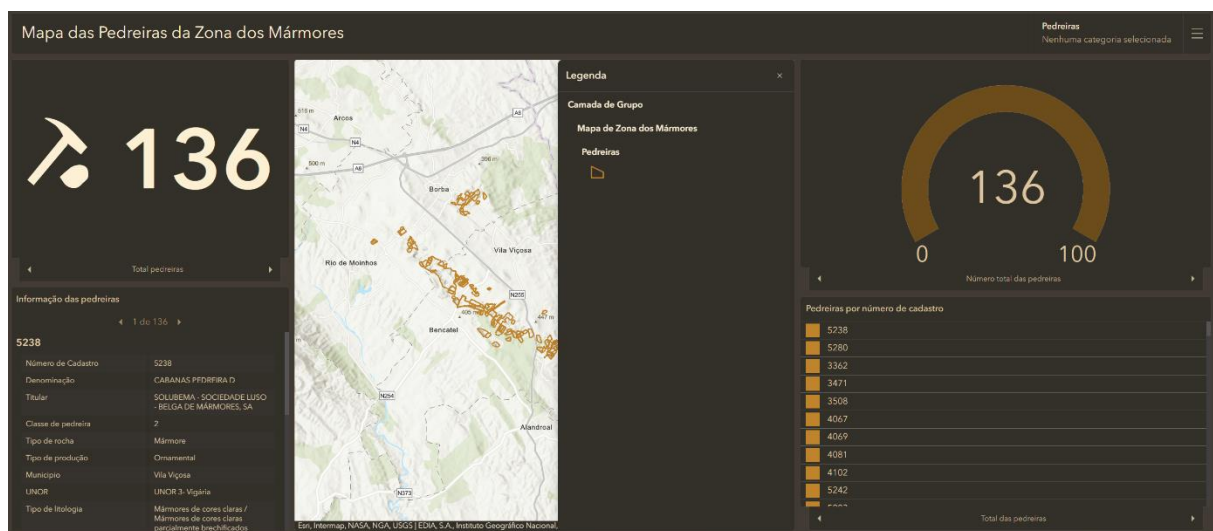


Figura 18 – Resultado da abertura do dashboard com a informação geral das pedreiras.

Fonte: Elaboração própria

Os restantes indicadores relacionados com as pedreiras que podem ser visualizados no *dashboard*, encontram-se apresentados nas figuras abaixo, desde a Figura 19 à Figura 36:

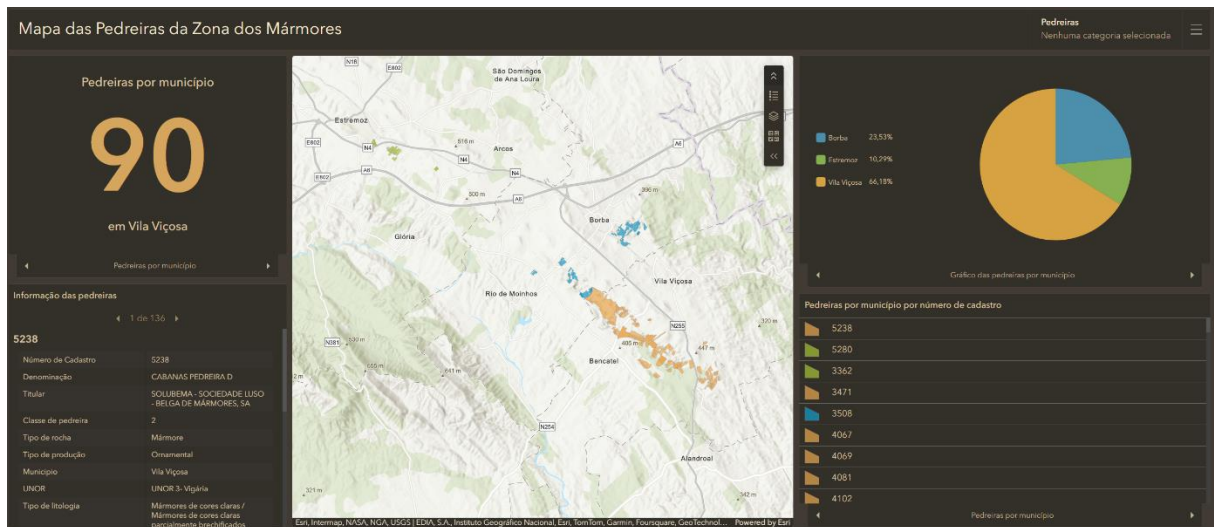


Figura 19 – Resultado da abertura do dashboard com a informação geral das pedreiras
Fonte: Elaboração própria

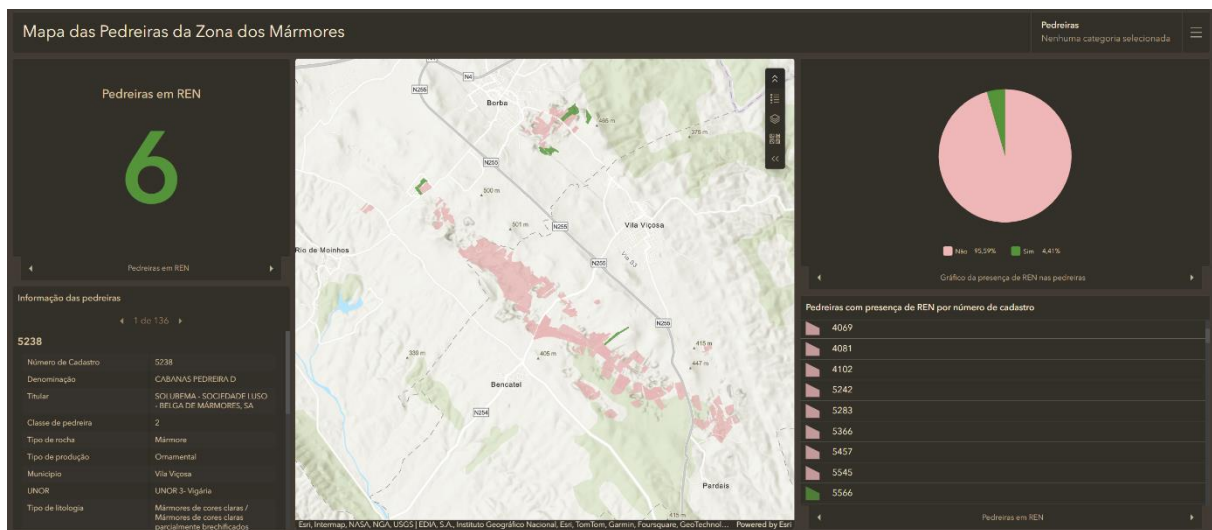


Figura 20 – Resultado do dashboard no indicador “Presença de REN nas pedreiras”
Fonte: Elaboração Própria

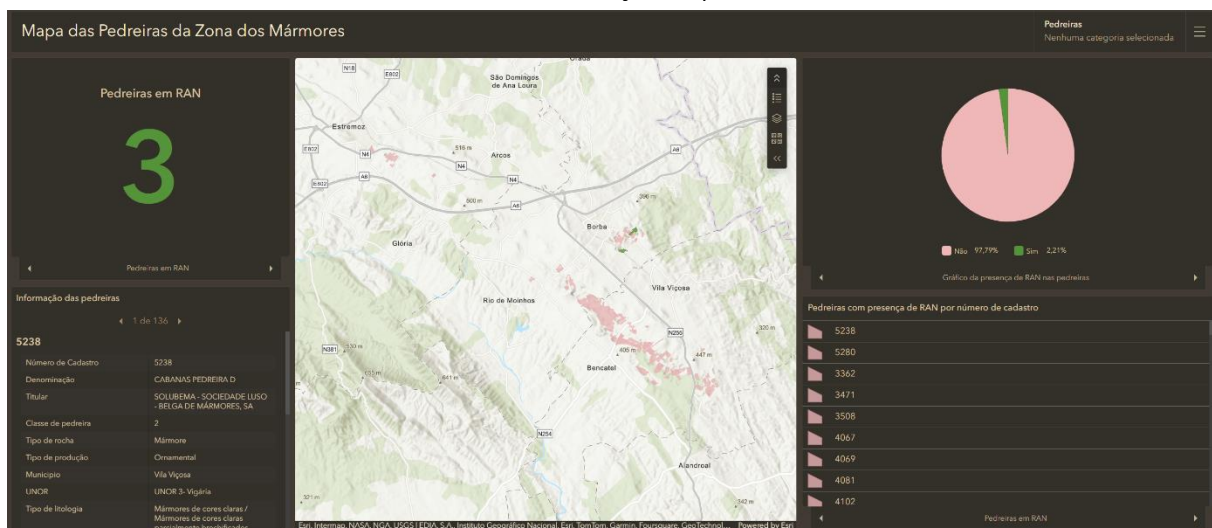


Figura 21 – Resultado do dashboard no indicador “Presença de RAN nas pedreiras”
Fonte: Elaboração própria

