INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

MESTRADO EM ENGENHARIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTE

MEDIDAS DE MITIGAÇÃO AO LONGO DO CICLO DE VIDA DE UMA MINA: ESTUDO DE CASO (MINA DE NEVES-CORVO)

ANA CLÁUDIA SIMÃO ABREU

Julho de 2025

POLITÉCNICO
DO PORTO

ISEP INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

MEDIDAS DE MITIGAÇÃO AO LONGO DO CICLO DE VIDA DE UMA MINA: ESTUDO DE CASO (MINA DE NEVES-CORVO)

Mitigation Measures Throughout the Life Cycle of a Mine: Case Study (Neves-Corvo Mine)

Ana Cláudia Simão Abreu

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Geotécnica e Geoambiente

Orientador: Professor Helder I. Chaminé (ISEP)

Júri

Presidente

João Paulo Meixedo dos Santos Silva, Professor Coordenador, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Vogais

Helder Gil Iglésias de Oliveira Chaminé, Professor Coordenador com Agregação, Instituto Superior de Engenharia do Porto

José Augusto de Abreu Peixoto Fernandes, Professor Coordenador, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Maria José Coxito Afonso, Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Porto, Julho de 2025

[página propositadamente em branco]

Dedicatória

Dedico esta dissertação ao amor da minha vida, a minha Bia...

[página propositadamente em branco]

Resumo

A indústria mineira está habitualmente associada a impactes ambientais negativos sobre o meio ambiente. Os resíduos resultantes da atividade mineira, escombro e rejeitados, sendo geradores potenciais de águas ácidas, constituem um risco ambiental elevado, sendo um dos principais focos de contaminação dos solos e águas. Décadas de atividade mineira conduziram à geração de um passivo ambiental muito significativo, uma vez que até o final da década de 80 não existia em Portugal um adequado processo de recuperação ambiental das áreas afetadas e legislação aplicável. A consciência sobre os possíveis impactes ambientais tem aumentado ao longo das últimas décadas, levando as empresas a adotar práticas sustentáveis. Prevenir, mitigar e reparar os impactes negativos da exploração mineira sobre o ambiente são fundamentais, não só no fecho da mina, mas ao longo de todas as fases do ciclo de vida da mina. Na Somincor, são vários os exemplos de boas práticas e medidas de prevenção e mitigação utilizadas para evitar que qualquer impacte ambiental seja irrecuperável. A Boliden é membro do ICMM – Conselho Internacional de Mineração e Metais, organização internacional focada no desenvolvimento sustentável das atividades mineiras e tem como missão contribuir para interromper e reverter a perda de biodiversidade.

Palavras-chave: Impacte Ambiental, Passivo Ambiental, Resíduos Mineiros, Águas Ácidas, Mitigação

[página propositadamente em branco]

Abstract

The mining industry is usually associated with negative environmental impacts. The waste resulting from mining activities, including waste rock and tailings, which can be potential generators of acidic waters, constitutes a significant environmental risk and is one of the primary sources of soil and water contamination. Decades of mining activity have generated significant environmental liabilities, as there was no adequate environmental recovery process for affected areas and no applicable legislation in Portugal until the end of the 1980s. Awareness of potential environmental impacts has increased over the past few decades, prompting companies to adopt sustainable practices. Preventing, mitigating, and repairing the adverse environmental effects of mining are fundamental, not only at mine closure but throughout all phases of the mine's life cycle. At Somincor, several examples of good practices and prevention and mitigation measures are employed to prevent any irreparable environmental impact. Boliden is a member of the ICMM - International Council on Mining and Metals, an international organisation focused on the sustainable development of mining activities and whose mission is to contribute to halting and reversing the loss of biodiversity.

Keywords: Environmental Impact, Environmental Liabilities, Mining Waste, Acid Water, Mitigation

[página propositadamente em branco]

Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço à Somincor pela possibilidade de realizar o mestrado em engenharia geotécnica e geoambiente e pelos conhecimentos adquiridos ao longo de quase 9 anos.

À minha supervisora, Dra. Mafalda Oliveira (Somincor), pelo apoio e profundos conhecimentos partilhados, nomeadamente no que diz respeito a barragens e resíduos mineiros, ao longo destes anos de Somincor.

Ao meu orientador do ISEP, Prof. Helder I. Chaminé, pela disponibilidade e simpatia, um grande obrigado.

Aos colegas do DBRM, em particular à Ana Rodrigues, a "responsável" por mais um mestrado, ao João Silva pelo apoio e companheirismo, à Ana Rosa, pelo apoio e boa disposição nos momentos mais complicados, ao Afonso Costa (Afonsinho) pelo apoio e sorriso rasgado todas as manhãs e à Odete pela amizade de longos anos.

Ao longo de quase 20 anos de obras subterrâneas, barragens, monitorização e hidrogeologia, muitos foram os bons profissionais com que me cruzei, para além de grandes mestres, bons amigos.

Um agradecimento especial: i) ao Eng. Toscano e Eng. Passos Pereira, que muito me ensinaram sobre obras subterrâneas; ii) à Wendy Malvar, um poço de boa disposição e conhecimentos geotécnicos; iii) ao Dr. Pedro, meu grande mestre de Hidrogeologia de Neves-Corvo.

Por fim, à família, em especial aos meus Pais, que me apoiam SEMPRE.

[página propositadamente em branco]

Índice

1. Introdução ... 3
1.1. Âmbito ... 3
1.2. Enquadramento ... 3
1.3. Objetivos ... 6
1.4. Estrutura da dissertação ... 6
2. Estado da Arte: Breve Síntese ... 9
2.1. Atividade Mineira ... 9
2.2. Enquadramento Legal da Atividade Mineira em Portugal ... 10
2.3. Principais impactes ambientais da Exploração Mineira ... 14
2.3.1. Exemplos de impactes ambientais causados pela Exploração Mineira em Portugal. 15
2.4. Fases de vida de uma Mina ... 19
2.5. Medidas de Prevenção, Mitigação e Remediação ... 20
2.6. Responsabilidade Ambiental e Boas Práticas na Indústria Mineira ... 21
3. Estudo de Caso: Mina de Neves-Corvo ... 29
3.1. Mina de Neves-Corvo: A empresa ... 29
3.2. Plano de Encerramento da Mina de Neves-Corvo ... 34
3.3. Enquadramento Geológico e Hidrogeológico ... 37
3.4. Boas práticas e Medidas de Mitigação em Neves-Corvo ... 43
3.4.1. Rede de Monitorização de águas subterrâneas e superficiais ... 45
3.4.2. Base de Dados ... 53
3.4.3. Mapeamento de áreas potencialmente poluídas ... 55
3.4.4. Resíduos mineiros ... 59
3.4.4.1. Tipos de Resíduos Mineiros ... 59
3.4.4.2. Reutilização de Resíduos Mineiros ... 61
3.4.4.3. Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo ... 63
3.4.5. Diminuição do consumo de água bruta de Santa Clara no processo ... 67
3.4.6. Sistema de captação de águas contaminadas na Área Industrial ... 68
3.4.7. Recirculação de água industrial e Estações de tratamento de águas ... 70
3.4.8. Desvio de águas pluviais do sistema ... 73
3.4.9. Sistema de captação de águas de infiltração ou de escorrência superficial na envolvente das instalações ... 74
3.5. Escombreira: Integração do conhecimento existente ... 85
4. Considerações Finais ... 101
5. Referências ... 107

[página propositadamente em branco]

Lista de figuras

Figura 1 – Áreas de concessão mineira, Áreas de exploração experimental, Áreas de prospeção e pesquisa de depósitos minerais e Áreas de recuperação ambiental (fonte: ArcGIS Web Application). 4
Figura 2 – Contratos de Prospeção e Pesquisa de depósitos minerais (fonte: Contratos de Prospeção e Pesquisa em Vigor – 05/06/2025). 11
Figura 3 – Contratos de Concessões Mineiras (fonte: CM_ContratosVigor – 05/06/2025). 11
Figura 4 – Inventário das Áreas Mineiras Abandonadas (fonte: Inventariação de Áreas Mineiras - EDM – 05/06/2025). 13
Figura 5 – Evolução da escombreira da Mina da Panasqueira (Abreu, 2015). 16
Figura 6 – Escombreira da Mina da Panasqueira (fonte: Google Earth – 04/06/2025). 16
Figura 7 – Barragem das Pirites Alentejanas (imagem Google Earth – 04/06/2025). 17
Figura 8 – Corta de São Domingos (fonte: Recuperação Ambiental da Área Mineira de São Domingos - EDM – 04/06/2025). 18
Figura 9 – Fases da vida de uma Mina. 19
Figura 10 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU. 22
Figura 11 – Guia de boas práticas para a Gestão de água (position-statements_water-stewardship.pdf). 23
Figura 12 – Guia de boas práticas para a Gestão de Recursos Hídricos (guidance_water-maturity-framework.pdf). 23
Figura 13 – Guia de boas práticas para a Gestão de Resíduos (guidance_tailings-management.pdf). 23
Figura 14 – Guia de boas práticas para o encerramento integrado da mina (guidance_integrated-mine-closure.pdf). 23
Figura 15 – Encerramento integrado de minas (ICMM). 24
Figura 16 – Princípios de mineração do ICMM. 24
Figura 17 – Tópicos principais do GISTM. 25
Figura 18 – Vista geral a partir da aldeia da Sra. da Graça dos Padrões para NW, na direção da Horta do Fialho e aldeia de Neves da Graça. A área industrial viria a ocupar a área da direita (fotografia anterior a 1980, fonte: vídeo institucional Somincor). 29
Figura 19 – Jazigos minerais de Neves-Corvo (fonte: vídeo institucional Somincor). 30
Figura 20 – Instalação da Somincor no Porto de Setúbal (fonte: vídeo institucional Somincor). 31
Figura 21 – Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo (fonte: vídeo institucional Somincor). 31
Figura 22 – Vista Geral da área industrial. 32
Figura 23 – Enquadramento geológico e geográfico da concessão de prospeção e pesquisa de Neves-Corvo e do Rosário (fonte: https://edm.pt/mineira/rosario/). 33
Figura 24 – Fases de Implementação do Plano de Encerramento (Coba, 2022). 35
Figura 25 – Cartografia geológica da região de Neves-Corvo (Somincor, 1:25 000). 38
Figura 26 – Corte geológica da região de Neves-Corvo (Somincor, 1:10 000). 39
Figura 27 – Sequência Crono-Estratigráfica da área da mina de Neves-Corvo (Carvalho, 1993). ... 40
Figura 28 – Imagem 3D dos jazigos de Neves-Corvo (fonte: Somincor). 41
Figura 29 – Sistemas Hidrogeológicos de Neves-Corvo (Carvalho, 1990). Nota: quando se iniciaram as escavações, adicionou-se 1000 m à escala real, para se utilizarem apenas valores positivos.... 42
Figura 30 – Hierarquia de mitigação dos impactes ambientais (Fonte: Boliden). 44
Figura 31 – Rede de monitorização de Neves-Corvo (Somincor, 2024). 46
Figura 32 – Rede de monitorização de mina entre as cotas 135 e -783,35 (Somincor, 2024)..... 47
Figura 33 – Cone de rebaixamento dos níveis piezométricos (Somincor, 2024). 48
Figura 34 – Infraestrutura mineira em 1985 e 2022 e Cone de rebaixamento da superfície piezométrica. 49

Figura 35 – Diagrama de Piper - Amostragem 1985 (% meq L^{-1}) (Rubio, 1985). 50
Figura 36 – Diagrama de Piper - Amostragem 2022 (% meq L^{-1}). 50
Figura 37 – Distribuição do valor médio de cobre (2017-2024). 51
Figura 38 – Recuperação dos níveis piezométricos ao longo do tempo (L1 - Sistema Superficial, L2 - Sistema Intermédio e L3 - Sistema Mineiro Profundo). 52
Figura 39 – Exemplo da lista de pontos de observação. 53
Figura 40 – Exemplo da validação de níveis tendo em conta os TARPS (níveis de atenção). 54
Figura 41 – Exemplo de visualização de níveis de água e TARPS (níveis de atenção). 54
Figura 42 – Exemplo de verificação de análises químicas. 55
Figura 43 – APPs na AI (Somincor, 2018). 56
Figura 44 – APPs na IRCL (Somincor, 2018). 57
Figura 45 – Resíduos Mineiros – Escombro e Rejeitado. 60
Figura 46 – Vala de água contaminada no interior da IRCL (água de contacto). 60
Figura 47 – Reservatório do Cerro da Mina - Água Industrial. 61
Figura 48 – Diferentes tipos de enchimento utilizados em Neves-corvo (Fonte: Somincor). 62
Figura 49 – Enchimento de Mina com rejeitado vs Deposição de rejeitados na IRCL (Fonte: Somincor). 63
Figura 50 – Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo em 2005 (fonte: https://waterhub.pt/pt/projects/barragem-do-cerro-do-lobo). 64
Figura 51 – Corte esquemático do empilhamento vertical na IRCL (Golder, 2021). 65
Figura 52 – Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo em 2025 (Somincor). 66
Figura 53 – Consumo de água de Santa Clara no Couto Mineiro ao longo dos anos. 67
Figura 54 – Consumo de água no Couto Mineiro em 2024 – Água Sta. Clara vs Água industrial. 68
Figura 55 – Vista aérea das instalações da SOMINCOR (Google Earth, outubro de 2024, com sobreposição de fotografia aérea mensal de drone). 68
Figura 56 – Impermeabilização da BAC 4. 69
Figura 57 – Dupla vala perimetral que envolve toda a escombreira, e tanque de recolha das águas de escorrência superficial da escombreira que são coletadas nas valas perimetrais. 69
Figura 58 – Vista geral da ETARD. 70
Figura 59 – Vista geral da ETAI. 71
Figura 60 – Vista geral da ETAM. 71
Figura 61 – Evaporadores. 72
Figura 62 – Sistema de desvio de águas pluviais (da esquerda para a direita: Bap A, B, C, D, E e respetivos canais de conexão). 73
Figura 63 – Sistema de desvio de águas pluviais (da esquerda para a direita: Bap A, B, E e respetivos canais de conexão) (Golder, 2021). 73
Figura 64 – Rede de IBRs em redor da IRCL (imagem HGA). 74
Figura 65 – Exemplo de IBR: IBR17. 75
Figura 66 – Construção das valas de drenagem coletadas pelo IBR34. 75
Figura 67 – Vista geral a partir do coroamento da portela ME1 da IRCL de parte da rede de IBR. Junto ao pé de talude observa-se o IBR17 e na zona mais afastada da barragem os IBR34 e IBR35. 76
Figura 68 – Caudal médio total (m^3/h) coletado ao longo dos anos, com a indicação da progressão da quantidade de IBRs instalada. No eixo secundário encontra-se o nível de água da albufeira da IRCL. 77
Figura 69 – Principais zonas "alvo" da Geofísica para detectar possíveis caminhos de água (Nota: as setas brancas representam os possíveis fluxos de água). 77
Figura 70 – Caminhos preferenciais de circulação de água observados numa escavação na IRCL. 78
Figura 71 – Exemplo de perfil de geofísica. 79
Figura 72 – Escala de Resistividade Elétrica. 79
Figura 73 – Localização dos perfis de geofísica a jusante da IRCL. 80
Figura 74 – Perfil P31. 81