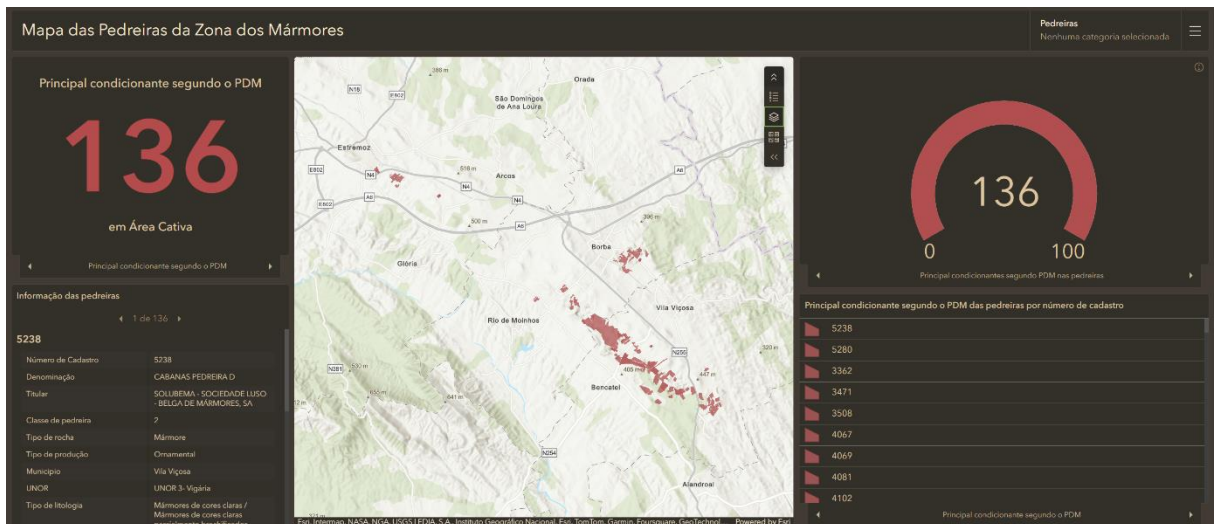


Figura 22 – Resultado do dashboard no indicador “Principal condicionante segundo o PDM sobre as pedreiras”
Fonte: Elaboração própria

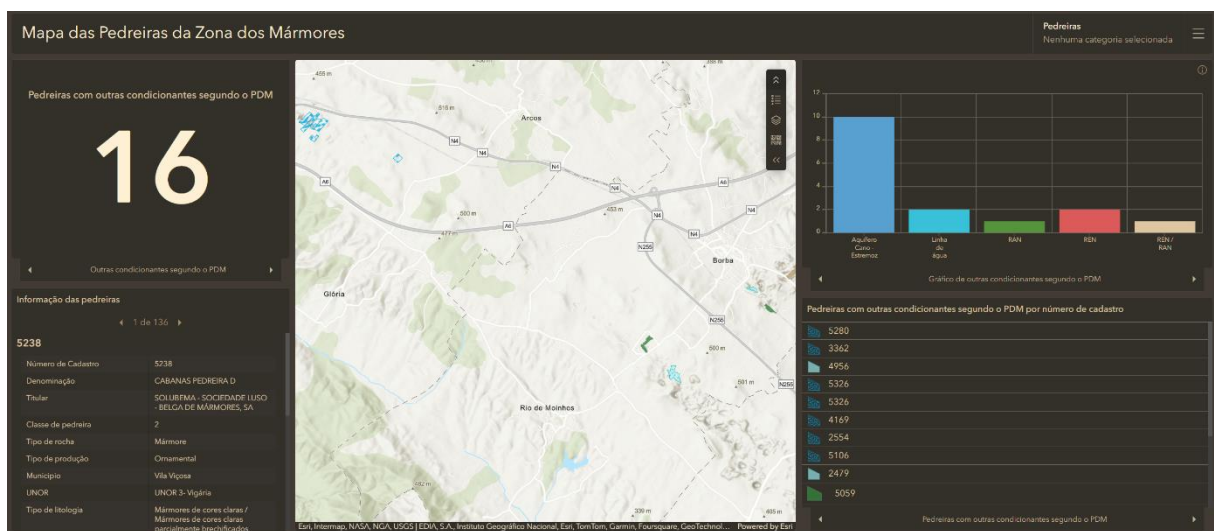


Figura 23 – Resultado do dashboard no indicador “Outras condicionantes segundo o PDM sobre as pedreiras”
Fonte: Elaboração própria

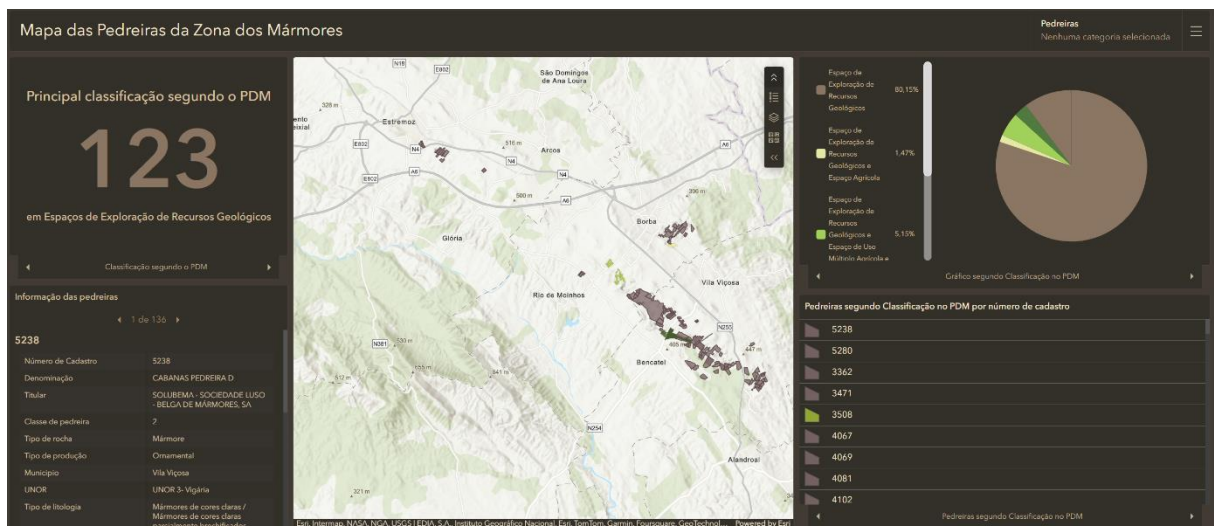


Figura 24 – Resultado do dashboard no indicador “Pedreiras segundo classificação no PDM”
Fonte: Elaboração própria

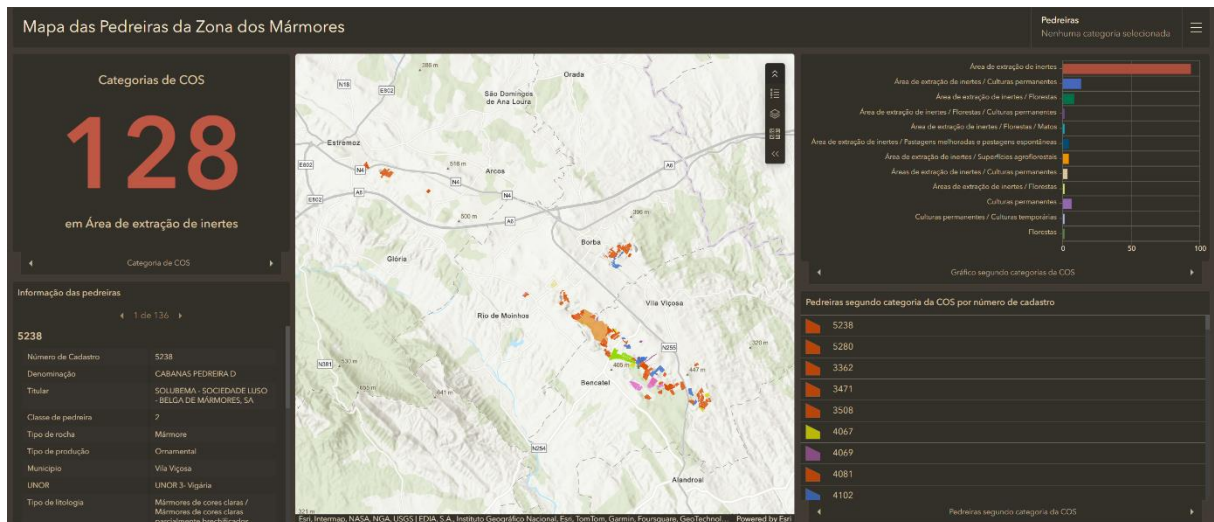


Figura 25 – Resultado do dashboard no indicador “Pedreiras segundo classificação no PDM”
 Fonte: Elaboração própria

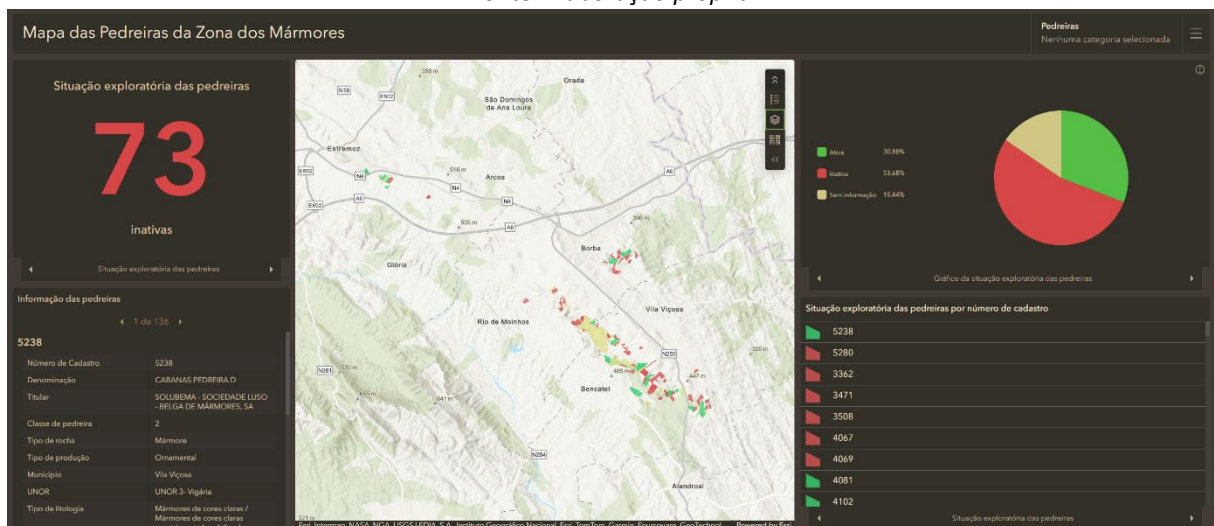


Figura 26 – Resultado do dashboard no indicador “Situação exploratória das pedreiras”
 Fonte: Elaboração própria

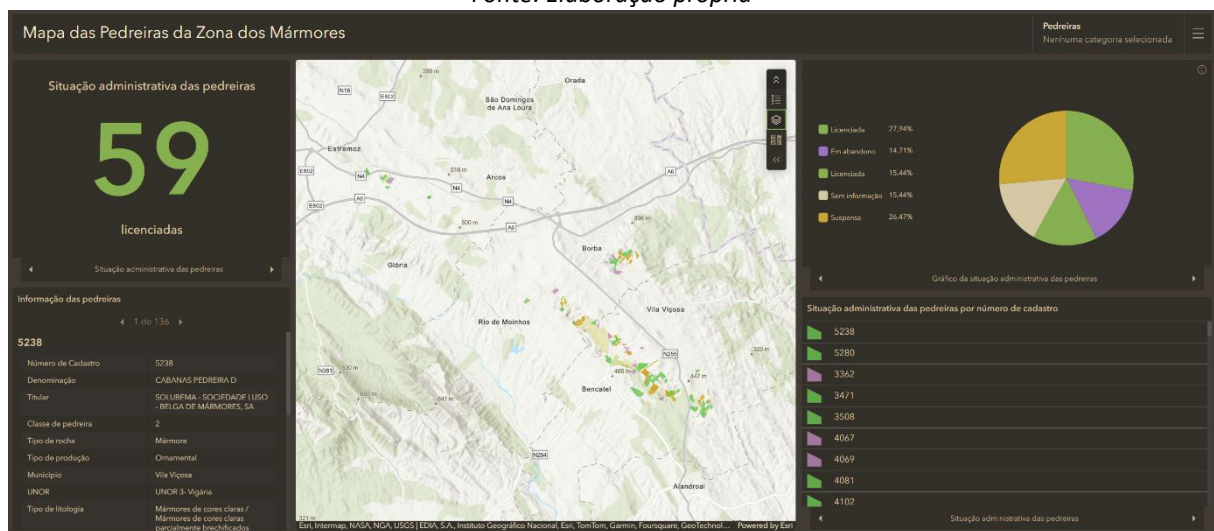


Figura 27 – Resultado do dashboard no indicador “Situação administrativa das pedreiras”
 Fonte: Elaboração própria

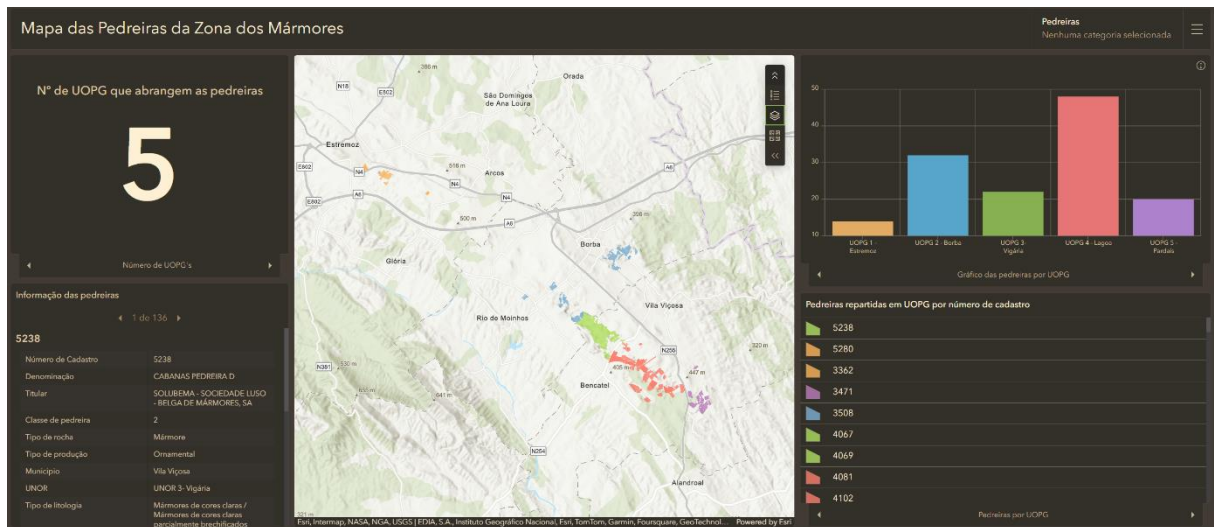


Figura 28 – Resultado do dashboard no indicador “Pedreiras segundo a UOPG”
 Fonte: Elaboração própria

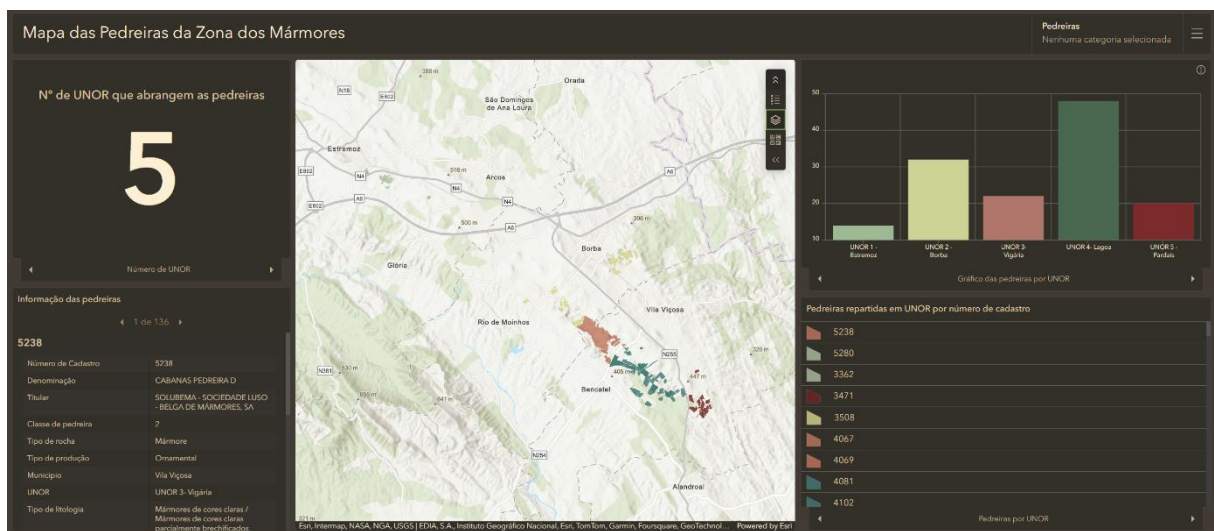


Figura 29 – Resultado do dashboard no indicador “Pedreiras segundo a UNOR”
 Fonte: Elaboração própria

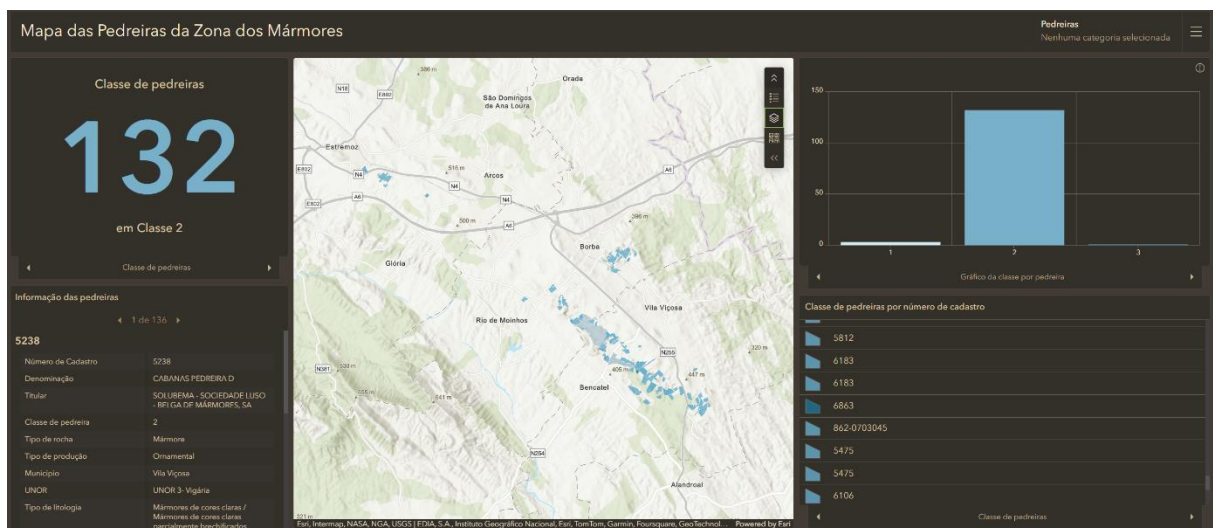


Figura 30 – Resultado do dashboard no indicador “Classe de pedreiras”
 Fonte: Elaboração própria