Figura 75 – Perfil P7. 81
Figura 76 – Perfil PRE5. 81
Figura 77 – Localização dos perfis a jusante do RCM. 82
Figura 78 – Perfil P1. 83
Figura 79 – Perfil P12. 83
Figura 80 – Perfil PRE1. 83
Figura 81 – Perfil PN26. 84
Figura 82 – Localização dos PCLS efetuados a jusante do RCM na sequência da geofísica. 84
Figura 83 – Perfil P11 (3º nível de cobertura – PCP/CP). 85
Figura 84 – Localização dos piezómetros a jusante da escombreira. 86
Figura 85 – Balanço da escombreira. 87
Figura 86 – Pé de talude da escombreira. 87
Figura 87 – Tanque da escombreira. 88
Figura 88 – Caudal da Ribeira de Oeiras. 89
Figura 89 – Nível de água nos piezómetros na envolvente da escombreira (2005/2025). 89
Figura 90 – Nível de água nos piezómetros na envolvente da escombreira (2020/2025). 90
Figura 91 – Variação dos parâmetros físico-químicos do PESC 1 ao longo do tempo. 90
Figura 92 – Variação dos parâmetros físico-químicos do PESC 5 ao longo do tempo. 90
Figura 93 – Variação dos parâmetros físico-químicos do SK16/PESC 7 ao longo do tempo. 91
Figura 94 – Variação do pH por piezómetro ao longo do tempo. 92
Figura 95 – Variação da condutividade por piezómetro ao longo do tempo. 92
Figura 96 – Variação dos Sulfatos por piezómetro ao longo do tempo. 92
Figura 97 – Variação do cobre por piezómetro ao longo do tempo. 93
Figura 98 – Variação do zinco por piezómetro ao longo do tempo. 93
Figura 99 – Distribuição espacial dos valores do pH e da condutividade. 93
Figura 100 – Distribuição espacial das concentrações de Sulfatos e Cobre. 94
Figura 101 – Distribuição espacial das concentrações de zinco. 94
Figura 102 – Perfil de Geofísica realizados na envolvente da escombreira. 95
Figura 103 – Perfil PN6 (Nota: O PESC 5 foi projetado para o perfil. Não é intersetado por este.). 95
Figura 104 – Perfil PN7 (Nota: O PESC 5, SK16 e PAI6 foram projetados para o perfil. Não são intersetados por este.). 96
Figura 105 – Perfil PN8 (Nota: O SK16 foi projetado para o perfil. Não é intersetado por este.). .. 96
Figura 106 – Perfil PN17. 97
Figura 107 – Perfil PN19. 97

[página propositadamente em branco]

Lista de tabelas

Tabela 1 – Escala de níveis de contaminação potencial (Somincor, 2018). 55
Tabela 2 – Campanhas de Geofísica efetuadas. 80
Tabela 3 – Análises realizadas no tanque da escombreira. 88
Tabela 4 – Características dos piezómetros. 89
Tabela 5 – Análises realizadas nos piezómetros. 91

[página propositadamente em branco]

Acrónimos

Lista de Acrónimos

AI *Área Industrial*

AIA *Avaliação de Impacte Ambiental*

APA *Agência Portuguesa do Ambiente*

APPs *Áreas com potencial para poluir*

BAC *Barragem de água contaminada*

BAP *Barragem de água pluvial*

BAT *Best Available Technologies*

BREF *Best Available Technologies (BAT) Reference Document*

CE *Comissão Europeia*

CVS *Complexo Vulcano-Sedimentar*

DGEG *Direção Geral de Energia e Geologia*

EDM *Empresa de Desenvolvimento Mineiro, SA*

ERT *Electrical Resistivity Tomography (Tomografia de Resistividade Elétrica)*

ETAI *Estação de Tratamento de Água Industrial*

ETAM *Estação de Tratamento de Águas de Mina*

ETAP *Estação de Tratamento de Água Potável*

ETARD *Estação de Tratamento de Águas Residuais Doméstica*

FPI *Faixa Piritosa Ibérica*

GISTM *Global Industry Standard on Tailings Management (Padrão Global da Indústria para a Gestão de Rejeitos*

HDS *High Density Sludge*

HGA *HydroGeoanalyst*

IBR *Infiltração da Barragem de Rejeitados*

ICMM *International Council on Mining and Metals (Conselho Internacional de Mineração e Metais)*

IRCL *Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo*

LER *Lista Europeia de Resíduos*

LNEG *Laboratório Nacional de Energia e Geologia*

LoM *Life of Mine*

MTD *Melhores técnicas disponíveis*

NAG *Net acid generation (Geradora potencial de água ácida)*

ODS *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*

OI	*Osmose Inversa*
ONU	*Organização das Nações Unidas*
PAI	*Piezómetro da área industrial*
PEAD	*Polietileno de Alta Densidade*
PESC	*Piezómetro da Escombreira*
PH	*Ponto de Observação de Mina*
PNUMA	*Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente*
PQ	*Grupo Filito-Quartzítico*
PRI	*Principles for Responsible Investment (Princípios para o Investimento Responsável)*
R	*Reservatório de emergência*
RCM	*Reservatório do Cerro da Mina*
TARPs	*Trigger Action Response Plans*
TUA	*Título Único Ambiental*
UE	*União Europeia*

Capítulo I

INTRODUÇÃO

[página propositadamente em branco]

1. Introdução

1.1. Âmbito

A presente dissertação enquadra-se na unidade curricular "Dissertação/Projeto/Estágio", do 2º ano do Curso de Mestrado em Engenharia Geotécnica e Geoambiente do Departamento de Engenharia Geotécnica (DEG), do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), do Politécnico do Porto (P. Porto), e tem como objetivo a obtenção do grau de mestre em Engenharia Geotécnica e Geoambiente.

Desenvolvida em formato Projeto, aborda a temática dos impactes ambientais na indústria mineira e como agir de forma proactiva ao longo da vida de uma mina, apresentando o caso de estudo da Mina de Neves-Corvo. Além disso, reflete, em parte, a experiência profissional da autora na temática da gestão de georrecursos e de geotecnia ambiental e vivência na Mina de Neves-Corvo.

1.2. Enquadramento

A indústria mineira está por norma associada a problemas ou más práticas ambientais, sendo apenas no fecho ou pós-fecho da mina, tomadas medidas para remediação de qualquer impacte sobre o meio ambiente.

A exploração mineira em Portugal conta já com várias centenas de anos e estão identificados 2.470 depósitos minerais (LNEG, 2020). Atualmente existem 21 Concessões de prospeção e pesquisa e 126 Concessões mineiras – Figura 1.

Portugal tem um passivo ambiental enorme, 199 áreas mineiras encerradas/abandonadas, devido à falta de legislação que contemplasse até aos anos 80, a reposição das condições originais.

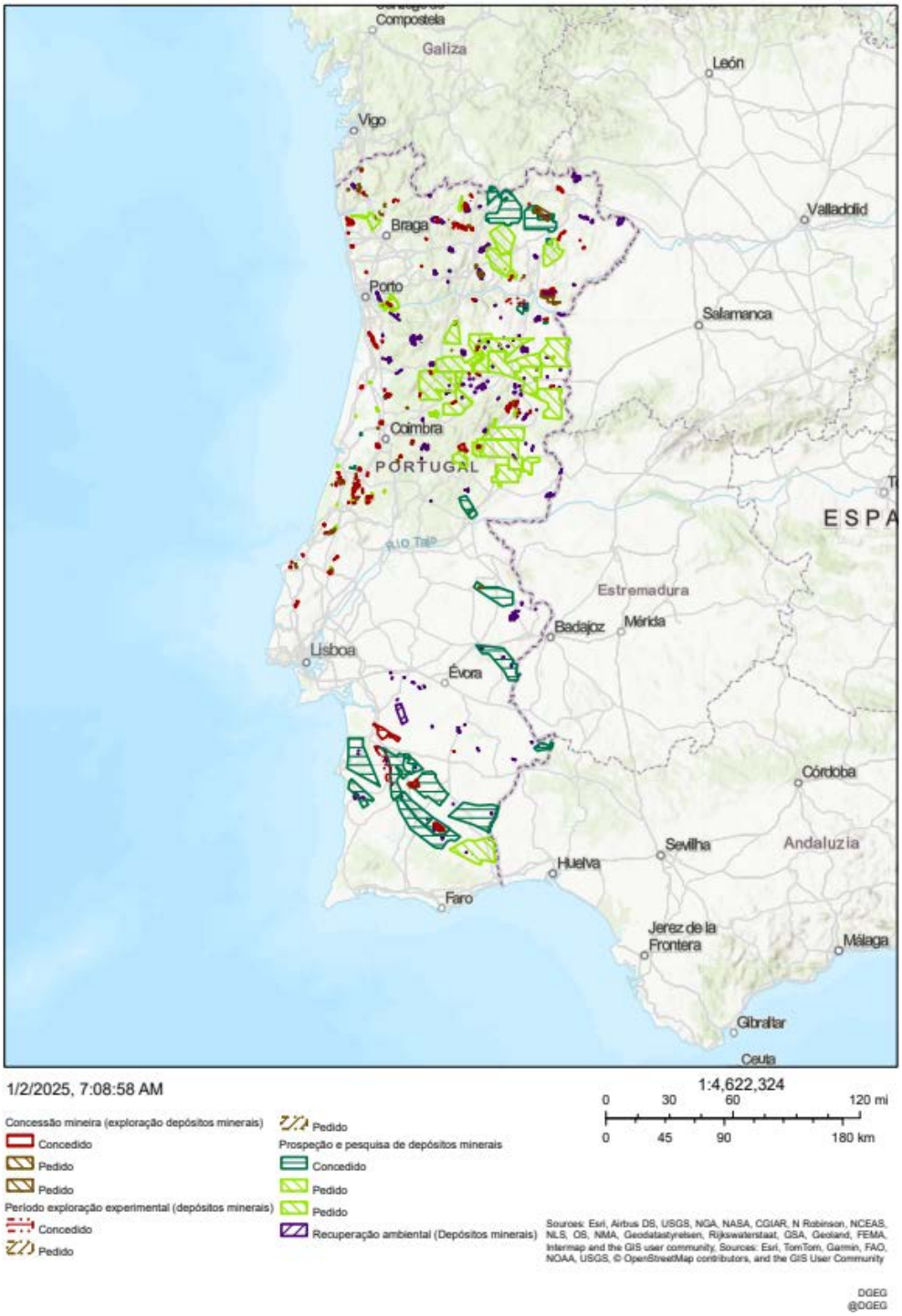


Figura 1 – Áreas de concessão mineira, Áreas de exploração experimental, Áreas de prospeção e pesquisa de depósitos minerais e Áreas de recuperação ambiental (fonte: ArcGIS Web Application).

Desde o final dos anos 80 as concessões mineiras são obrigadas a ter um Plano de Encerramento, que é periodicamente revisto e atualizado e onde são contempladas todas as medidas e verbas

financeiras necessárias ao cumprimento do contrato, à recuperação paisagística da área abrangida e ao encerramento da exploração para evitar qualquer passivo ambiental, e um Plano de Lavra da Mina que tem de conter os princípios orientadores para o correto aproveitamento de depósitos minerais naturais e a gestão dos resíduos mineiros produzidos, com base nas melhores técnicas disponíveis, para garantir a sustentabilidade da atividade mineira, a proteção do meio ambiente e o bem estar as populações.

A indústria mineira "carrega" o peso do passivo ambiental deixado ao longo de décadas de atividade, devido à falta de legislação ou regulamentação específica. A consciência de que é necessário agir desde a fase de projeto até ao pós-fecho de uma mina, monitorizando, prevenindo, mitigando e corrigindo, é essencial para reduzir ao máximo qualquer impacte sobre o meio e evitar que sejam necessárias medidas de remediação no pós-fecho, alterou este paradigma, e a implementação de legislação e de boas práticas, nacionais e internacionais, permitiram reduzir o risco e o impacte da atividade mineira ao longo de todas as fases de vida da mina.

O jazigo de Neves-Corvo, descoberto em 1977 e em exploração desde 1988 pela SOMINCOR – Sociedade Mineira de Neves-Corvo S.A., é um jazigo de sulfuretos maciços vulcanogénicos polimetálicos, localizado na Faixa Piritosa Ibérica. A sua exploração é totalmente subterrânea.

Os resíduos mineiros (escombro e rejeitados), que têm de ser armazenados temporariamente na escombreira ou definitivamente na Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo, constituem um risco ambiental elevado, sendo geradores potenciais de águas ácidas.

A água assumiu desde muito cedo um papel de extrema importância em Neves-Corvo e é maioritariamente nesta temática que esta dissertação se vai centrar.

Em Neves-Corvo, a monitorização iniciou-se em 1979, antes de qualquer trabalho mineiro, representando as condições pré-mina. A variação dos níveis piezométricos e as alterações químicas que ocorrem ao longo do tempo são bastante importantes para conhecer o impacte ambiental da indústria mineira sobre o meio.

A atual rede de monitorização à superfície e na mina permite identificar claramente as áreas que se encontram impactadas pelos trabalhos mineiros e que devem ser alvo de monitorização/vigilância, atuação/correção a curto/médio prazo, ou recuperação após o fecho da mina.

A SOMINCOR adota as melhores práticas na gestão ambiental, seguindo Guias Internacionais de Boas Práticas na indústria mineira.

1.3. Objetivos

Esta dissertação pretende fazer um enquadramento geral sobre os impactes da indústria mineira e medidas de mitigação ambiental em contexto mineiro e dar exemplos de boas práticas utilizadas durante a fase de operação da Mina de Neves-Corvo.

Ao longo dos anos, a Somincor tem adotado medidas e boas práticas que permitem um desenvolvimento sustentável e pretendem minimizar qualquer impacte sobre o meio ambiente em todas as fases do ciclo de vida da mina, sendo um exemplo na indústria mineira.

1.4. Estrutura da dissertação

Esta dissertação encontra-se organizada em quatro capítulos maiores, a saber:

- Capítulo I - Introdução

Neste capítulo é feito o enquadramento do tema da dissertação e são mencionados os objetivos da mesma.

- Capítulo II – Estado da Arte: Breve Síntese

No segundo capítulo é feita uma breve síntese sobre os temas abordados na dissertação, começando com uma breve abordagem sobre a atividade mineira, a descrição da legislação aplicada à atividade mineira em Portugal, os principais impactes da industria mineira, dando alguns exemplos, a descrição das fases de vida de uma mina, medidas de prevenção, mitigação e remediação e por fim uma breve descrição sobre responsabilidade ambiental e boas práticas na industria mineira.

- Capítulo III – Estudo de Caso: Mina de Neves-Corvo

Neste capítulo é apresentado o Estudo de Caso, onde é feita a descrição da empresa, o enquadramento geológico e hidrogeológico e são descritas as boas práticas e medidas de mitigação em Neves-Corvo.

- Capítulo IV – Considerações finais

No quarto capítulo é feito o resumo da informação mais relevante presente nesta dissertação e são feitas algumas considerações finais.

De seguida apresentam-se as referências com as principais fontes bibliográficas consultadas.

Capítulo II

ESTADO DA ARTE: BREVE SÍNTESE

[página propositadamente em branco]

2. Estado da Arte: Breve Síntese

2.1. Atividade Mineira

A atividade mineira engloba todas as operações desde a pesquisa e exploração de recursos minerais, a extração e tratamento de minerais com valor económico e a sua comercialização.

Os recursos minerais não são renováveis, são finitos e geograficamente mal distribuídos, localizam-se apenas em locais específicos e devem ser explorados de forma adequada e quando a sua exploração é economicamente viável.

São vários os impactes da atividade mineira sobre a sociedade e o ambiente. Se por um lado as operações mineiras têm um enorme potencial para criar, contribuir e apoiar o desenvolvimento sustentável das comunidades onde se inserem, por outro lado originam impactes negativos sobre o meio ambiente, que urgem monitorizar, minimizar e/ou corrigir desde o início da operação.

O legado mineiro é constituído por um conjunto de custos, benefícios, perdas e ganhos de capital. A nível global, a sociedade tem grandes benefícios relacionados com a atividade mineira e o legado é sobretudo positivo, permitindo o desenvolvimento das tecnologias da vida moderna. A nível nacional, as receitas das minas têm contribuído para o desenvolvimento de infraestruturas, de capacidade social e económica, permitindo o crescimento industrial e de outras atividades. A nível local, o balanço é negativo devido ao encerramento e abandono dos locais, à poluição e à emigração, que constituem "o problema do legado das minas" (EDM, 2011) e que dificulta o desenvolvimento de relações de confiança entre o sector mineiro e a sociedade.

O problema dos legados mineiros negativos é sobretudo um problema histórico, uma vez que atualmente é obrigatória a preparação de planos formais de encerramento por parte das

empresas, onde são descritas as práticas operacionais e as medidas de minimização dos impactes ambientais, sociais e económicos após o encerramento da atividade.

2.2. Enquadramento Legal da Atividade Mineira em Portugal

A atividade mineira em Portugal conta já com várias décadas, o que conduziu à geração de um passivo ambiental muito significativo, uma vez que não existia um adequado processo de recuperação ambiental das áreas afetadas e/ou legislação aplicável.

Nos anos 80, do século XX, toda a problemática dos impactes causados pela indústria mineira emergiu e no final dessa mesma década a recuperação ambiental das explorações mineiras passou a ser obrigação dos concessionários, devendo a recuperação paisagística ser assegurada no âmbito do Plano de Lavra das concessões, de acordo com o Decreto-Lei nº 90/90 (revogado pela Lei n.º 54/2015) e a respetiva regulamentação constante do Decreto-Lei nº 88/90 (aplicada ao aproveitamento de depósitos minerais naturais).