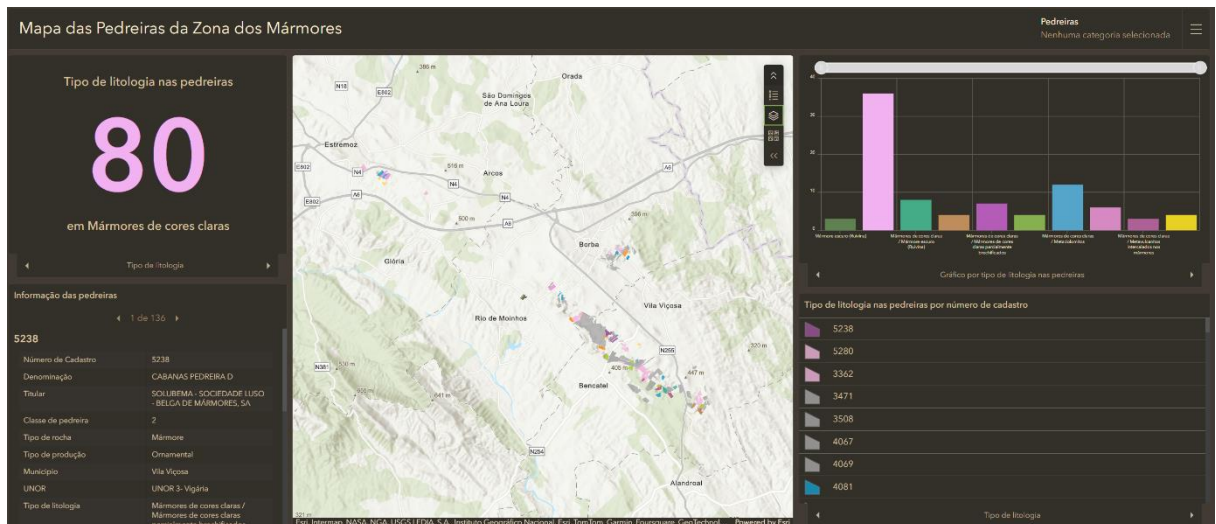


Figura 31 – Resultado do dashboard no indicador “Tipo de litologia nas pedreiras”
Fonte: Elaboração própria

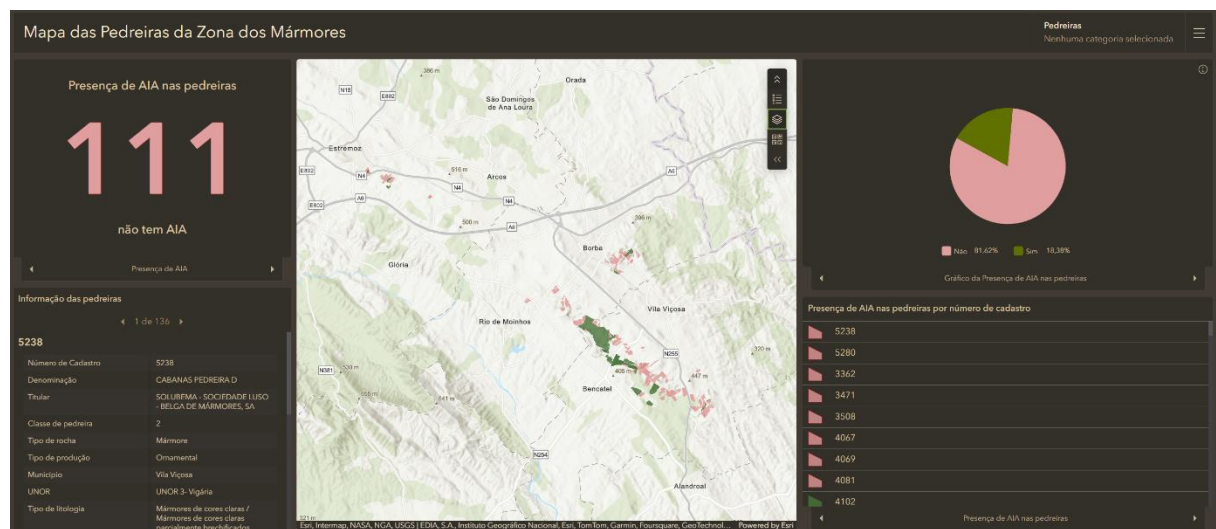


Figura 32 – Resultado do dashboard no indicador “Presença de AIA nas pedreiras”
Fonte: Elaboração própria

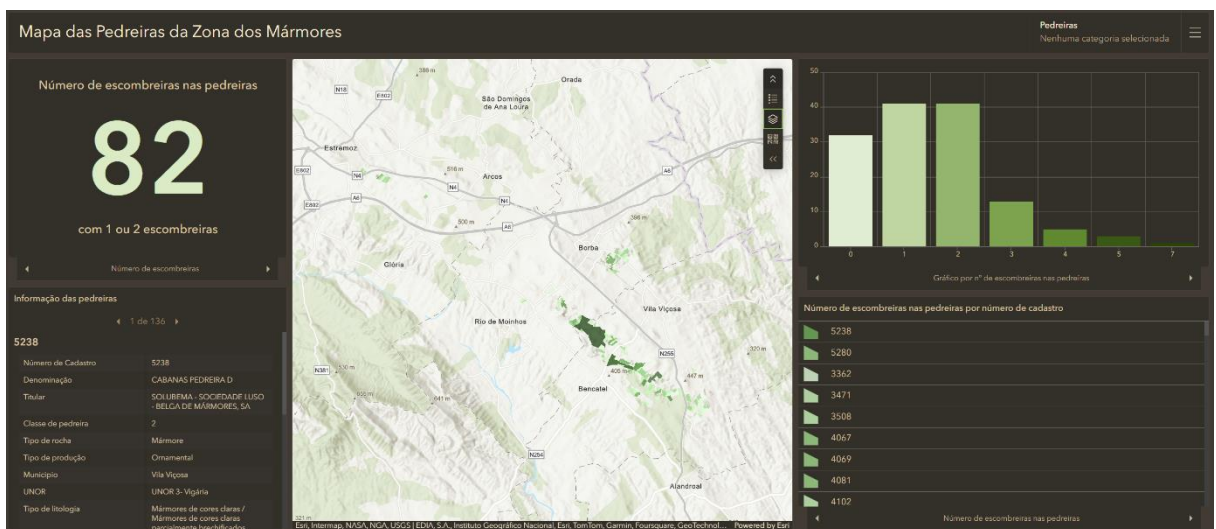


Figura 33 – Resultado do dashboard no indicador “Número de escombrelas nas pedreiras”
Fonte: Elaboração própria

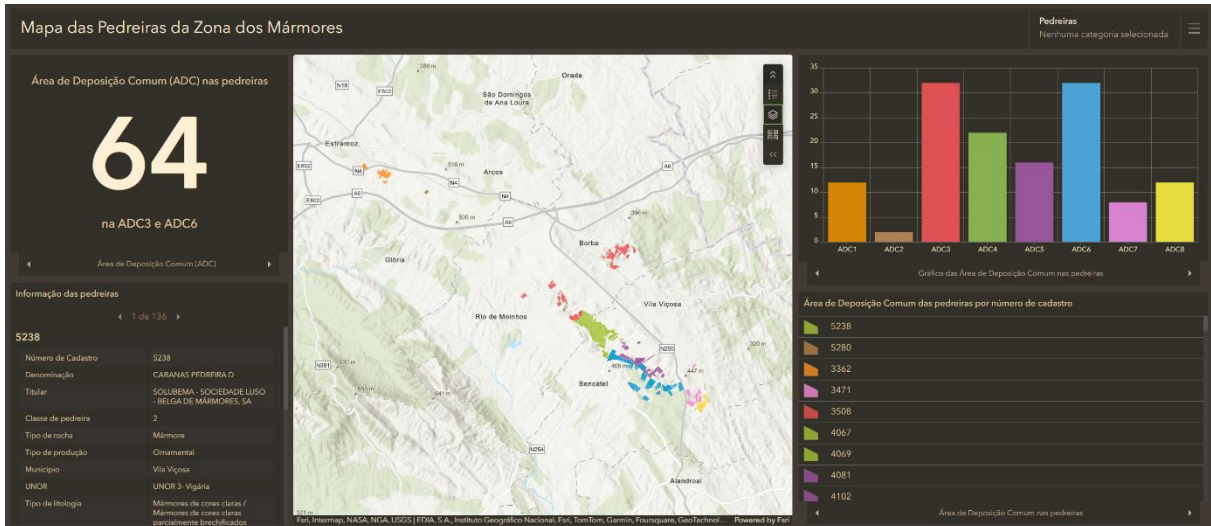


Figura 34 – Resultado do dashboard no indicador “Área de Deposição Comum (ADC) nas pedreiras”
Fonte: Elaboração própria

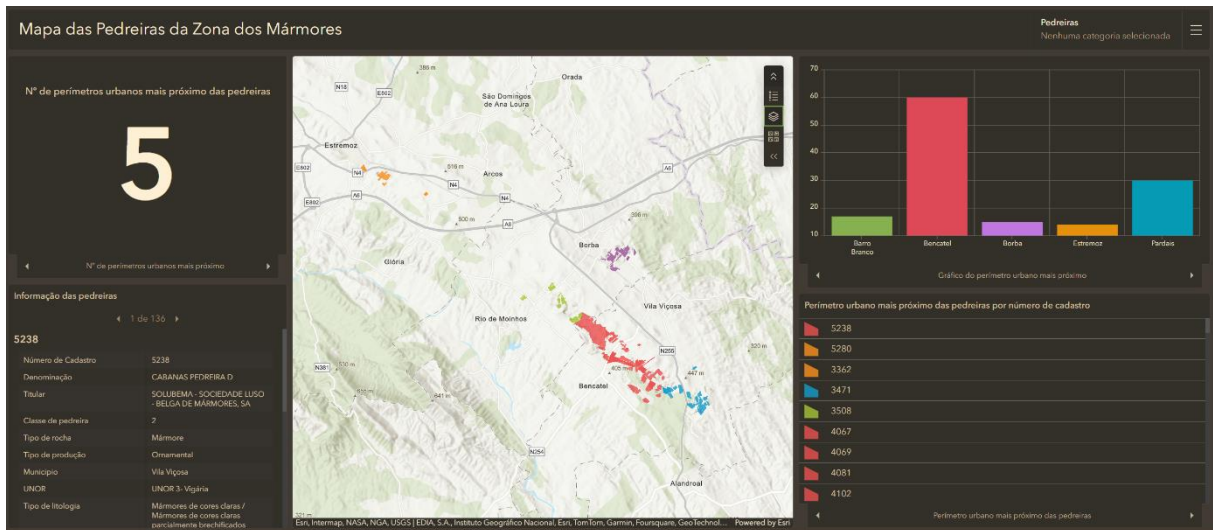


Figura 35 – Resultado do dashboard no indicador “Perímetro urbano mais próximo das pedreiras”
Fonte: Elaboração própria

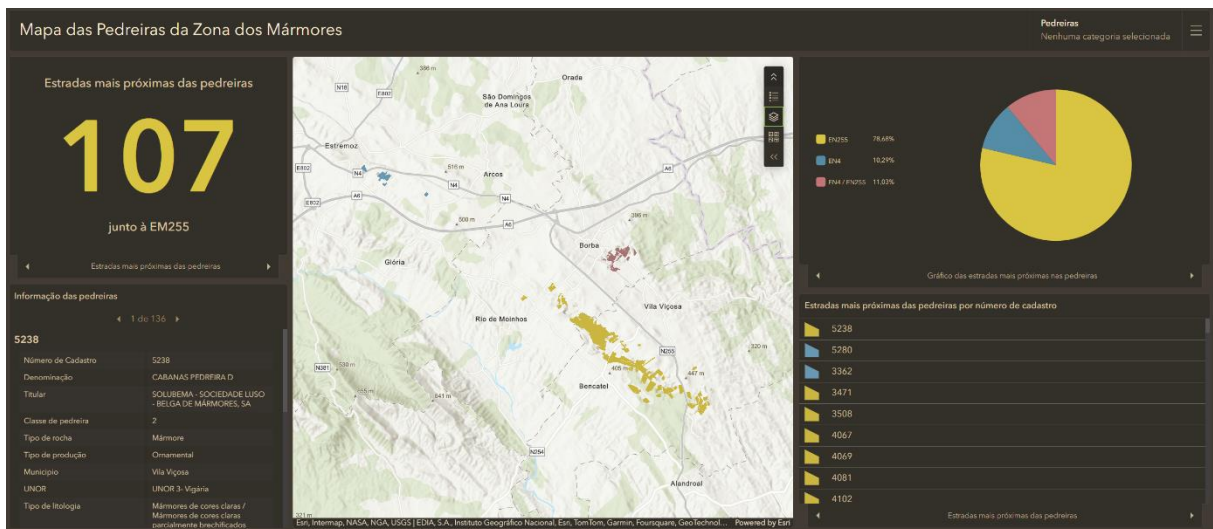


Figura 36 – Resultado do dashboard no indicador “Estrada mais próxima das pedreiras”
Fonte: Elaboração própria

IV.4 Análise de resultados e desafios do projeto

A elaboração desta metodologia apresentou-se como uma ferramenta com diversas vantagens para contribuir para a gestão eficiente das explorações mineiras da Zona dos Mármore.

Como referido no ponto I.2 dos procedimentos metodológicos, o método utilizado para analisar os resultados e para compreender se a elaboração do *dashboard* contribui pra gestão da Zona dos Mármore, foi a análise SWOT, sendo esta uma técnica importante para o território e utilizada para avaliação estratégica de projetos, auxiliando na tomada de decisões. Neste contexto, será aplicada para analisar os resultados obtidos pela utilização do *dashboard*, destacando os pontos fortes e fracos, como oportunidades e ameaças.

Tabela 2- Análise SWOT sobre a implementação do Dashboard sobre pedreiras da Zona dos Mármore

Pontos fortes (Strengths)	Pontos fracos (Weaknesses)
<ul style="list-style-type: none">- Análise de dados e do território de forma interativa e dinâmica;- Integração de informação geográfica e administrativa num só sistema;- Informação interativa e dinâmica de dados sobre pedreiras;- Auxílio para decisores de gestão territorial e técnicos mineiros;- Acessibilidade de forma remota à informação;- Consolidação de dados dispersos numa única plataforma.	<ul style="list-style-type: none">- Necessidade dados constantemente atualizados para se manter atual;- Dependência de infraestrutura tecnológica e acesso à internet para aceder;- Limitação de dados disponíveis para complementar o <i>dashboard</i>, nomeadamente dados de produção/extração;

Oportunidades (Opportunities)	Ameaças (Threats)
<ul style="list-style-type: none"> - Utilização de uma ferramenta SIG; - Monitorização das pedreiras com informação em tempo real; - Disponibilização de dados sobre as pedreiras para decisores públicos e privados; - Possível integração de novos dados a qualquer momento; - Uso do <i>dashboard</i> pode ser replicado noutras zonas de exploração mineira; 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificuldade em manter dados atualizados e oficiais de todas as pedreiras; - Custos associados à utilização de tecnologia <i>ArcGIS</i>. - Falta de adesão de algumas entidades no uso desta ferramenta.

Fonte: Elaboração Própria

Nesta análise SWOT destaca-se seis pontos fortes, relacionados com uso e acesso a dados, como contributo na gestão das pedreiras: três pontos fracos sobre a desatualização de dados e dificuldade de acesso à infraestrutura *dashboard*; cinco oportunidades, utilização de tecnologia SIG e a uso da mesma técnica noutras áreas e três ameaças que passam pela necessidade de gestão contante deste sistema e por ser comercializado.

No que diz respeito aos desafios deste projeto, inicialmente foi a aquisição de dados, visto que se pretendia garantir obter na construção do *dashboard*, que este fosse o mais completo possível. Foi possível ver uma lacuna de informação sobre pedreiras face a dados de produção e extração de mármore, como alguns dados administrativos mais detalhados, pelas principais entidades competentes por esta informação, possivelmente pela falta de contacto direto com empresas mineiras, que por norma tem informação mais detalhada.

Em termos de software e das aplicações usadas, também se tornaram num dos desafios do projeto, visto que o contacto prévio com estas ferramentas foi muito rudimentar, o que exigiu um melhor conhecimento destas ferramentas, principalmente do *ArcGIS Pro*, visto que a face inicial começou no *ArcMap*, mas foi desenvolvido novamente de início no *Pro*. A nível do *dashboard*, foram necessárias algumas tentativas de forma a garantir que a

simbologia definida no *Web Map* fosse corretamente transferida para o *dashboard* e que esta fosse a mais correta quando visualizada no mesmo. Foi igualmente um desafio evitar que o mesmo se torne lento, visto que inicialmente foi configurado vários mapas com cada indicador e não apenas um, como ficou no resultado final, apesar de na conclusão ter resultado.

Considerações finais

A presente dissertação permitiu analisar a importância da indústria mineira em Portugal, como também a crescente relevância de ferramentas tecnológicas como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e da Detecção Remota na gestão das explorações mineiras. A enorme necessidade em se equilibrar uma atividade de relevância económica e que causa um passivo ambiental no território, com a sustentabilidade ambiental e o ordenamento do território, tornou estas tecnologias ideias para um planeamento territorial eficiente, com um maior enfoque na gestão dos recursos.

A escolha da Zona dos Mármoreos como caso de estudo, mostrou-se uma mais-valia, por ser uma região de grande relevância nacional na indústria mineira, com um território vasto de explorações de extração de mármore, no qual este tipo de atividade já faz parte do quotidiano e do planeamento territorial da sua comunidade local e dos agentes e decisores locais e no qual a aplicação da metodologia adotada teve um resultado positivo e poderá servir de base para um projeto maior e que possa ser aplicado noutros polos de extração de recursos.

A utilização da tecnologia SIG na metodologia proposta, permitiu uma análise espacial e informativa mais completa e detalhada sobre as pedreiras deste território, como ser uma ferramenta de monitorização desta indústria local, no qual a escolha do desenvolvimento de um dashboard interativo no *ArcGIS Online* permitiu criar uma plataforma com informação visual em diversos tipos de elementos (mapa, gráficos, indicadores, listas), com possibilidade de ser possível fazer a junção de novos dados ou atualizar os existentes.