A entidade reguladora em Portugal dos recursos geológicos é a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), que promove e participa na elaboração do enquadramento legislativo e regulamentar, referente ao desenvolvimento das políticas e medidas para a prospeção, aproveitamento, proteção e valorização dos recursos geológicos e na preservação do ambiente.

O enquadramento jurídico das atividades de revelação e do aproveitamento dos recursos geológicos existentes no território nacional encontra-se na Lei n.º 54/2015. Aprofundar o conhecimento sobre os recursos existentes, valorizar os recursos geológicos a nível económico, cultural, histórico e social, de modo a promover o crescimento do sector mineiro, o desenvolvimento da região, a criação de emprego e a preservação do ambiente são de interesse público. São definidos como *«Depósitos minerais», quaisquer ocorrências minerais que, pela sua raridade, alto valor específico ou importância na aplicação em processos industriais das substâncias nelas contidas, se apresentam com especial interesse económico*. *Mina é o conjunto do depósito mineral objeto de concessão, dos anexos mineiros, das obras e dos bens imóveis afetos à exploração.*

O Decreto-Lei n.º 30/2021 (alterado por apreciação parlamentar pela Lei n.º 10/2022) procede à regulamentação da Lei n.º 54/2015, e aplica-se aos depósitos minerais, aos recursos geológicos que apresentem relevância geológica, mineira ou educativa, às atividades industriais de beneficiação dos materiais extraídos, de indústrias transformadoras de produtos minerais, de

indústrias metalúrgicas de base e de instalações de resíduos da indústria extrativa que ocorram em anexos de exploração, bem como a comercialização e trânsito de minérios.

A DGEG é a entidade pública responsável pela atribuição de direitos de avaliação prévia, de Prospeção e Pesquisa, de Exploração experimental e de Concessão de Exploração de Depósitos Minerais, e pela coordenação das ações que visam a identificação, valorização e o aproveitamento económico destes recursos, de forma a garantir a sua sustentabilidade, e assegurar a sua correta gestão e aproveitamento.

Existem atualmente em Portugal 21 concessões de prospeção e pesquisa – Figura 2, e 121 concessões mineiras – Figura 3.

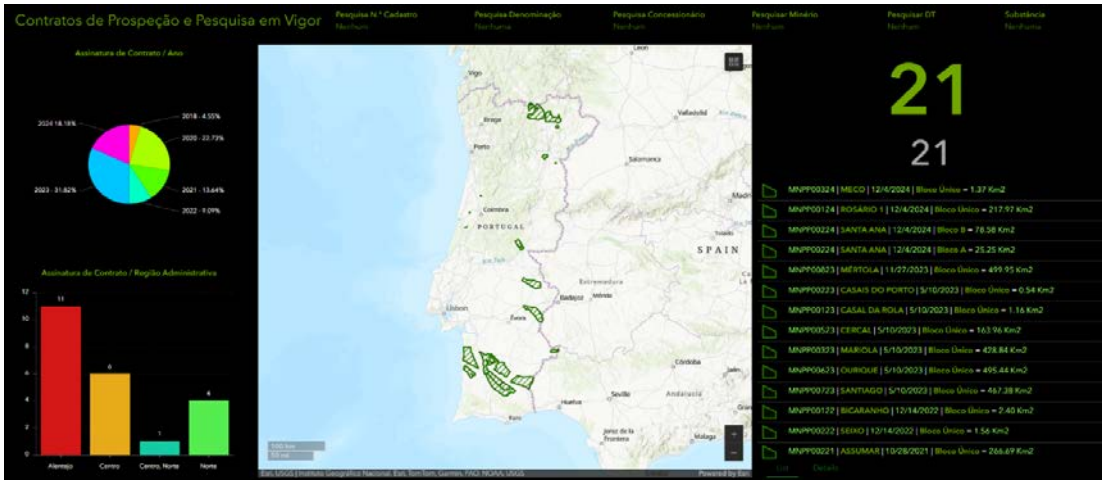


Figura 2 – Contratos de Prospeção e Pesquisa de depósitos minerais (fonte: Contratos de Prospeção e Pesquisa em Vigor – 05/06/2025).

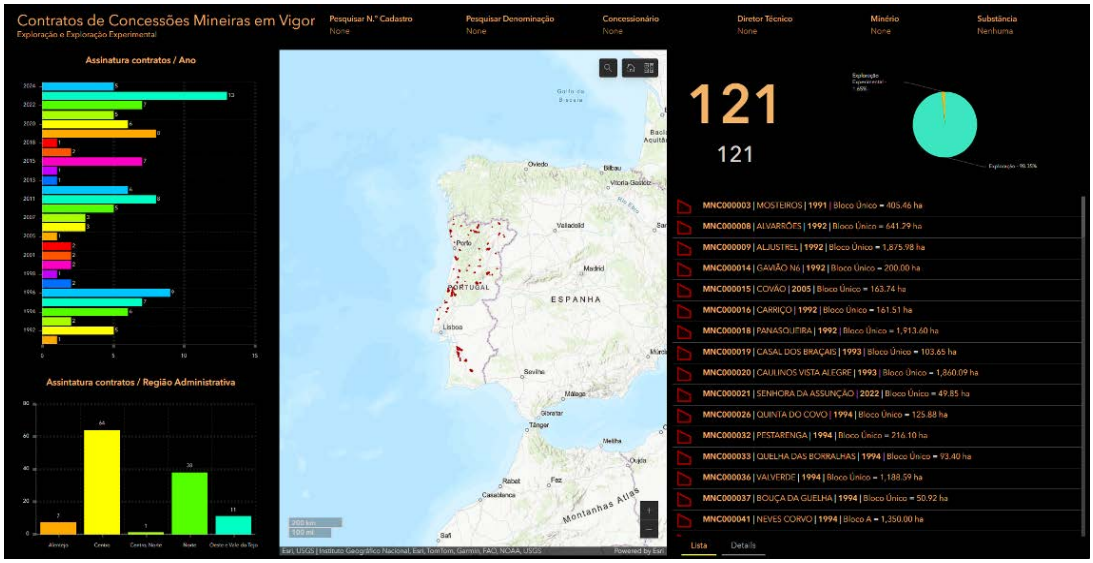


Figura 3 – Contratos de Concessões Mineiras (fonte: CM_ContratosVigor – 05/06/2025).

O Plano de Lavra é também aprovado pela DGEG e vincula o concessionário na execução dos trabalhos de exploração. Este contempla todas as atividades a executar na área concessionada e anexos mineiros, desde a Descrição do depósito mineral, até ao Plano ambiental e de recuperação paisagística e Plano de Encerramento da exploração (incluindo planos de acompanhamento e monitorização, quando aplicável).

Em projetos da indústria extrativa é necessária uma Avaliação de Impacte Ambiental (AIA). O Decreto-Lei nº 152-B/2017, de 11 de dezembro, altera o Decreto-Lei nº 151-B/2013, de 31 de outubro, que estabelece o regime jurídico da avaliação de impacte ambiental dos projetos públicos e privados suscetíveis de produzirem efeitos significativos no ambiente e transpõe a Diretiva n.º 2014/52/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de abril de 2014 (que altera a Diretiva n.º 2011/92/UE).

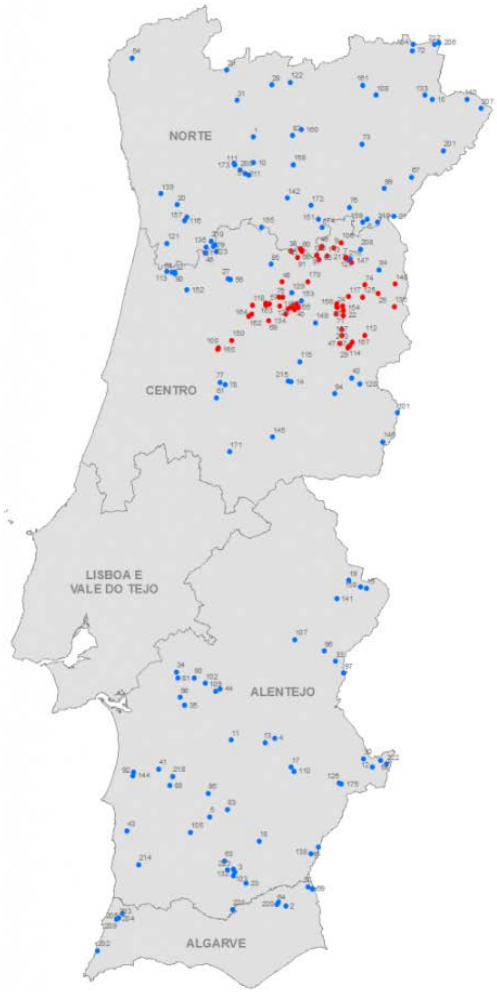
A AIA tem como objetivo avaliar os possíveis impactes ambientais, definir medidas de mitigação destinadas a prevenir, minimizar ou controlar tais impactes adversos do projeto, verificar a eficácia das medidas adotadas, monitorizando os efeitos, garantir a participação pública e se possível compensar pelos efeitos negativos.

Em Portugal existem 199 minas encerradas ou abandonadas, o passivo ambiental é enorme, deixando marcas significativas na paisagem e impactes ambientais negativos – Figura 4.

O passivo ambiental é o dano causado ao ambiente e às populações. É o resultado da acumulação de contaminantes resultantes das atividades industriais que utilizam ou produzem substâncias perigosas e poluentes, ao longo do tempo, e que conduzem à poluição das águas e dos solos.

O Decreto-Lei nº 198-A/2001, veio fazer face ao passivo ambiental anterior à década de 80, considerando as áreas abandonadas localizadas na zona de influência de antigas explorações mineiras desativadas, áreas objeto de exploração mineira iniciada antes da entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 90/90 e as áreas de exploração mineira de minerais radioativos (a vermelho na Figura 4) e de reconhecido o interesse público como "Áreas Mineiras degradadas".

Após várias décadas de atividade mineira em Portugal, e de um passivo ambiental muito significativo, agravado pela falta de um adequado processo de recuperação ambiental das áreas abrangidas, o reconhecimento da gravidade da situação e da urgência em encontrar meios adequados de reposição do equilíbrio ambiental destas áreas (degradadas e ao abandono), conduziu à celebração de um contrato de concessão entre o Estado e a EDM - Empresa de Desenvolvimento Mineiro, SA - Decreto-Lei n.º 198-A/2001 (alterado pelo Decreto-Lei nº 60/2005).



1	Adória
2	Alcaria Queimada
3	Algaré
4	Algares de Portel
5	Aluastel
6	Almendreiras
7	Alto de Rase
8	Alto da Vérzea
9	A. do Cavalo
10	Alto do Sião
11	Alvito
12	Aparis
13	Arado do Castanheiro
14	Argeneia
15	Argozelo
16	Azeiteiros
17	Azenhas
18	Balança
19	Baloco
20	Banjas
21	Barca d'Alva
22	Barracão (Fábrica)
23	Barrigão
24	Barroca Funda
25	Barróco D. Frangu
26	Barróco I
27	Bejancia
28	Bessa
29	Bica
30	Bolefa
31	Borralha
32	Braçal
33	Bugalho
34	Caeira
35	Caeirinha
36	Canto do Lagar
37	Carrasce
38	Carril
39	Carris
40	Castelejo
41	Caseira
42	Ceife
43	Cercal e Rosalgar
44	Chaminé
45	Chança
46	Chão
47	Coitos
48	Corga de Valbom
49	Corguinha e Prazos
50	Cortes Pereira
51	Costas do Marão
52	Cótimos
53	Covai da Mó e Bocanha
54	Covas
55	Cruz da Faia
56	Cume
57	Cunha Baixa
58	Defesa das Mercês
59	Eira do Breju
60	Erviderra
61	Escadia Grande
62	Espinho
63	Ferragudo
64	Ferrarias
65	Ferreiros
66	Fontainhas e Gradiz
67	Fonte Santa
68	Fonte Velha
69	Fontinha
70	Formiga
71	Forte Velho
72	França
73	Freixada
74	Freixinho
75	Freixiosa
76	Freixo de Numão
77	Gáis Senhora da Guia
78	Gáis Vale Pilão
79	Gourim
80	Gouveia de Baixo
81	Grou
82	Iaiao
83	Iuliana
84	Ladeira das Vinhas
85	Lagares de Rebentão
86	Lagoas do Paço
87	Lentiscos
88	Lousal
89	Luz
90	Malhada
91	Maria Dónis
92	Martinete
93	Massueime
94	Mata da Rainha
95	Mestres
96	Miguel Vacas
97	Moiços
98	Moinho da Ordem
99	Moncorvo
100	Mondego Sul
101	Monfortinho

102	Monges
103	Monte das Mestres
104	Montesinho
105	Montinho
106	Montoirios
107	Mostardeira
108	Murçós
109	Nogueirinha
110	Oreda
111	Ordes
112	Pai Moniz
113	Palhal
114	Pedreiros
115	Peixeiro
116	Pejão
117	Pêra do Moço
118	Picoto
119	Pinhal do Souto
120	Pinheiro
121	Pintor
122	Poço das Freitas
123	Pousadela
124	Povoa de Cervães
125	Prado Velho
126	Preguiça
127	Quinta das Seixas
128	Quinta do Brejo
129	Raseira
130	Rebolieiro
131	Regouffe
132	Horta da Reveza
133	Ribeira
134	Ribeira do Bóco
135	Ribeira do Ferro
136	Rio de Frades
137	Rosmaneira
138	São Domingos
139	São Pedro da Cova
140	São Martinho de Angueira
141	Santa Eulália
142	Santa Leocádia
143	Barróco do Ouro
144	Saramaga
145	Sarzedas
146	Segura
147	Senhora das Fontes
148	Sentineia
149	Serra de Bois
150	Sevilha
151	Santo António de Penedono
152	Talhadas
153	Tapada do Lobo
154	Tapada dos Mercados
155	Tarouca
156	Tentinolho
157	Terramonte
158	Tinoca
159	Torrão da Moita
160	Três Minas
161	Tuela
162	Urgeriça
163	Valdante
164	Vale Cibo
165	Vale da Abrutiga
166	Vale da Videira
167	Vale d'Arca
168	Vale das Gatas
169	Vale do Tambo
170	Vales
171	Vérzea dos Cavaleiros
172	Vérzea de Trevões
173	Vieiros
174	Vieiros de Penedono
175	Vila Ruiva
200	Alto Figueira
201	Brunhosinho
202	Carrapateira (Bordeira)
203	Cerro da Amendoeirinha
204	Cerro do Penedo
205	Corte do Sobro
206	Guadramil
207	Ilanes
208	Adivo Machorrinho
209	Margalhos
210	Muro
211	Namelhosa
212	Rio de Silos
213	João Antão
214	Torgal
215	Recheira (mina do Alemão)
216	Massueime-Cabeço da Ponte
217	Massueime-Ferradosa
218	Azinheira dos Barros
219	Pai Afonso
220	Courelas (Santa Luzia)
221	Barranco do Vale Covo
222	Minancos
223	Porteirinhos

Legenda:

	Outras minas
	Radioactivos

Figura 4 – Inventário das Áreas Mineiras Abandonadas (fonte: Inventariação de Áreas Mineiras - EDM – 05/06/2025).

A EDM foi criada em 1989, mas as suas origens remontam a 1966, ano em que o depósito do Gavião foi descoberto pela Sociedade Mineira de Santiago. É a empresa de referência no desenvolvimento sustentável da Indústria Mineira Portuguesa, que tem como missão maximizar o conhecimento dos recursos mineiros do País, a sua valorização e aproveitamento económico, atividades de prospeção, pesquisa e exploração de recursos minerais, recuperação e monitorização ambiental e valorização das antigas áreas mineiras degradadas e abandonadas, requalificando-as, promovendo a segurança e o bem-estar das zonas envolventes e propiciando novas soluções para o desenvolvimento económico das regiões em que se localizam. Em 2020 eram já 111 as áreas mineiras intervencionadas, 47 com minérios radioativos e 64 com minérios polimetálicos.

O Decreto-Lei n.º 198-A/2001 refere que é dever fundamental do Estado e de reconhecido interesse público a recuperação das áreas degradadas do território nacional, aplicando-se às áreas

mineiras degradadas, que constituam um fator de risco potencial para a saúde humana ou para a preservação do ambiente, como antigas explorações mineiras desativadas, cujas empresas concessionárias não possam ser responsabilizadas pelas consequências ambientais decorrentes daquela atividade, porque as respetivas concessões já reverteram para o Estado ou porque essas empresas se encontram dissolvidas por falência, áreas objeto de exploração mineira iniciada antes da entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 90/90 e já desativadas até essa data, independentemente de atuais concessões de exploração para esse fim e áreas de exploração de minerais radioativos.