Referências bibliográficas

- ASSIMAGRA (2021). *Estatística anual dos recursos minerais*. Obtido de <https://assimagra.pt/publicacoes/estatisticas/>
- ASSIMAGRA (n.d). *Fase I-Plano de Desenvolvimento Estratégico para a “Zona dos Mármore Alentejanos*. Cluster Portugal Mineral Resources.
- ASSIMAGRA (n.d). *Fase II Caracterização das escombadeiras no quadro da Indústria Extrativa da Zona dos Mármore*s. Cluster Portugal Mineral Resources.
- ASSIMAGRA (n.d). *Fase III Estratégias de Desenvolvimento Zona dos Mármore Alentejanos*. Cluster Portugal Mineral Resources.
- ASSIMAGRA (2020). *Zona dos mármore proposta de intervenção integrada*.
- Barata Santos, A. (2022). *SIG e Geomática no apoio à gestão de minas a céu aberto Caso de estudo: Mina C-57, Gonçalo (Guarda)*. Obtido de https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/13256/1/8742_18859.pdf
- Barros, R. (2011). *Ordenamento do Território da Zona dos Mármore*s. Universidade de Évora. Obtido de <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/23216>
- Benefits of Dashboards for the Mining Industry | InetSoft*. (2025). Inetsoft.com. https://www.inetsoft.com/business/bi/benefits_dashboards_mining_industry/
- Borotkanych, N. (2022). *Use Of Satellite Remote Sensing In The Mining Industry*. Obtido de <https://eos.com/blog/use-of-satellite-remote-sensing-in-the-mining-industry/>
- Carvalho, C. (n.d.). *A Rocha Ornamental Portuguesa e a Evolução na sua Caracterização*.
- Caeiro, S. (2013). *Sistemas de Informação Geográfica: Principais conceitos*. Obtido de <https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/2816/1/IntroducaoSIG.pdf>
- Caeiro, S. (2013). *Tópico 1-Sistemas de Informação Geográfica: Principais conceitos*. Obtido em: <https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/2816/1/IntroducaoSIG.pdf>
- CCDR-ALENTEJO (2024). *Reserva Ecológica Nacional - Serviços WMS e Download de ficheiros vectoriais*. Obtido de <https://www.ccdr-a.gov.pt/dsig/>

CEVALOR (2008). *Cartografia temática da anticlinal zona dos mármoreos*.

Chissingui, V. A. (2010). *Aplicação dos sistemas de informação geográfica ao sector mineiro. Caso de estudo: Região da Jamba- Angola*. Disponível em: <https://run.unl.pt/bitstream/10362/5436/3/TSIG0068.pdf>

Chiquete, P. (2012) *Aplicação de técnicas da deteção remota a cartografia temática: o caso da região do Lobito (Angola)*. Repositório da Universidade de Coimbra. Obtido de <https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/99827/1/FR.pdf>

Cruz, A. (2022). *Avaliação de Riscos e Ordenamento do Território: Aplicação a um caso pratico na região de Estremoz*. Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia. Obtido de <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/32404>

Cunha, D. (2021). *Desafios do setor extrativo português: uma análise prospetiva*. Instituto Superior de Engenharia do Porto. Obtido de https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/19321/1/DM_DanielaCunha_2021_MEGG.pdf

Cunha, S. (2009). *O SIG ao serviço do ordenamento do território: modelo de implementação: trabalho de projeto aplicado ao Município de Felgueiras*. Obtido de <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/20358>

DadosGOV (2024). *Portal de dados abertos da Administração Pública*. Obtido de <https://dados.gov.pt/pt/>

Decreto-Lei n.º 270/2001. Diário da República n.º 232/2001, Série I-A de 2001-10-06 (2001). Obtido de <https://diariodarepublica.pt/dr/legislacao-consolidada/decreto-lei/2001-156102065-156255865>

Decreto-Lei n.º 54/2015. Diário da República n.º 119/2015, Série I de 2015-06-22, páginas 4296 – 4308. (2015). Obtido de <https://files.diariodarepublica.pt/1s/2015/06/11900/0429604308.pdf>

Decreto-Lei n.º 152-B/2017, de 11 de dezembro. Diário da República n.º 236/2017, 1º Suplemento, Série I de 2017-12-11, páginas 6584-(12) a 6584-(52). Obtido de <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/152-b-2017-114337013>

DGADR (2024). *Reserva Agrícola Nacional (RAN)*. Obtido de <https://www.dgadr.gov.pt/reserva-agricola-nacional-ran>

DGEG - Divisão de Pedreiras do Sul (2016). *Caraterização do setor da extração de massas minerais. Situação face à regulamentação técnica e legal*.

DGEG (2016). *Guião de Pedreiras*. Obtido de <https://www.dgeg.gov.pt/media/wzrozybv/gui%C3%A3o-das-pedreiras.pdf>

DGEG (2024). *Estatísticas da Indústria Extrativa*. Obtido de <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/geologia/publicacoes-estatisticas/estatisticas-da-industria-extrativa/>

DGT (n.d). *Guia de apoio à utilização de serviços WFS*. Obtido de https://www.dgterritorio.gov.pt/sites/default/files/ficheiros-dados-abertos/Guia_de_apoio_utilizacao_WFS.pdf

Didero, J., Wambo, T., & Quinter, W. T. (n.d.). *GIS and Database Management for Mining Exploration*. Obtido de <https://www.intechopen.com/chapters/83526>

EOS Data Analytics (2024). *Applications Of Satellite Remote Sensing In Mining: Interview*. Obtido de <https://eos.com/blog/use-of-satellite-remote-sensing-in-the-mining-industry/>

Esri (2021). *ArcGIS Dashboards*. Obtido de <https://www.esri.com/pt-br/ArcGIS/products/ArcGIS-dashboards/overview>

Esri (n.d). *Mining*. Obtido de <https://www.esri.com/en-us/industries/mining/overview>

Falé, P., Henriques, P., Midões, C., & Carvalho, J. (2006). *O reordenamento da actividade extractiva como instrumento para o planeamento regional: Vila Viçosa, Portugal*. Obtido de <https://repositorio.lneg.pt/handle/10400.9/426>

- Falé, P., Henriques, P., Midões, C., & Carvalho, J. (2016). *Proposta para o Reordenamento no Anticlinal de Estremoz: Núcleo de Pardais*. Obtido de https://www.researchgate.net/publication/277239524_Proposta_para_o_reordenamento_da_industria_extractiva_no_Anticlinal_de_Estremoz_Nucleo_de_Pardais_Replanning_of_the_marble_extraction_industry_in_the_Estremoz_Anticline_Pardais_nucleus_a_proposal
- Germano, D., Lopes, L., Gomes, C. P., Santos, A. P., & Martins, R. (2014). *O impacte das pedreiras inativas na fauna, flora e vegetação da zona dos mármore: problema ou benefício*. Obtido de <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/13094>
- Goldeneye (2022). *Goldeneye: an eu h2020 funded project*. Obtido de https://www.euspa.europa.eu/sites/default/files/att6_ucp2022_rawmat_success-story_goldeneye.pdf
- Gonçalves, A. (2014). *Alterações ambientais e riscos associados à exploração mineira no médio curso do rio Zêzere- O caso das minas da Panasqueira*. Obtido de <https://search.proquest.com/openview/ba2fb7d06d80adf430d18a77b342c746/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
- João, F., & Correia, P. (n.d.). *Ano Internacional do Planeta Terra Recursos A caminho de um uso sustentável*. Obtido de https://ciencias.ulisboa.pt/sites/default/files/fcul/dep/dgeo/doc/06_rec.pdf
- Lei n.º 54/2015, de 22 de junho. Diário da República n.º 119/2015, Série I de 2015-06-22, páginas 4296 – 4308. (2015). Obtido de <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/lei/54-2015-67552498>
- Lei n.º 31/2013, de 10 de maio. Diário da República n.º 90/2013, Série I de 2013-05-10, páginas 2800 – 2800. Obtido de <https://files.diariodarepublica.pt/1s/2013/05/09000/0280002800.pdf>
- Lei n.º 99/2019. Diário da República n.º 170/2019, Série I de 2019-09-05, páginas 3 – 267. (2019). Obtido de <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/lei/99-2019-124457181>
- LNEG (2024). *Geoportal*. Obtido de <https://geoportal.lneg.pt/pt/>

- Lopes, L. (n.d.). *Anticlinal de Estremoz: Geologia, Ordenamento do Território e Produção de Rochas Ornamentais após 2000 Anos de Exploração*. Obtido de <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/29106>
- Luz, M. L. (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*. Instituto superior de economia e gestão. Obtido de <https://repositorio.ulisboa.pt/handle/10400.5/769>
- Manuel, R. (2015). *Contribuição da deteção remota para a prospecção de jazigos de Sn, W e Au na região de Góis*. Obtido de https://run.unl.pt/bitstream/10362/16434/1/Manuel_2015.pdf
- Mateus, A., & Martins, L. (2019). *Challenges and opportunities for a successful mining industry in the future*. Boletim Geológico y Minero, 130(1), 99–121. Obtido de <https://doi.org/10.21701/bolgeomin.130.1.007>
- Mateus, A., & Martins, L. (2019). *Dez razões para apoiar e incentivar a indústria mineira: globalmente, na UE e em Portugal*. *Geonovas*, 32, 11-40. Obtido de https://www.researchgate.net/publication/347513524_Dez_razoes_para_apoiar_e_incentivar_a_industria_mineira_globalmente_na_UE_e_em_Portugal
- Matos, J. (2008). *Fundamentos de Informação Geográfica*.
- Mekonnen, T. (2021). *Application of Remote Sensing in Mining*. https://www.researchgate.net/publication/354208628_Application_of_Remote_Sensing_in_Mining
- Nunes Guiomar, N. (2005). *Modelo de análise espacial em sistemas de informação geográfica para requalificação biofísica de explorações mineiras*. Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa. Obtido de <https://run.unl.pt/bitstream/10362/3637/1/TSIG0011.pdf>
- Pereira, J. (n.d.). *Deteção Remota e Análise de Imagens*. Departamento de Engenharia Florestal do Instituto Superior de Agronomia.