2.3. Principais impactes ambientais da Exploração Mineira

O impacte ambiental pode ser definido como qualquer alteração resultante das atividades humanas sobre o ambiente, que afete a saúde, o bem-estar e a segurança da população, o ambiente e a qualidade dos recursos naturais.

A exploração mineira, deixou ao longo de várias décadas, marcas significativas na paisagem e no ambiente, dos quais se destacam:

- Geração de resíduos (escombro e rejeitados) e disposição inadequada em escombreiras e barragens de rejeitados;
- Drenagens ácidas de mina;
- Contaminação dos recursos hídricos;
- Contaminação de solos;
- Degradação da paisagem;
- Riscos de segurança;
- Poluição sonora e alteração da qualidade do ar;
- Redução da biodiversidade;
- Degradação de património industrial.

Dos impactes ambientais listados, dão-se em seguida alguns exemplos relacionados com a deposição de resíduos mineiros.

2.3.1. Exemplos de impactes ambientais causados pela Exploração Mineira em Portugal

Os resíduos resultantes da atividade mineira, escombro e rejeitados, sendo geradores potenciais de águas ácidas, constituem um risco ambiental elevado, sendo um dos principais focos de contaminação dos solos, águas superficiais e águas subterrâneas, para além da marca que deixam na paisagem devido às enormes acumulações de resíduos.

As escombreiras e barragens de rejeitados associados aos resíduos das explorações mineiras são constituídas por depósitos de diferentes tipos de rocha encaixante e por minério. Estes materiais podem ter um maior ou menor potencial de contaminação, quer pela dispersão de partículas pelo vento (destacando-se as escombreiras de minerais radioativos), quer pela percolação de águas pluviais através dos depósitos, principalmente quando estes não se encontram impermeabilizados (destacando-se as escombreiras associadas à exploração de minérios de sulfuretos polimetálicos ou com rochas encaixantes que contenham enxofre, pois geram águas de percolação ácidas e contaminadas com metais pesados). Do ponto de vista da segurança, estas estruturas são bastante sensíveis, pois podem colapsar.

Um pouco por todo o país é possível observar marcas da exploração mineira, nomeadamente grandes acumulações de resíduos mineiros resultantes de anos de exploração.

Destaca-se o caso da Mina da Panasqueira, um dos maiores depósitos de volfrâmio do mundo, localizado na província metalogenética estano-tungstífera ibérica, no concelho da Covilhã, cuja exploração se iniciou em 1896. O jazigo da Panasqueira é um jazigo do tipo filoniano, constituído por um extenso campo de filões de quartzo, notável pelas dimensões e pela riqueza da paragénese mineral (volframite, cassiterite, calcopirite, moscovite, topázio, fluorite, arsenopirite, pirite, pirrotite, marcassite, esfalerite, apatite, siderite, calcite e dolomite).

A volframite (tungsténio) é o minério explorado e o mais importante em termos económicos. O estanho (cassiterite) e o cobre (calcopirite) correspondem a subprodutos da exploração.

Para além dos concentrados de volfrâmio produzidos (média de 75% de WO3), são ainda produzidos concentrados de estanho (média de 74% de Sn) e Concentrados de cobre (média de 28-30% de Cu). A escombreira e barragens de rejeitados ocupavam em 2013 uma área de mais de 0,63 km² – Figura 5.

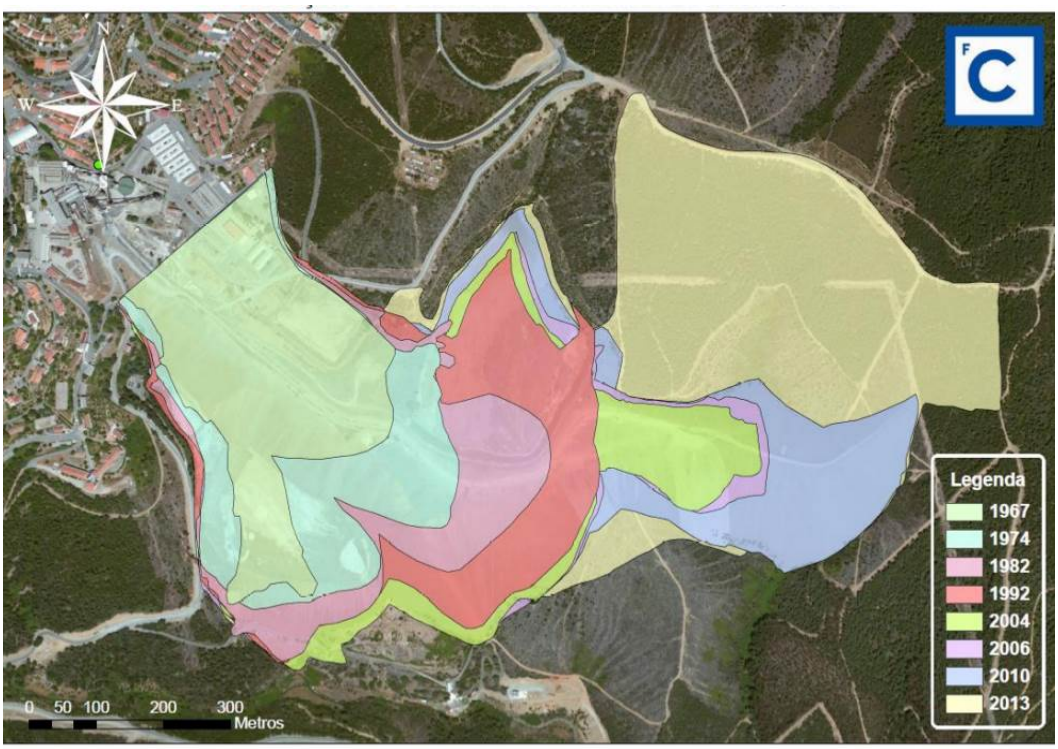


Figura 5 – Evolução da escombreira da Mina da Panasqueira (Abreu, 2015).

As escombreiras de grandes dimensões resultam da acumulação dos resíduos mineiros de anos de exploração, apresentam um risco potencial de poluição ambiental elevado, devido aos metais pesados – Figura 6.

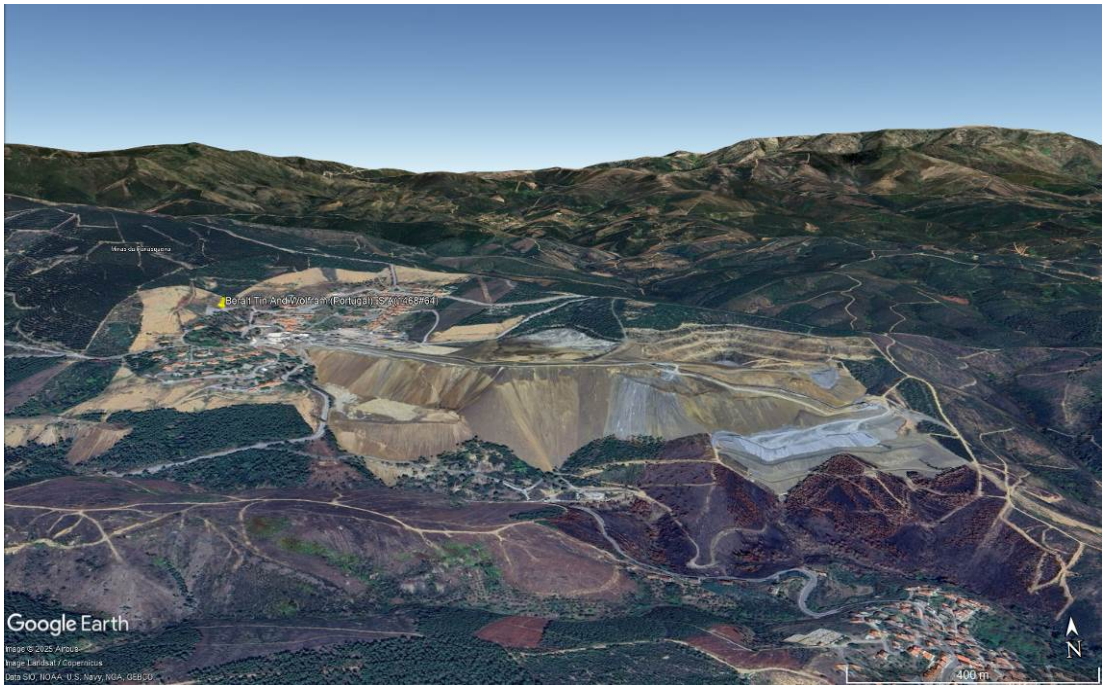


Figura 6 – Escombreira da Mina da Panasqueira (fonte: Google Earth – 04/06/2025).

As barragens de rejeitados são estruturas sensíveis, que devem seguir as melhores práticas disponíveis no que respeita à sua construção e exploração. A correta exploração ao longo da sua vida útil e a constante monitorização destas estruturas podem evitar desastres ambientais graves.

Um pouco por todo o país se encontram barragens de rejeitados, contudo, destacam-se no distrito de Beja, duas grandes barragens de rejeitados, de minas em atividade na Faixa Piritosa Ibérica, a Barragem das Pirites Alentejanas Almina e a Barragem do Cerro do Lobo, na Somincor.

Embora a exploração mineira em Aljustrel seja muito antiga, datada do terceiro milénio A.C, o aproveitamento das minas em larga escala iniciou-se em meados do século XIX. As minas de Aljustrel produzem principalmente cobre, zinco e chumbo, tendo no passado produzido uma quantidade considerável de enxofre e manganês. A barragem de rejeitados foi construída em 1990 e com uma área de aproximadamente 1,5 km² marca significativamente a paisagem – Figura 7.

Figura 7 – Barragem das Pirites Alentejanas (imagem Google Earth – 04/06/2025).

O rompimento de uma barragem de rejeitados pode ser catastrófico. Nos últimos anos, ocorreu em Minas Gerais, no Brasil, o rompimento de duas barragens de rejeitados, a barragem do Fundão em 2015 e a Barragem do Brumadinho em 2019. Estes acidentes foram catastróficos devido à perda de vidas, à destruição da cidade, à perda da biodiversidade, à poluição e à contaminação dos recursos hídricos e do solo.

As cortas estão associadas a explorações mineiras a céu aberto, e quando abandonadas apresentam problemas de segurança, sendo muitas vezes utilizadas pelas populações para depósito incontrolado de resíduos orgânicos ou inertes (resíduos de demolição). A sua utilização para a deposição dos resíduos da exploração pode ter vantagens económicas e paisagísticas, desde que sejam acautelados os potenciais problemas relacionados com a percolação de água através dos materiais depositados. Contudo, a sua reabilitação pode assumir grande utilidade, designadamente como reservatórios de água para o combate a incêndios ou para atividades de lazer.

A corta da mina de São Domingos, em Mértola, é mais um exemplo de impacte ambiental originado pela exploração mineira. Esta mina situa-se na Faixa Piritosa Ibérica e foi considerada no século XIX uma das mais importantes minas de cobre e enxofre (para produção de ácido sulfúrico) na Europa. A sua exploração decorreu entre 1855 e 1966, altura em que foi desativada pelo esgotamento das reservas. Foram extraídos 25 Mt de minério piritoso, com elevados teores de enxofre (45-48%), cobre (1,25%) e zinco (2-3%). Os sulfuretos, quando expostos ao ar e em contacto com água, alteram-se, originando águas ácidas (que em São Domingos chegam a pH=2) e levando à precipitação de metais pesados, nomeadamente chumbo, arsénio, mercúrio ou cobre, que se difundem no ambiente, contaminando solos e água, e que podem ter implicações na saúde humana. A recuperação ambiental da área mineira de São Domingos decorreu entre 2015 e 2022 (EDM) – Figura 8.

Figura 8 – Corta de São Domingos (fonte: Recuperação Ambiental da Área Mineira de São Domingos - EDM – 04/06/2025).

2.4. Fases de vida de uma Mina

O ciclo de vida de uma mina pode ser dividido em cinco fases: Prospeção, Viabilidade, Planeamento e Construção, Exploração e Encerramento – Figura 9.

A primeira fase é a prospeção mineral, que consiste na procura dos minérios utilizando-se mapas, literatura técnica, verificação de ocorrências e anomalias geológicas, métodos de prospeção aérea, geofísica e geoquímica. A segunda fase é a Viabilidade e consiste na fase de estudo da ocorrência mineral, do seu tamanho, dos teores e do valor económico. A terceira fase diz respeito ao Planeamento e Construção, onde se faz o plano de exploração e se inicia a construção de acessos e infraestruturas. A quarta fase é a Exploração, onde se realiza a extração e a beneficiação do minério. A quinta fase diz respeito ao encerramento, após a cessação das operações mineiras, e onde se faz a recuperação ambiental e reposição das condições iniciais.

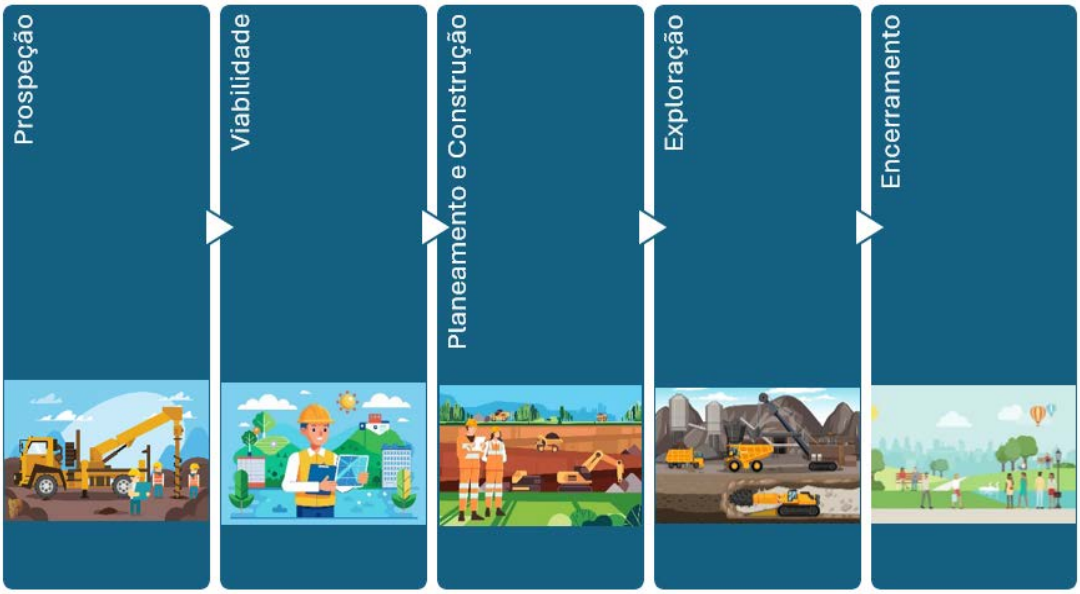


Figura 9 – Fases da vida de uma Mina[1].

As medidas de mitigação ou remediação estão por norma associadas ao plano de fecho, contudo devem estar presentes em todas as fases do ciclo de vida de uma mina.

---

[1] Fonte: *https://2F2Fproject_modules2Fb7031472129127.5bdcb190c41bc, https://img.freepik.com/premium-vector/flat-style-water-resources-engineer-with-water-management-plans-hydrological-modeling_1033579-46571.jpg, Two project officers are controlling the situation at the mine with tablets on coal mine industry green environmentally friendly landscape | Premium Vector, https://www.vecteezy.com/vector-art/2284334-landscape-of-coal-mining-with-underground-scene, https://www.shutterstock.com/image-vector/people-relaxing-nature-beautiful-urban-park-445912552*

2.5. Medidas de Prevenção, Mitigação e Remediação

As medidas de prevenção, mitigação e remediação procuram reduzir ou eliminar os impactes ambientais causados pela indústria mineira.

A identificação de zonas de perigosidade e risco, que possam eventualmente causar impactes negativos ao ambiente natural e a sua monitorização, permitem antecipar e prevenir qualquer problema futuro.

Qualquer dano ou situação de risco que possa causar impacte ambiental pode ser revertido ou mitigado. A mitigação envolve estratégias e práticas que visam reduzir ou minimizar os impactes ambientais e sociais da atividade mineira. Para minimizar os impactes ambientais podem ser adotadas algumas medidas como: a correta gestão de resíduos mineiros (evitando a contaminação de solo, água e ar); a reutilização dos resíduos mineiros para enchimento ou construção de estruturas; o uso eficiente da água; a reutilização de água industrial e tratamento de água industrial e de mina, minimizando os impactes nos recurso hídricos; a monitorização da qualidade da água; a criação de sistemas de drenagem, canalizando a água de escorrência (contendo contaminantes) para reservatórios; o cumprimento das leis ambientais e a adoção de práticas que promovam a sustentabilidade; a redução da pegada de carbono através da aquisição de equipamentos que reduzam as emissões; a automação dos processos; e na fase de fecho, a inundação controlada dos trabalhos mineiros, criando condições anóxicas que evitem a progressiva oxidação dos sulfuretos contidos nas rochas encaixantes e no minério, evitando a geração de água ácida e o transporte de metais pesados. A implementação destas medidas permite reduzir significativamente o impacte ambiental e social da indústria mineira, contribuindo para um futuro mais sustentável.

As medidas de remediação, quando tomadas, têm como objetivo defender e equilibrar a dinâmica dos habitats naturais. Algumas das principais medidas de remediação ambiental são, segundo a EDM: a "eliminação" de focos de contaminação, mobilizando ou estabilizando os depósitos de resíduos existentes; o confinamento de resíduos mineiros, através de barreiras de impermeabilização, telas PEAD, argilas ou outras; a selagem e confinamento resíduos mineiros radioativos para minimizar os teores de radiometria e a emissão de gás radão; a correta gestão de águas, com sistemas de águas pluviais e contaminadas separados, evitando a contaminação de águas limpas, cursos de água e/ou solos; a correta gestão de águas de mina ou de contacto, através de drenagens e encaminhamento, minimizando ou evitando a produção de lixiviados; os tratamentos passivos de água, através de cascatas de arejamento, leitos e drenos de brita calcária, bacias de decantação, sistemas biológicos, entre outros; a preservação de património

para potenciar usos futuros; a descontaminação e requalificação dos edifícios para futura utilização publica; a integração paisagística e a monitorização e tratamento de efluentes.

As medidas de remediação permitem a proteção dos ecossistemas terrestres e aquáticos, asseguram a redução da poluição das águas superficiais e subterrâneas.

As ações de monitorização e controle das áreas a recuperar são essenciais em qualquer plano de recuperação que se pretenda implementar. O controlo ao longo do tempo permite avaliar o impacte das medidas de recuperação/remediação e introduzir correções ou melhorias, se necessário.

2.6. Responsabilidade Ambiental e Boas Práticas na Indústria Mineira

A consciência sobre os possíveis impactes ambientais causados pela indústria mineira tem aumentado ao longo das últimas décadas, levando as empresas a adotar práticas sustentáveis de extração, minimizando os impactes ambientais e utilizando tecnologias mais eficientes. Prevenir, mitigar e reparar os impactes negativos da exploração mineira sobre o ambiente são, portanto, tarefas fundamentais para o setor.

Um desenvolvimento sustentável implica o cumprimento em todas as fases da vida da mina, das regras e boas práticas nacionais e internacionais reconhecidas atualmente.

A gestão ambiental eficaz baseia-se em quadros legais, regulamentos e políticas que posicionam os governos para uma gestão de sucesso ao longo de todo o ciclo de vida da mineração. A correta gestão ambiental durante todo o ciclo de vida da mineração permite evitar ou mitigar os impactes negativos e facilitar a remediação eficaz. O Guia “Gestão Ambiental e Governação da Mineração”, ajuda os governos a uma correta gestão ambiental (Crawford, 2021).

As melhores técnicas disponíveis (MTD) são as práticas mais eficazes em termos ambientais, que permitem evitar ou reduzir as emissões e o impacto ambiental da atividade. As MTD são definidas por um painel europeu de especialistas e são divulgadas através de documentos conhecidos como “BREF: Best Available Techniques Reference Documents” e estão disponíveis para os vários sectores de atividade abrangidos.

As melhores técnicas disponíveis para a gestão de resíduos da indústria extrativa, em conformidade com a Diretiva 2006/21/CE, encontram-se no BREF “Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries”, de dezembro de

2018. A gestão adequada de resíduos é essencial para prevenir a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, bem como do solo, e garantir a segurança do ambiente.

O ICMM – 'International Council on Mining & Metals' (Conselho Internacional de Mineração e Metais) é uma organização internacional que representa as maiores empresas de mineração do mundo e visa promover práticas sustentáveis e responsáveis no setor de mineração e metais, estabelecendo padrões e boas práticas para a mineração, minimizando os impactes negativos sobre o ambiente, a biodiversidade e as comunidades locais, garantindo práticas justas e responsáveis. As empresas devem seguir as boas práticas ambientais, sociais e de governança e reportar periodicamente o seu desempenho. A sua implementação apoia metas globais, incluindo os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU – Figura 10, e o Acordo de Paris sobre as alterações climáticas.

Figura 10 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.

De entre os diversos guias de boas práticas do ICMM, destacam-se a Gestão de Água, a Gestão Responsável de Recursos Hídricos, a Gestão de Rejeitados e o Encerramento integrado da Mina – Figuras 11 a 14.

Figura 11 – Guia de boas práticas para a Gestão de água (position-statements_water-stewardship.pdf).

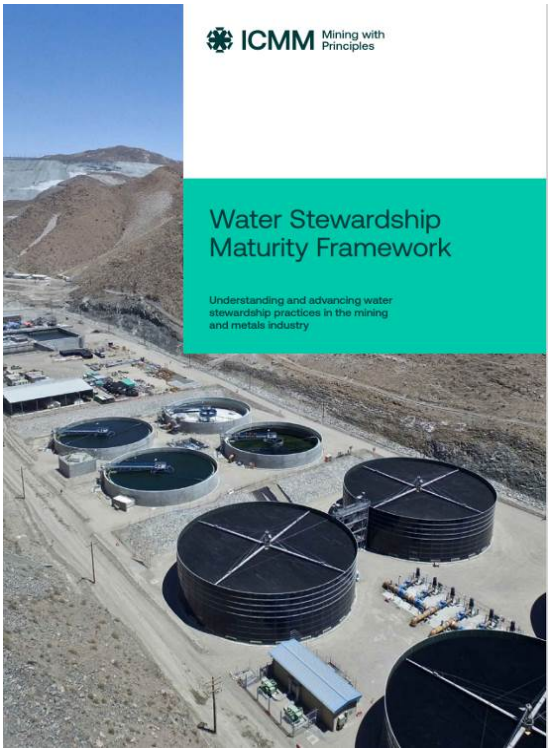


Figura 12 – Guia de boas práticas para a Gestão de Recursos Hídricos (guidance_water-maturity-framework.pdf).

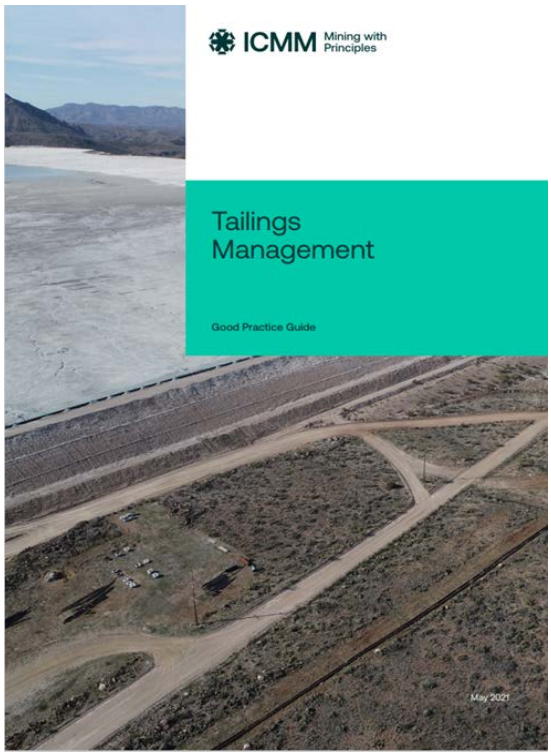


Figura 13 – Guia de boas práticas para a Gestão de Resíduos (guidance_tailings-management.pdf).

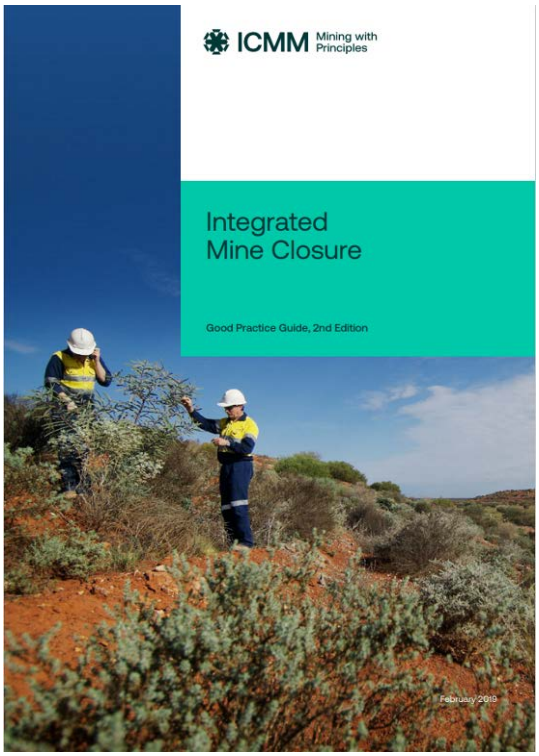


Figura 14 – Guia de boas práticas para o encerramento integrado da mina (guidance_integrated-mine-closure.pdf).

Quando as minas chegam ao fim da sua vida útil, o encerramento e o pós-encerramento devem assegurar que não fique nenhum passivo ambiental e que as instalações de armazenamento de resíduos permaneçam seguras após o encerramento.

O guia de boas práticas “O encerramento integrado de minas”, desenvolvido pelo ICMM, fornece orientações para o planeamento integrado do encerramento de minas – Figura 15.

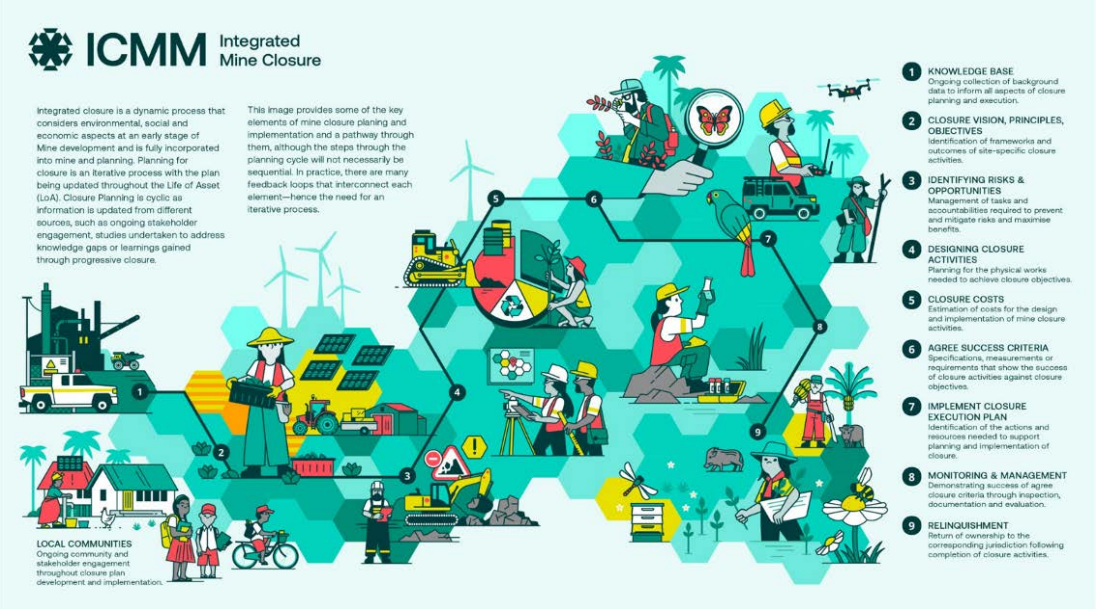


Figura 15 – Encerramento integrado de minas (ICMM).

O ICMM é composto por 10 princípios de mineração, criados para maximizar os benefícios da indústria e minimizar os impactes negativos – Figura 16.

Figura 16 – Princípios de mineração do ICMM.

Contudo, estes princípios não são estáticos e têm sido defendidos continuamente padrões mais elevados de mineração responsável.

Na sequência do acidente de Brumadinho em 2019, o ICMM em parceria com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e os Princípios para o Investimento Responsável (PRI) publicaram a Revisão Global de Resíduos para desenvolver uma norma internacional sobre instalações de armazenamento de resíduos, tendo sido lançada em 2020 a Norma Global da Indústria para a Gestão de Rejeitos que visa atingir o objetivo de zero danos para as pessoas e para o meio ambiente – o GISTM ('Global Industry Standard on Tailings Management').

Este 'standard' foi desenvolvido por um painel multidisciplinar de especialistas, com contribuições de um Grupo Consultivo de várias partes interessadas. A revisão envolveu ampla consulta pública com as comunidades afetadas, representantes do governo, investidores, organizações multilaterais e partes interessadas do setor mineiro e é formada pelas melhores práticas existentes e descobertas de falhas anteriores em instalações de rejeitados. Apoiado numa abordagem integrada para a gestão de rejeitos, esse documento visa prevenir falhas catastróficas e aumentar a segurança das instalações de rejeitados em todo o mundo, com o objetivo de causar dano zero às pessoas e ao meio ambiente, com tolerância zero para a fatalidade humana. Representa também uma mudança radical em termos de transparência, responsabilidade e salvaguarda dos direitos das pessoas afetadas pelo projeto. O GISTM está dividido em 6 Tópicos Principais, 15 Princípios e 77 Requisitos auditáveis – Figura 17.

Figura 17 – Tópicos principais do GISTM.

[página propositadamente em branco]

Capítulo III

ESTUDO DE CASO: MINA DE NEVES-CORVO

[página propositadamente em branco]

3. Estudo de Caso: Mina de Neves-Corvo

3.1. Mina de Neves-Corvo: A empresa

A Mina de Neves-Corvo é uma mina subterrânea de sulfuretos maciços vulcanogénicos polimetálicos, localizada na região do Alentejo, a cerca de 220 km de Lisboa, na orla ocidental da Faixa Piritosa Ibérica, e é concessionada pela SOMINCOR – Sociedade Mineira de Neves-Corvo, S.A., pertencendo ao grupo BOLIDEN desde abril de 2025.

Em 1971, no decorrer de uma campanha de prospeção geofísica iniciada em 1966 pelo antigo Serviço de Fomento Mineiro no sector português da Faixa Piritosa Ibérica, foi identificada uma anomalia gravimétrica, que levou a uma intensa campanha de prospeção, resultando na descoberta do jazigo de Neves-Corvo, com elevados teores de cobre, estanho, zinco, chumbo e prata em 1977.

Figura 18 – Vista geral a partir da aldeia da Sra. da Graça dos Padrões para NW, na direção da Horta do Fialho e aldeia de Neves da Graça. A área industrial viria a ocupar a área da direita (fotografia anterior a 1980, fonte: vídeo institucional Somincor).

A SOMINCOR foi fundada em 1980 pelo Estado Português através da atual EDM (51%) e pelo consórcio francês Peñarroya+BRGM (49%), que em 1985 vendeu a sua participação ao Grupo Rio Tinto. Em 1981 iniciaram-se as primeiras infraestruturas mineiras (poço e rampa) e em 1985 os primeiros acessos ao minério. A exploração iniciou-se em 1988 com a produção de concentrados de cobre.

Em 1992 foi construído pela Somincor o troço de caminho-de-ferro Neves-Corvo – Ourique, com ligação à linha do sul, para permitir o transporte ferroviário dos concentrados de Neves-Corvo para a instalação existente no Porto de Setúbal (instalação adquirida em 1988). Por esta via é também feito, no retorno, o transporte de areia utilizada no enchimento dos desmontes da mina, a partir do Areeiro da Somincor em Santa Margarida do Sado. Em 1993, o Laboratório da Somincor foi acreditado pela ISO 17025.