Portaria n.º 441/90, de 15 de junho. Diário da República n.º 136/1990, Série I de 1990-06-15, páginas 2544 – 2545. Obtido de <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/441-575079>

Qental, L., & Oliveira, D. (2013). *A deteção remota na análise dos riscos tecnológicos associados à extracção mineira*. Fundação Calouste Gulbenkian. Obtido de <https://repositorio.Ineg.pt/handle/10400.9/2140>

Quintas, A. (2020). *Os mármoreos do Alentejo em perspectiva histórica de meados do século XIX a 2020*. Obtido de <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/28103>.

Rajesh, H. M. (2004). *Application of remote sensing and GIS in mineral: Resource mapping - An overview*. In Journal of Mineralogical and Petrological Sciences (Vol. 99, Issue 3, pp. 83–103). Obtido de https://www.researchgate.net/publication/45363148_Application_of_remote_sensing_and_GIS_in_mineral_Resource_mapping_-_An_overview

Resolução do Conselho de Ministros n.º 93/2002. Diário da República n.º 106/2002, Série I-B de 2002-05-08, páginas 4318 – 4338. (2002). Obtido de <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/resolucao-conselho-ministros/93-2002-369413>

Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2010. Diário da República, 1.ª série — N.º 148 — 2 de Agosto de 2010. (2010) Obtido de <https://files.diariodarepublica.pt/1s/2010/08/14800/0296203129.pdf>

Resolução do Conselho de Ministros n.º 50/2019. Diário da República n.º 45/2019, Série I de 2019-03-05, páginas 1490 – 1512 (2019). Obtido de <https://files.diariodarepublica.pt/1s/2019/03/04500/0149001512.pdf>

Ribeiro, T. (2011). *Valorização de escombros da indústria extractiva de mármoreos no Alentejo*. Faculdade De Ciências e Tecnologia. Obtido de https://run.unl.pt/bitstream/10362/5970/1/Ribeiro_2011.pdf

Sena Da Fonseca, B., & Galhano, C. (2013). *Importância da Indústria Mineira na Sociedade Envolvente*. Obtido em: <https://www.researchgate.net/publication/274078560>

- Simplício, M.C. (2010). *Elaboração do Sistema de Informação Geográfica de Apoio à Gestão e Avaliação do PROT Alentejo*. Obtido de <https://run.unl.pt/handle/10362/5155>
- Sinergise (2022). *Project Goldeneye*. Obtido de <https://www.sinergise.com/en/news/project-goldeneye>
- Sobreiro, M. J. (2005). *A indústria extractiva em portugal continental no período de 2001 a 2005-elementos estatísticos*. DGEG. Obtido de <https://www.dgeg.gov.pt/media/hfkgbwtw/i006900-1.pdf>
- Song, W., Song, W., Gu, H., & Li, F. (2020). *Progress in the remote sensing monitoring of the ecological environment in mining areas*. Obtido de <https://doi.org/10.3390/ijerph17061846>
- Sousa, M. & Silva, J. (2011). *Fundamentos Teóricos de Detecção Remota*. Universidade de Évora. Obtido de http://www.rdpc.uevora.pt/bitstream/10174/4822/1/Sebenta_DR_fundamentosTericos_2011.pdf
- Spatial Post (2023). *11+ Essential Application of Remote Sensing In Mining*. Obtido de https://www.spatialpost.com/application-of-remote-sensing-in-mining/#Application_of_Remote_Sensing_In_Mining
- Werner, T. T., Bebbington, A., & Gregory, G. (2019). *Assessing impacts of mining: Recent contributions from GIS and remote sensing*. *The Extractive Industries and Society*, 6(3), 993–1012. Obtido de <https://doi.org/10.1016/j.exis.2019.06.011>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Distribuição dos principais recursos minerais em Portugal	18
Figura 2- Composição de um SIG.....	27
Figura 3- Espectro magnético de deteção remota	32
Figura 4- Componentes do processo de deteção remota	33
Figura 5- Geoportal do LNEG com componentes de Deteção Remota.....	39
Figura 6- Esquema do projeto GoldenEye.....	41
Figura 7- Mapa de Enquadramento Geográfico da zona dos Mármoreos.....	45
Figura 8- O Anticlinal de Estremoz.	47
Figura 9- Escombeiras no município de Vial Viçosa.....	53
Figura 10- Esquema exemplificativo da organização das unidades de ordenamento.....	58
Figura 11- Fluxograma das etapas metodológicas no Dashboard	63
Figura 12- Select by Location das pedreiras da Zona dos Mármoreos.....	66
Figura 13- Listagem de atributos adicionados à camada "Pedreiras".....	70
Figura 14- Processo de publicação dos dados para o ArcGIS Online	71
Figura 15- Configuração da simbologia no Web Map dos indicadores.....	72
Figura 16- Indicador e tabela de detalhes referente às pedreiras Fonte: Elaboração própria	74
Figura 17- Gráfico e lista das pedreiras com outras condicionantes segundo o PDM.....	74
Figura 18 – Resultado da abertura do dashboard com a informação geral das pedreiras.	75
<i>Figura 19 – Resultado da abertura do dashboard com a informação geral das pedreiras.....</i>	<i>76</i>
Figura 20 – Resultado do dashboard no indicador “Presença de REN nas pedreiras”	76
Figura 21 – Resultado do dashboard no indicador “Presença de RAN nas pedreiras”	76

Figura 22 – Resultado do dashboard no indicador “Principal condicionante segundo o PDM sobre as pedreiras”	77
Figura 23 – Resultado do dashboard no indicador “Outras condicionantes segundo o PDM sobre as pedreiras”	77
Figura 24 – Resultado do dashboard no indicador “Pedreiras segundo classificação no PDM ”	77
Figura 25 – Resultado do dashboard no indicador “Pedreiras segundo classificação no PDM ”	78
Figura 26 – Resultado do dashboard no indicador “Situação exploratória das pedreiras”	78
Figura 27 – Resultado do dashboard no indicador “Situação administrativa das pedreiras”	78
Figura 28 – Resultado do dashboard no indicador “Pedreiras segundo a UOPG”	79
Figura 29 – Resultado do dashboard no indicador “Pedreiras segundo a UNOR”	79
Figura 30 – Resultado do dashboard no indicador “Classe de pedreiras”	79
Figura 31 – Resultado do dashboard no indicador “Tipo de litologia nas pedreiras”	80
Figura 32 – Resultado do dashboard no indicador “Presença de AIA nas pedreiras”	80
Figura 33 – Resultado do dashboard no indicador “Número de escombrelras nas pedreiras”	80
Figura 34 – Resultado do dashboard no indicador “Área de Deposição Comum (ADC) nas pedreiras”	81
Figura 35 – Resultado do dashboard no indicador “Perímetro urbano mais próximo das pedreiras”	81
Figura 36 – Resultado do dashboard no indicador “Estrada mais próxima das pedreiras”	81

LISTA DE TABELAS

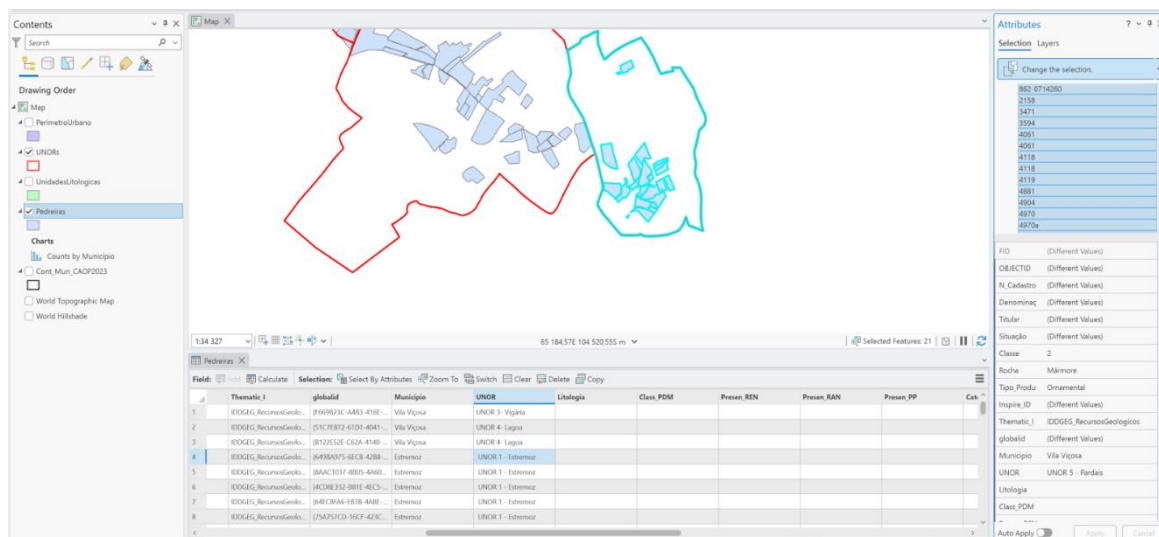
Tabela 1- Evolução do valor de produção por tipo de recurso mineral na indústria extrativa.....	20
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