Em 2004, a SOMINCOR foi adquirida na totalidade pela Eurozinc Mining Corporation. Em 2006, após a transformação da lavaria de estanho numa lavaria de zinco, inicia-se a produção de zinco. No final de 2006, após a fusão entre a Eurozinc e a Lundin Mining, a SOMINCOR passa a integrar o Grupo Lundin Mining.

Em 2010 foi descoberto o jazigo da Semblana e em 2011 iniciou-se a deposição de rejeitados espessados na Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo e a lavaria do zinco foi ampliada. A exploração do Lombador teve início em 2013. Em 2015 iniciou-se o estudo de expansão do zinco, cujo projeto teve início em 2017, ficando concluído em 2024. Atualmente, a mina de Neves-Corvo tem cinco grandes jazigos minerais em produção (Neves, Corvo, Graça, Zambujal e Lombador) e dois jazigos por explorar (Semblana e Monte Branco) – Figura 19.

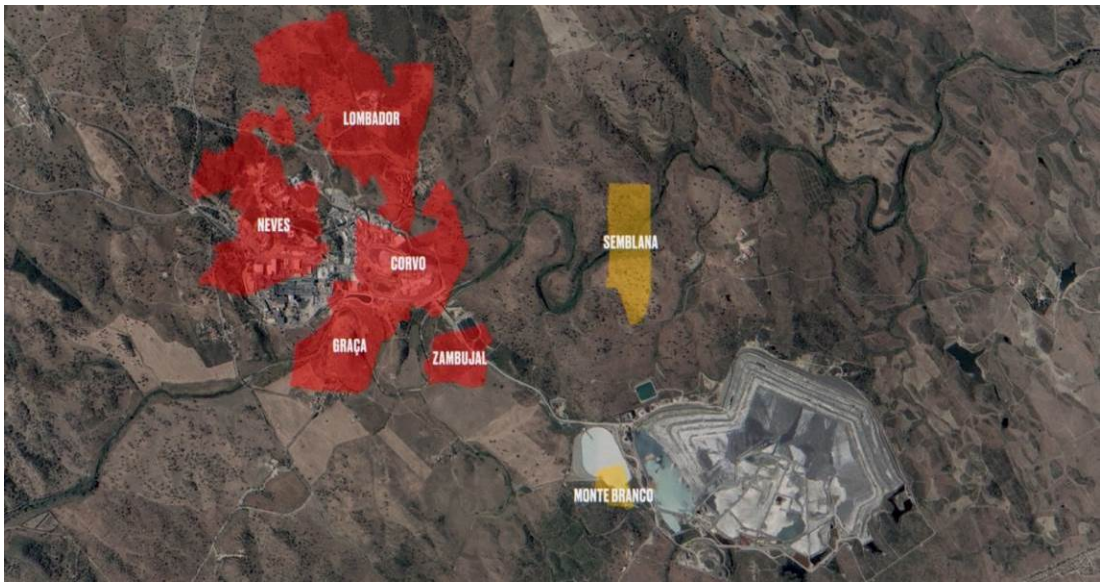


Figura 19 – Jazigos minerais de Neves-Corvo (fonte: vídeo institucional Somincor).

O acesso ao fundo de mina é feito por rampa a partir da superfície (rampa do Castro) e a extração do minério e do escombro estéril é feita pelo Poço de extração (Poço de Santa Bárbara), após britagem no fundo. Os desmontes podem ser em bancada ou galeria, seguindo-se o enchimento deste vazio criado pela exploração do minério (por pasta, escombro ou enchimento hidráulico). O processamento do minério é feito através de duas lavarias, que produzem concentrado de cobre, zinco e chumbo. Os concentrados de cobre e zinco são transportados por comboio para o porto de Setúbal – Figura 20, e daqui são expedidos para uma variedade de fundições na Europa. O concentrado de chumbo é colocado em contentores e levado por via rodoviária para o porto de Sines.

Figura 20 – Instalação da Somincor no Porto de Setúbal (fonte: vídeo institucional Somincor).

O escombro é armazenado temporariamente na escombreira ou enviado para a Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo. Os rejeitados resultantes do processamento do minério são depositados na Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo a cerca de 3 km das lavarias - Figura 21.

Figura 21 – Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo (fonte: vídeo institucional Somincor).

Até 2010 era feita a deposição subaquática dos rejeitados em polpa, passando nesta data a uma co-deposição emersa de rejeitados espessados e escombro, permitindo a expansão vertical do depósito e a duplicação da capacidade de armazenamento. Em 2023, a barragem sofreu uma expansão no âmbito do projeto de expansão do zinco, apresentando atualmente uma capacidade de armazenamento de 50 Mm^3.

Em 2025, a Somincor foi adquirida pela BOLIDEN – Figura 22.

Figura 22 – Vista Geral da área industrial.

O contrato de Concessão Mineira de Neves-Corvo foi celebrado entre o Estado Português e a SOMINCOR em 24 de Novembro de 1994 e abrange uma área de 28,9 km^2, com direito de exploração das jazidas de cobre, zinco, chumbo, prata, ouro, estanho e cobalto por um período inicial de 50 anos, podendo ser prorrogado por dois períodos de 20 anos. De acordo com o previsto no contrato de concessão, a empresa mantém um fundo de reserva destinado à reabilitação ambiental.

A concessão de prospeção e pesquisa de Neves-Corvo abrange uma área de 105 km^2. Em dezembro de 2024, foi assinado um novo acordo com o Estado Português para prospeção e pesquisa de uma nova concessão denominada Rosário, abrangendo uma área de 218 km^2 - Figura 23.

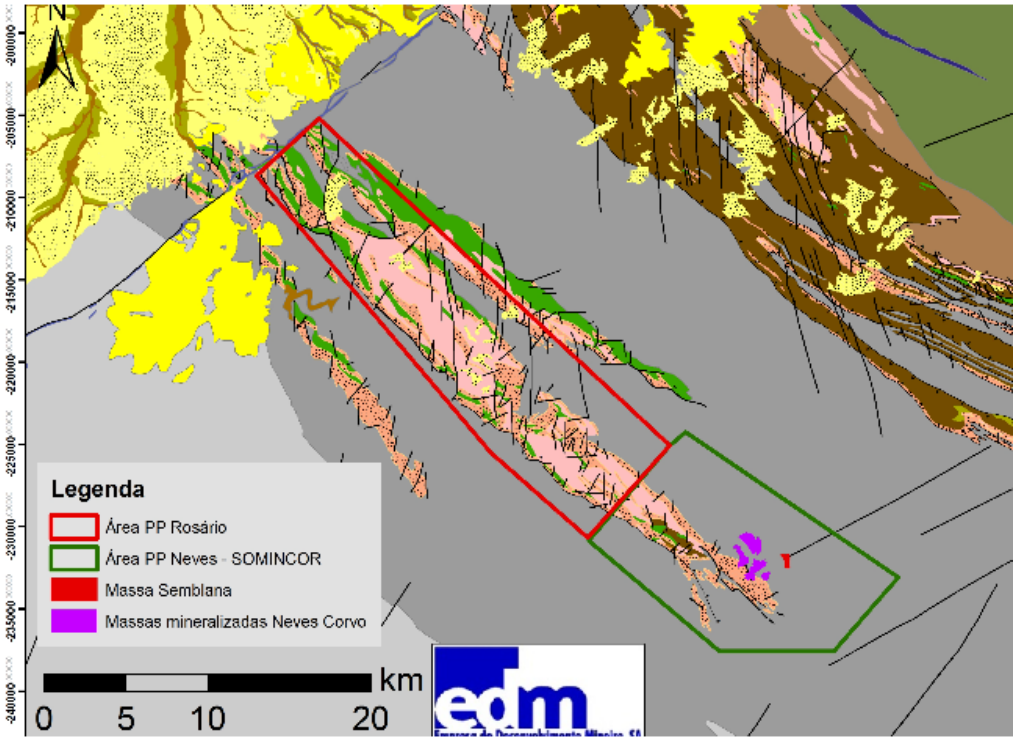


Figura 23 – Enquadramento geológico e geográfico da concessão de prospeção e pesquisa de Neves-Corvo e do Rosário (fonte: https://edm.pt/mineira/rosario/).

A Somincor possui um Plano de Encerramento dando assim resposta a uma obrigação legal que determina, de acordo com número 1 do artigo 11º do Decreto-lei 54/2015, de 22 de junho que "(…) os contratos que atribuam direitos de prospeção e pesquisa, exploração experimental ou de concessão de direitos de exploração de recursos geológicos estabelecem, obrigatoriamente, uma ou mais garantias financeiras que assegurem o cumprimento do contrato, a recuperação paisagística da área abrangida e o encerramento da exploração". Este Plano de Encerramento tem sido atualizado sempre que se verificaram alterações relevantes nas suas instalações e atividades ou de 5 em 5 anos. O último Plano de Encerramento data de 2022 e contempla a ampliação da IRCL e todos os detalhes necessários à reabilitação progressiva, desativação e encerramento do complexo mineiro de Neves-Corvo, cujo final da exploração está atualmente previsto ocorrer em 2032. A empresa mantém um fundo de reserva destinado à reabilitação ambiental, de acordo com o previsto no Contrato de Concessão de Exploração.

O Plano de Encerramento é uma peça dinâmica que deve ser revisto e atualizado ao longo do tempo de vida da mina, assegurando que qualquer alteração na exploração, evolução estratégica ou da legislação, modificações no contexto económico ou nas expectativas da comunidade, bem como novos conhecimentos técnicos, serão considerados nos estudos de planeamento do encerramento.

3.2. Plano de Encerramento da Mina de Neves-Corvo

O Plano de Encerramento da Mina de Neves Corvo de 2022 considera o atual LoM (Life of Mine) de 2032 e nele estão incluídas todas as medidas a adotar ao longo de 30 anos.

Na elaboração do plano de encerramento utilizou-se um conjunto de linhas orientadoras/ standards presentes nos seguintes documentos internos da empresa: "Guidance on Mine Closure Planning" (Technical Guidance) e "Mine Closure Planning" (Technical Standard) e ainda num conjunto de documentos orientadores que regulam as boas práticas no setor mineiro a nível internacional, dos quais se destacam: Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD) – 'Mine Closure Working Papers'; International Council on Mining & Metals (ICMM) – 'Mine Closure Toolkit e Integrated Mining Closure'; e International Finance Corporation (IFC) – 'World Bank Group - Performance Standards'.

Este Plano de Encerramento considera dois cenários distintos: o Cenário Base e o Cenário Misto. O Cenário Base implica um conjunto de atividades das quais se destacam a demolição e remoção da generalidade das infraestruturas existentes à superfície, o desmantelamento das infraestruturas subterrâneas, a inundação da mina até ao nível freático não controlado, a eliminação da escombreira e a reposição tanto quanto possível das condições originais do terreno, quer em termos das características dos solos, quer do ponto de vista da drenagem.

O Cenário Misto prevê a manutenção do acesso à mina para efeitos turístico-pedagógicos a uma pequena área da exploração subterrânea (mais especificamente um desmonte do jazigo de Corvo Superior) o que se traduz pela manutenção do poço de Santa Bárbara – que passará a integrar o sistema de ventilação da área visitável da mina, assim como alguns edifícios e infraestruturas para utilização futura (parques de estacionamento, portaria principal, posto médico, edifício administrativo e estradas, entre outros).

Independentemente do cenário de encerramento é necessária a manutenção de algumas infraestruturas, nomeadamente: Sistema de Captação, Adução e Tratamento de Água (ETAP) – até que seja feita a integração na rede regional de adução e distribuição de água de abastecimento às populações; Ramal e Terminal Ferroviário de Carga e Descarga de Contentores – que passará para a responsabilidade das Infraestruturas de Portugal (IP); Cavalete do Poço de Santa Bárbara – importante manter esta estrutura metálica por forma a garantir memória industrial, sociológica e cultural futura das atividades mineiras na região; Estação de Tratamento de Águas Residuais Doméstica (ETARD) — que passará a ser responsabilidade da Câmara Municipal de Almodôvar; Reservatório do Cerro da Mina (RCM) — a ser reconvertido num reservatório de água fresca, após a devida limpeza e reabilitação, para apoio a atividades

agrícolas, atividades de recreio e/ou promoção da biodiversidade, sendo que a sua gestão deverá transitar para outras entidades; Litotecas n.º 3 e n.º 4 – dado que parte das carotes das sondagens são consideradas como espólio nacional, considera-se importante manter armazenado, passando para a responsabilidade de outra entidade, como por exemplo o LNEG.

O encerramento da área mineira de Neves-Corvo será progressivo e compreenderá duas fases de implementação, designadas por Fase 1 e Fase 2, cada uma englobando campanhas de acompanhamento específicas, respetivamente, ativo e passivo - Figura 24.

Figura 24 – Fases de Implementação do Plano de Encerramento (Coba, 2022).

A Fase 1, com 3 anos de duração, terá início logo após o encerramento da mina e envolverá as seguintes atividades: desativação, descontaminação e o desmantelamento das estruturas e equipamentos presentes na mina e infraestruturas à superfície e gestão dos resíduos resultantes; o esvaziamento e a remoção de bacias contendo resíduos/rejeitados e a gestão dos resíduos resultantes; o esvaziamento da água remanescente do RCM, através de tratamento na ETAI e/ou ETAM; a realização dos trabalhos de descontaminação do solo; encerramento da escombreira e da IRCL; remediação ambiental e recuperação paisagística – reconstituição das características naturais e culturais da paisagem antes da intervenção; e a desativação do sistema de bombagem da mina para Inundação da mina de forma passiva.

A inundação da mina através da paragem da bombagem e do envio das águas tratadas na ETAM vai permitir a reposição do nível freático mais rapidamente. Nas galerias e poços, as superfícies mineralizadas (sulfuretos), quando em contacto com a água subterrânea e com o oxigénio, podem originar soluções ácidas (drenagem ácida), constituindo assim um risco de contaminação dos aquíferos. Deverá ser feita a monitorização da subida do nível freático e da qualidade da água da mina ao longo do processo de inundação. A cota do nível aquífero não controlado deverá ser superior à cota da massa mineralizada, de forma a impedir fenómenos de drenagem ácida.

Estima-se que a inundação natural, sem envio de água a partir da superfície, deverá ocorrer ao longo de um período de dezenas de anos, até que seja atingida a cota de equilíbrio do nível freático.

Na Fase 2 serão desativadas e desmanteladas as restantes infraestruturas e equipamentos. Esta fase compreende ainda as atividades de acompanhamento passivo, designadamente, a operação, a manutenção e a monitorização indispensáveis para assegurar o acompanhamento da estabilidade física e ambiental da antiga área mineira. A ETAM será uma das instalações a manter na Fase 2, com a desativação da ETAI, será reconvertida, adequando a linha de tratamento para permitir tratar as águas de infiltração e os percolados da IRCL. Deverá ser mantida a Monitorização do nível freático e da qualidade da água da mina, a Monitorização dos recursos hídricos, solos, subsidência e paisagismo, e a Monitorização da IRCL (que tendo em conta que se trata de uma grande barragem, tem um Plano de Observação próprio que deverá ser mantido, tendo em conta a importância da estrutura, possui severidade elevada em caso de rotura ou mau funcionamento da mesma, podendo ocasionar grandes prejuízos ao meio ambiente e colocar vidas em risco).

O ponto inicial do plano de encerramento coincide com a data de fim de exploração da mina de Neves-Corvo, atualmente prevista para 2032. Na estimativa da duração total do Plano de Encerramento estabeleceu-se, indicativamente, que os critérios de sucesso seriam atingidos ao fim de 30 anos, independentemente de quaisquer obrigações legais que possam ter consequências neste prazo. Contudo, existem documentos de referência que referem este período temporal: "Guidelines for Mine Closure Activities and Calculation and Periodic Adjustment of Financial Guarantes"; Decreto-Lei n.º 102-D/2020 (alterado pela Retificação n.º 3/2021, de 21/01 e pela Lei n.º 52/2021, de 10/08); 'Guidelines for Evaluating the Post-Closure Care Period for Hazardous Waste Disposal Facilities under Subtitle C of RCRA' que remete para o Resource Conservation and Recovery Act (RCRA), Part 264 – 'Standards for Owners and Operators of Hazardous Waste Treatment, Storage, and Disposal Facilities'. Este período pode ser encurtado ou estendido por parte da Autoridade Competente conforme se verificar se os períodos em questão são ou não suficientes para proteger a saúde humana e o ambiente (por exemplo, em termos dos resultados que vierem a ser obtidos na monitorização da água subterrânea, segurança da instalação, entre outros).

3.3. Enquadramento Geológico e Hidrogeológico

O jazigo de Neves-Corvo é um dos principais depósitos de sulfuretos maciços vulcanogénicos polimetálicos da Faixa Piritosa Ibérica, uma das principais províncias metalogénicas a nível mundial devido aos elevados teores de cobre, estanho e zinco (Relvas, 2000). É composto por 7 depósitos minerais de sulfuretos maciços polimetálicos: Neves, Corvo, Graça, Zambujal, Lombador, Semblana e Monte Branco, distribuídos por ambos os flancos do anticlinal Rosário/Neves-Corvo, com orientação NW-SE. Trata-se de um dobramento assimétrico suave, com o flanco NE longo, inclinando 25°-35° e o flanco SW mais curto com inclinações variáveis até 70°. O eixo desta estrutura inclina suavemente para SE, onde se observa um comportamento de abatimento por blocos, em "tecla de piano" (Pacheco, 1998) – Figura 25 e Figura 26.

A sequência crono-estratigráfica representativa da área da mina de Neves-Corvo (datada do Devónico Superior ao Carbónico Inferior), compreende da base para o topo: o Grupo Filito-Quartzítico (PQ), composto por xistos negros e quartzitos; o Complexo Vulcano Sedimentar (CVS), subdividido em Complexo Vulcano-Sedimentar Inferior e Complexo Vulcano-Sedimentar Superior, constituído pela interdigitação de rochas vulcânicas e sedimentares; e a unidade mais recente, a Formação de Mértola do grupo de Flysch, caracterizada por uma sucessão turbidítica de xistos negros e grauvaques (Carvalho, 1993) – Figura 27.

O PQ é constituído por uma sequência monótona de xistos indiferenciados de composição filitosa, contendo no topo um nível de quartzitos impuros e calcários lenticulares microcristalinos associados. Sobre o PQ encontra-se o CVS, em duas sequências distintas. A sequência inferior situa-se na envolvente imediata do PQ, com uma composição essencialmente vulcânica, com vulcanitos ácidos e básicos, e intercalações de xistos indiferenciados. As cinco massas lenticulares de sulfuretos maciços polimetálicos situam-se no topo da sequência inferior. Acima encontra-se a Formação de Mértola, composta por xistos argilosos e grauvaques e sobre esta formação, surgem as formações vulcano-sedimentares da sequência superior do CVS, originadas pelo ressurgimento tardio de nova atividade vulcânica, durante um período em que o Flysch já estava a depositar, carreada sobre a restante sequência. Os xistos negros piritosos, ricos em matéria orgânica e níveis de siltitos finos marcam a passagem progressiva para a Formação de Mértola Grupo do Flysch. No topo da sequência encontra-se o grupo formacional de idade mais recente e de característica sedimentar típica, composto por alternâncias monótonas de xistos argilosos e grauvaques. A Formação de Mértola encontra-se carreada e duplicada, sendo a escama inferior utilizada como marcador estratigráfico, permitindo separar o Complexo Vulcano-Sedimentar Inferior do Complexo Vulcano-Sedimentar Superior (Carvalho, 1993).

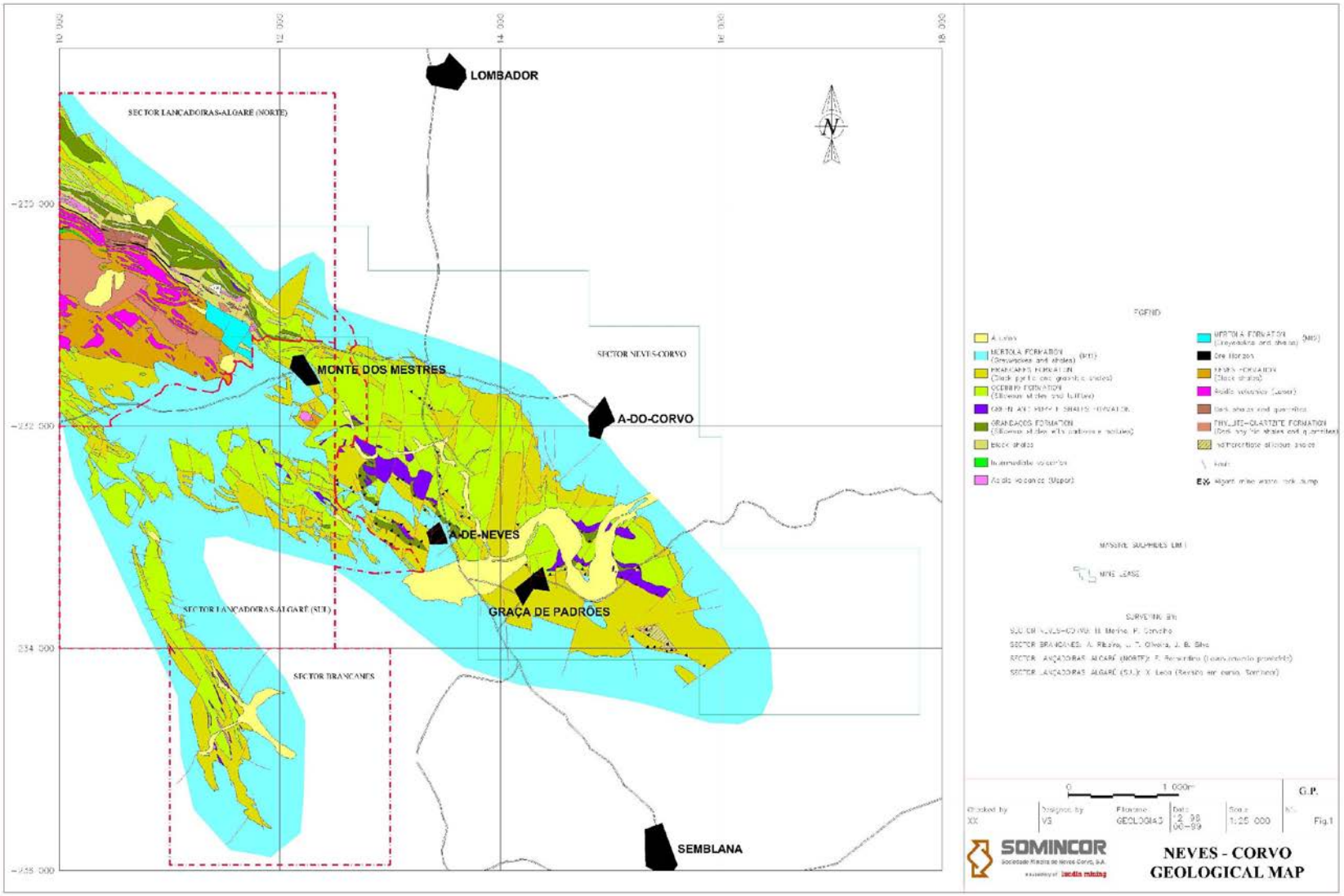


Figura 25 – Cartografia geológica da região de Neves-Corvo (Somincor, 1:25 000).

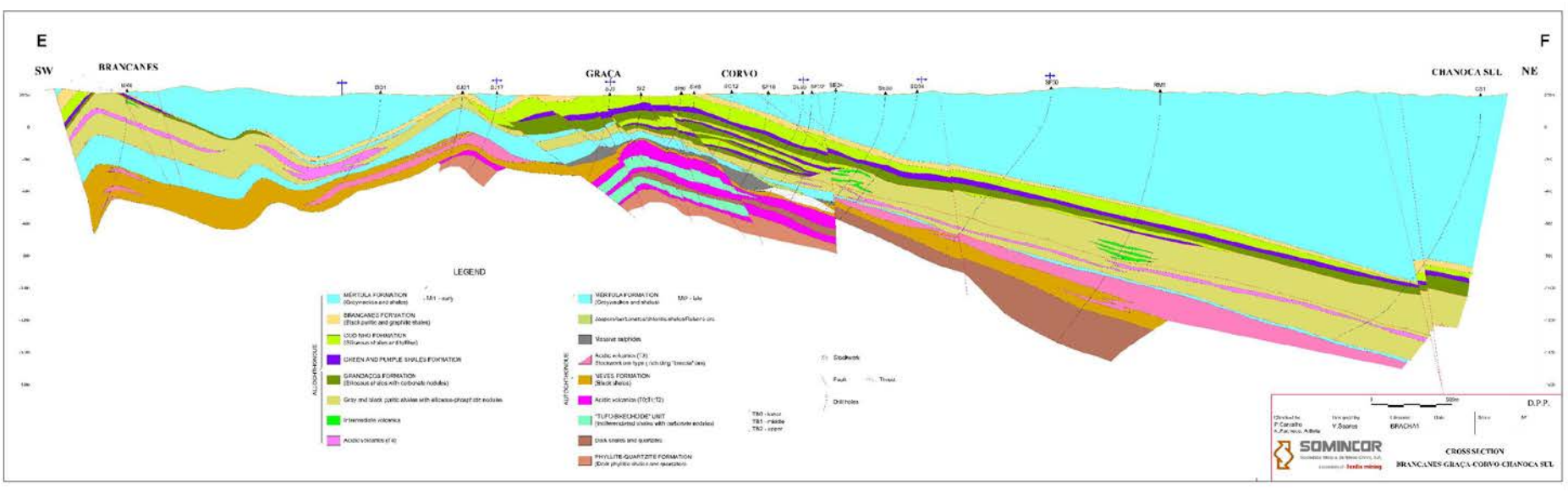


Figura 26 – Corte geológica da região de Neves-Corvo (Somincor, 1:10 000).

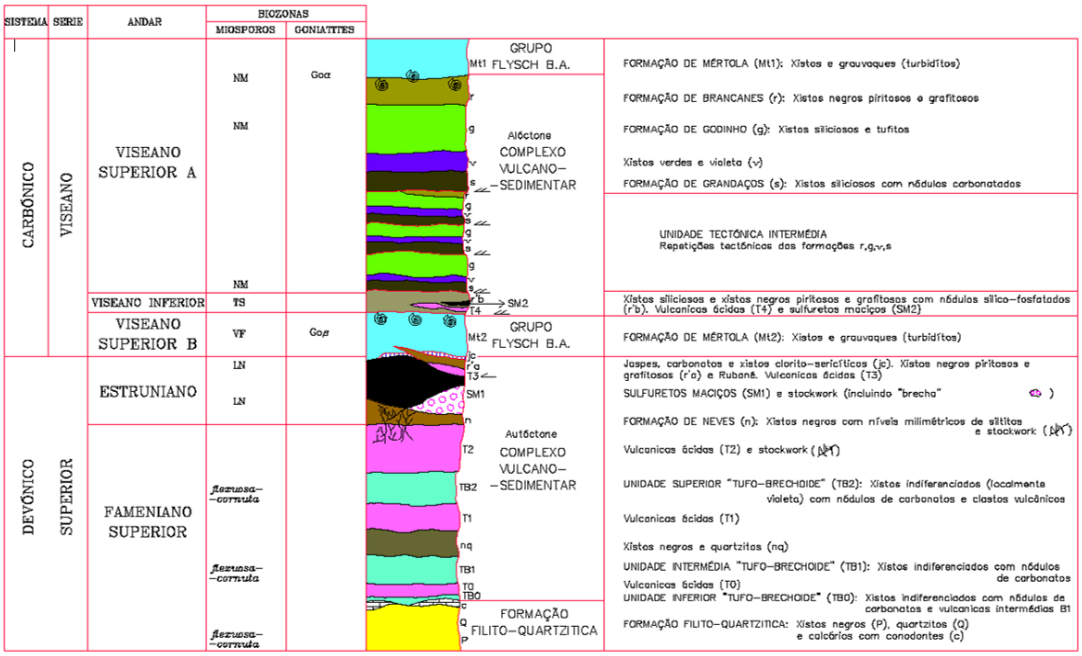


Figura 27 – Sequência Crono-Estratigráfica da área da mina de Neves-Corvo (Carvalho, 1993).

O PQ é constituído por uma sequência monótona de xistos indiferenciados de composição filitosa, contendo no topo um nível de quartzitos impuros e calcários lenticulares microcristalinos associados. Sobre o PQ encontra-se o CVS, em duas sequências distintas. A sequência inferior situa-se na envolvente imediata do PQ, com uma composição essencialmente vulcânica, com vulcanitos ácidos e básicos, e intercalações de xistos indiferenciados. As cinco massas lenticulares de sulfuretos maciços polimetálicos situam-se no topo da sequência inferior. Acima encontra-se a Formação de Mértola, composta por xistos argilosos e grauvaques e sobre esta formação, surgem as formações vulcano-sedimentares da sequência superior do CVS, originadas pelo ressurgimento tardio de nova atividade vulcânica, durante um período em que o Flysch já estava a depositar, carreada sobre a restante sequência. Os xistos negros piritosos, ricos em matéria orgânica e níveis de siltitos finos marcam a passagem progressiva para a Formação de Mértola Grupo do Flysch. No topo da sequência encontra-se o grupo formacional de idade mais recente e de característica sedimentar típica, composto por alternâncias monótonas de xistos argilosos e grauvaques. A Formação de Mértola encontra-se carreada e duplicada, sendo a escama inferior utilizada como marcador estratigráfico, permitindo separar o Complexo Vulcano-Sedimentar Inferior do Complexo Vulcano-Sedimentar Superior (Carvalho, 1993).

Os depósitos minerais de Neves, Corvo, Graça, Zambujal e Lombador, atualmente em exploração, estão interligados por finas "pontes" de sulfuretos maciços sobre o eixo da dobra e encontram-se a profundidades de 230m a 1400m abaixo da superfície – Figura 28.

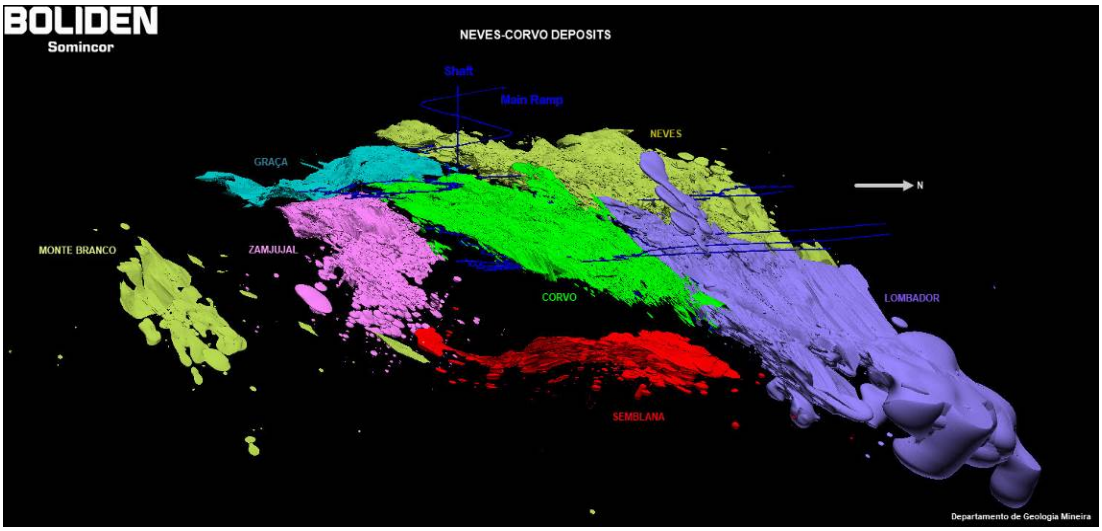


Figura 28 – Imagem 3D dos jazigos de Neves-Corvo (fonte: Somincor).

Em Neves-Corvo foram identificados três tipos de mineralização distintos: Mineralização de sulfuretos maciços polimetálicos (com cobre, zinco, chumbo, estanho e outros menores); Mineralização Stockwork (fissural, principalmente cobre) e Mineralização "Rubané", caracterizada por alternâncias finas, bandadas ou em brechas, de xistos negros e de sulfuretos maciços, ricos em cobre e/ou estanho, encontrado principalmente no Corvo (Carvalho & Ferreira, 1993).

No topo dos depósitos minerais observa-se um enriquecimento em zinco e na base um enriquecimento em cobre. Este zonamento é resultado das condições de deposição/instalação da mineralização. A geologia é consistente com um cenário de proximidade a um grande centro vulcânico félsico submarino com variações significativas na topografia do paleo-relevo submarino. As alterações de fácies são abruptas e as unidades litoestratigráficas acima e abaixo dos depósitos de sulfuretos são muito variáveis.

Todos os depósitos minerais foram afetados por falhas subverticais desligativas e carreamentos de baixo ângulo, o que resultou na repetição e espessamento dos sulfuretos maciços, em algumas áreas com até 90 m de espessura total.