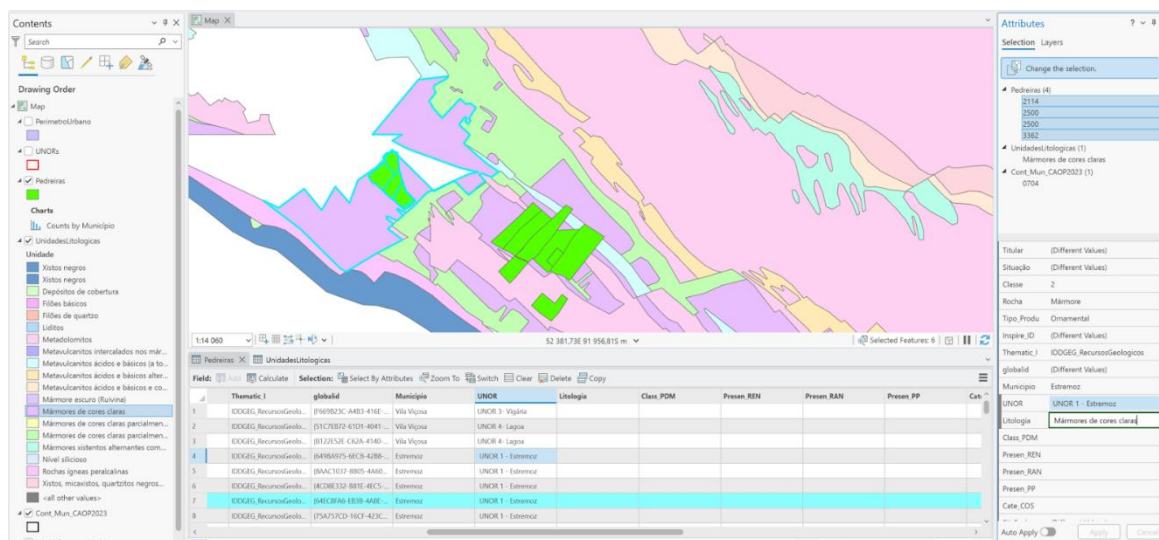
Gráfico 1- Evolução do valor de produção na Indústria Extrativa (103€)	19
Gráfico 2- Evolução da produção na Indústria Extrativa	21

Gráfico 3- Evolução do valor da exportações e importações na Indústria Extrativa em Portugal.....	22
Gráfico 4- Produção de rochas ornamentais na indústria mineira em Portugal (tonelada)	51
Gráfico 5- Exportações e importações de mármore entre 2005-2022.....	52

ANEXOS



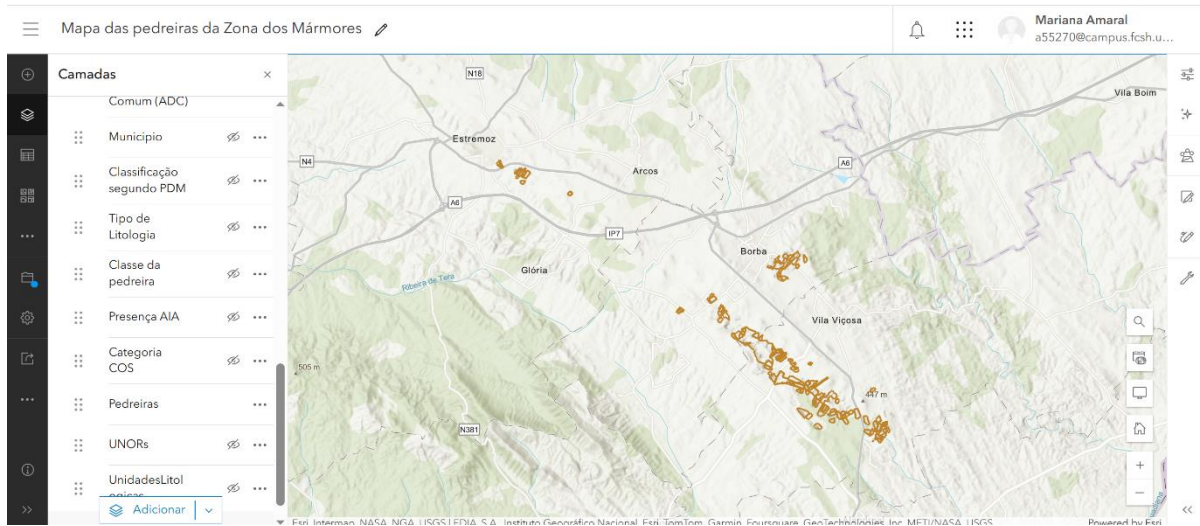
Anexo 1 – Elaboração do indicador UNOR no ArcGIS Pro | Fonte: Elaboração Própria



Anexo 2 – Elaboração do indicador Litologia no ArcGIS Pro | Fonte: Elaboração Própria

<input type="checkbox"/>	Mapa das pedreiras da Zona dos Mármore	Web map	11/03/2025		Pré-visualizar	...
<input type="checkbox"/>	Mapa de Zona dos Mármore	Feature layer (alojado)	9/03/2025		Pré-visualizar	...
<input type="checkbox"/>	Mapa de Zona dos Mármore	Service definition	9/03/2025		Pré-visualizar	...

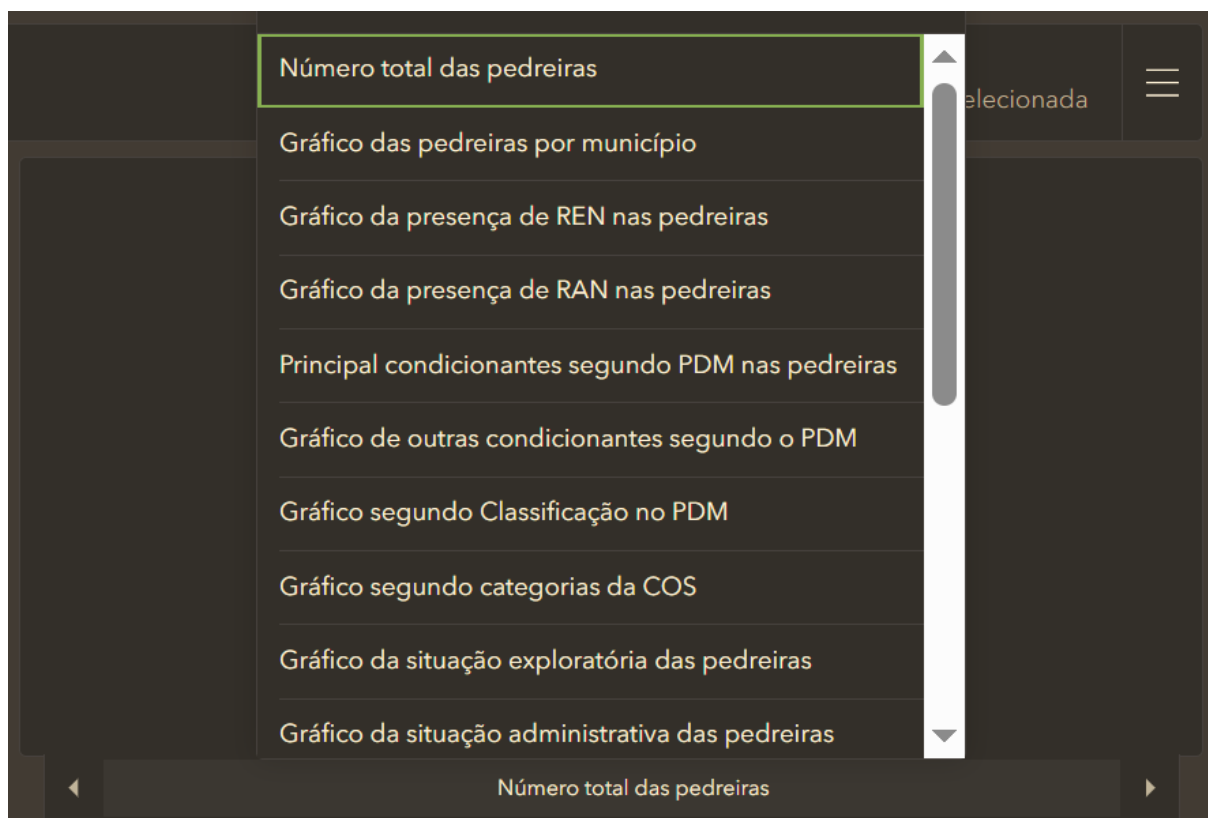
Anexo 3 – Feature layer e Web map no ArcGIS Online do Mapa da Zona dos mármore | Fonte: Elaboração Própria



Anexo 4 – Separação dos indicadores associados às pedreiras no Web map | Fonte: Elaboração Própria



Anexo 5– Elemento de seleção das pedreiras por número de cadastro no Dashboard | Fonte: Elaboração Própria



Anexo 6 – Elementos do dashboard | Fonte: Elaboração Própria