A região de Neves-Corvo é escassa em recursos hídricos subterrâneos, entre 1 L/s.km² e cerca de 3 L/s.km² (Almeida, 2000), não só pela fraca aptidão hidrogeológica das rochas que a constituem, mas também por apresentar uma pluviosidade bastante baixa (média anual de 1961 a 2024 é de 470,2 mm – dados Somincor). As rochas predominantes na área, xistos mais ou menos argilosos e grauvaques, apresentam baixa permeabilidade. Ao longo dos acidentes estruturais (falhas, carreamentos), a permeabilidade é alta, constituindo caminhos preferenciais de circulação de água.

O modelo hidrogeológico conceptual de Neves-Corvo propõe três sistemas: Sistema Superficial, Sistema Intermédio e Sistema Mineiro Profundo (Rubio, 1985; Somincor, 2024) – Figura 29.

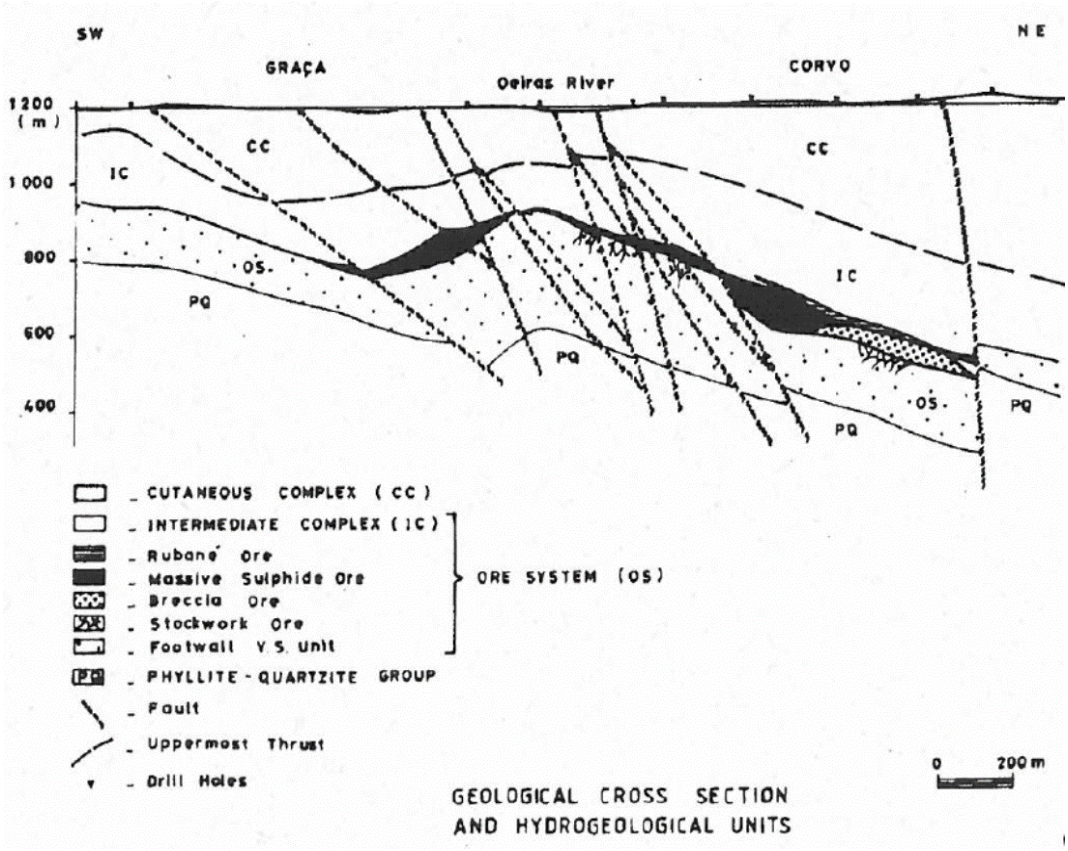


Figura 29 – Sistemas Hidrogeológicos de Neves-Corvo (Carvalho, 1990). Nota: quando se iniciaram as escavações, adicionou-se 1000 m à escala real, para se utilizarem apenas valores positivos.

O Sistema Superficial corresponde à zona de alteração superficial, até cerca de 50 m de profundidade, descomprimida e fraturada. Trata-se de um sistema aquífero livre a semi-confinado, com diminuição de permeabilidade em profundidade, com águas frias, bicarbonatadas, resultantes da recarga direta pela chuva e pela bacia hidrográfica da Ribeira de Oeiras (RO). No Sistema Intermédio, a circulação de água é feita exclusivamente através de falhas e fraturas subverticais, que podem funcionar como planos de circulação preferencial com condutividade hidráulica alta. Este sistema com comportamento de aquitardo ou aquífugo, apresenta espessura variável (desde cerca de 50m de profundidade ao topo da mineralização), sendo que originalmente essa circulação seria muito ténue e lenta, porém com o desenvolvimento mineiro passou a mostrar águas de mistura e com temperatura entre os 25º e 29ºC. O Sistema Mineiro Profundo compreende os diversos jazigos minerais e as formações a muro. É originalmente um sistema aquífero confinado, com elevado coeficiente de armazenamento, devido à fracturação, microfraturação/fissuração, uma vez que a mineralização apresenta um comportamento frágil e

elevada condutividade hidráulica. As águas são cloretadas sódicas e encontram-se a grandes pressões e elevadas temperaturas (superiores a 46ºC), tratando-se de água pristina.

Do ponto de vista hidrogeoquímico existem em Neves-Corvo, 4 fácies (LNEG, 2019):

- Sulfatada cálcica (Ca-SO4) – águas influenciadas por drenagem mineira subterrânea;
- Bicarbonatada cálcica (Ca-HCO3) – águas subterrâneas superficiais;
- Bicarbonatada sódica (Na-HCO3) – água subterrânea profunda influenciada por trocas iónicas /água de mistura;
- Cloretada sódica (Na-Cl) – águas subterrâneas pristinas.

O rebaixamento dos níveis de água devido às fortes extrações no aquífero profundo cria um cone de rebaixamento dos níveis piezométricos que coloca em comunicação, através das falhas, os três aquíferos. O aquífero livre responde à recarga direta da chuva ou por infiltração da Ribeira de Oeiras, embora se mostre sempre influenciado pelo cone de drenagem da mina, mesmo no período de águas altas. O aquífero intermédio é na realidade um aquitardo de baixa permeabilidade, mas que contém falhas e fraturas abertas que funcionam como um canal de conexão entre o aquífero livre e o aquífero profundo, o que faz com que se observem águas frias, superficiais, a grandes profundidades, passando a observar-se para além de águas cloretadas, águas de mistura. No capítulo 3.4.1 são apresentados os Diagramas de Piper com os diferentes tipos de água.

3.4. Boas práticas e Medidas de Mitigação em Neves-Corvo

A preocupação com o impacte da atividade mineira sobre o meio tem sido ao longo dos anos uma das maiores preocupações da Somincor, sendo vários os exemplos de boas práticas e medidas de mitigação utilizadas para evitar qualquer impacte ambiental sobre o meio que seja irrecuperável.

A Boliden procura alcançar uma produção sustentável de metais, assumindo a responsabilidade económica, social e ambiental nas operações. Como membro do ICMM, uma organização internacional focada no desenvolvimento sustentável das atividades mineiras, segue os princípios e guias de boas práticas associados, entre outros, à Gestão de Água, Gestão Responsável de Recursos Hídricos e Gestão de rejeitados.

A gestão responsável dos resíduos é de extrema importância na indústria mineira. A segurança das barragens é uma das prioridades da Boliden. Os produtos residuais e os resíduos são geridos com grande cuidado para assegurar uma deposição sustentável a longo prazo e a água é gerida de

forma responsável, sendo reutilizada no processo ou tratada e devolvida aos cursos de água circundantes.

A Boliden compreende plenamente que impacta e depende da natureza e tem como missão contribuir para interromper e reverter a perda de biodiversidade. Desde a fase de prospeção até ao fecho da mina é importante evitar, sempre que possível, alterações no solo e na água, minimizar o impacte na biodiversidade, restaurar qualquer impacte nos ecossistemas e biodiversidade, respeitar e compensar as comunidades locais por qualquer impacte na biodiversidade – Figura 30.

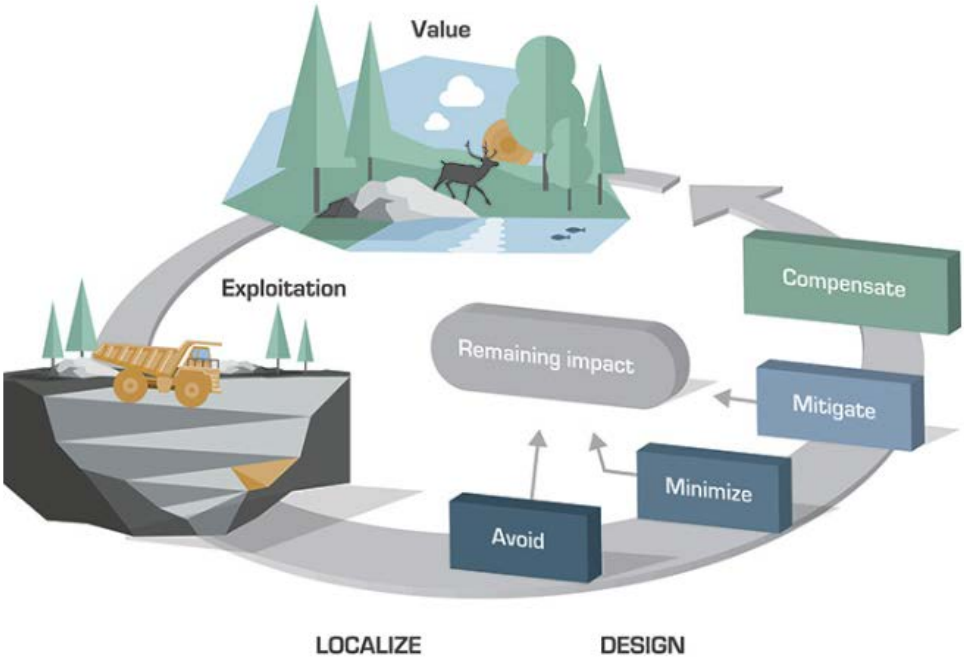


Figura 30 – Hierarquia de mitigação dos impactes ambientais (Fonte: Boliden).

Seguem-se de seguida alguns exemplos de boas práticas e medidas de mitigação adotadas pela Somincor ao longo dos anos:

- ✓ Rede de monitorização de águas subterrâneas 3D;
- ✓ Base de dados organizada e integrada;
- ✓ Mapeamento de áreas com potencial para poluir;
- ✓ Diminuição do consumo de água fresca de Santa Clara no processo ao longo do tempo;
- ✓ Aumento da taxa de reutilização dos resíduos mineiros;
- ✓ Sistema de captação de águas superficiais contaminadas na Área Industrial (BACs);

- ✓ Recirculação de água industrial;
- ✓ Desvio de águas pluviais do sistema;
- ✓ Sistema de captação de águas de infiltração ou de escorrência superficial na envolvente das instalações;
- ✓ Geofísica para deteção de circulação de água condutiva no solo;

3.4.1. Rede de Monitorização de águas subterrâneas e superficiais

A água é uma das grandes temáticas da indústria mineira, desde a fase de projeto até ao fecho da mina. A variação dos níveis piezométricos e as alterações químicas que podem ocorrer ao longo do tempo são bastante importantes para avaliar o impacte ambiental da indústria mineira sobre o meio onde se insere, permitindo o estabelecimento atempado de medidas corretivas sempre que se justifiquem.

Em Neves-Corvo, a monitorização dos níveis piezométricos teve início em 1979, representando as condições pré-mina, antes do início da construção das primeiras infraestruturas mineiras, a Rampa do Castro e o Poço de Santa Bárbara, iniciadas em 1981. Desde cedo se percebeu a importância de monitorização de níveis e qualidade da água. Em 1985 foi realizado o primeiro estudo hidrogeológico de Neves-Corvo, que é ainda hoje uma referência, seguindo-se diversos estudos, sendo o último de 2022.

A atual rede de monitorização ocupa uma área de aproximadamente 36km2, na envolvente de Neves-Corvo e compreende mais de 300 pontos de observação à superfície que permitem analisar os níveis de água superficiais ou subterrâneos (entre as cotas 286 e 167) – Figura 31, e 70 pontos de mina (entre as cotas 135 até - 783,35) – Figura 32, (Somincor, 2024).

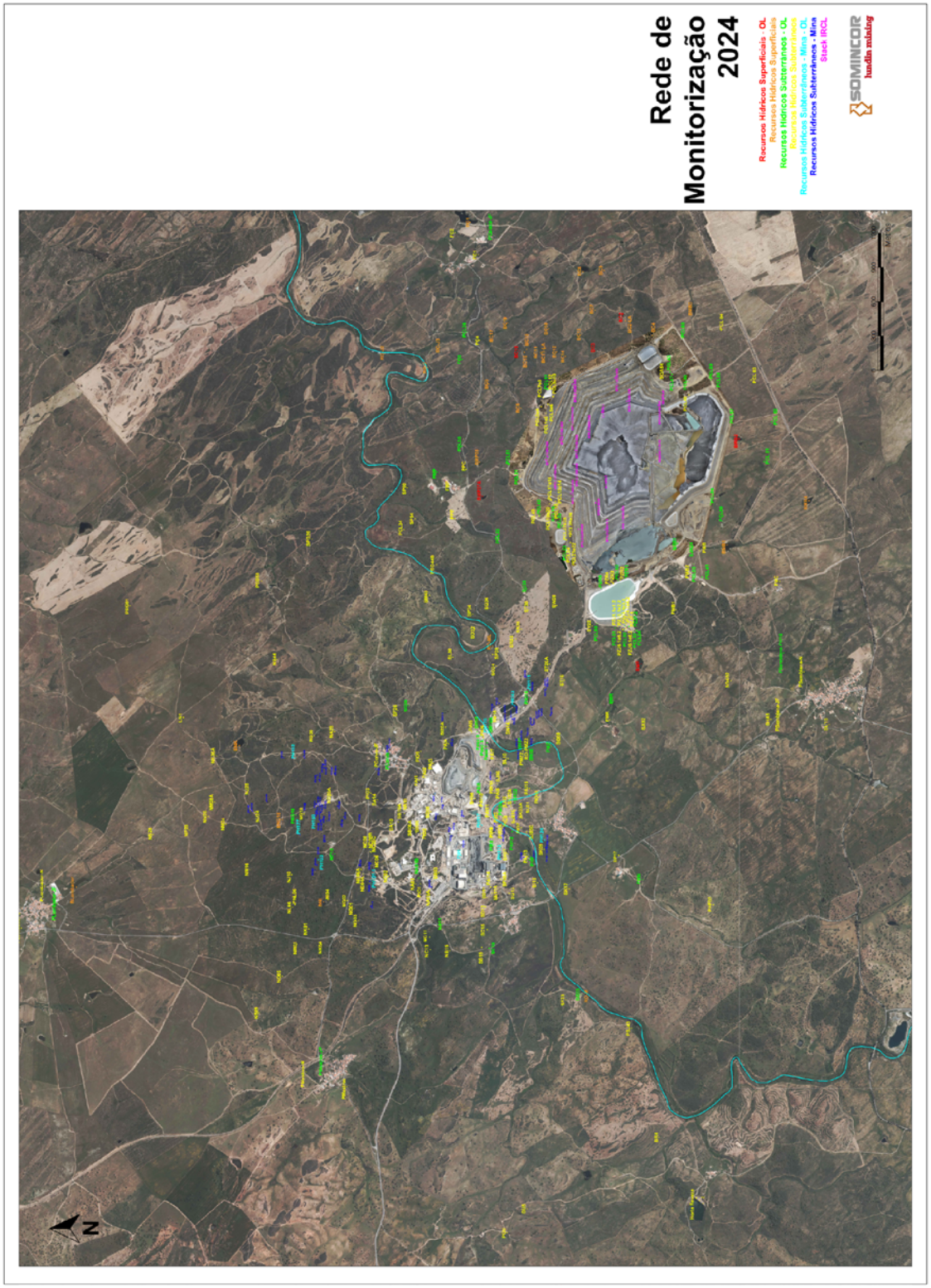


Figura 31 – Rede de monitorização de Neves-Corvo (Somincor, 2024).

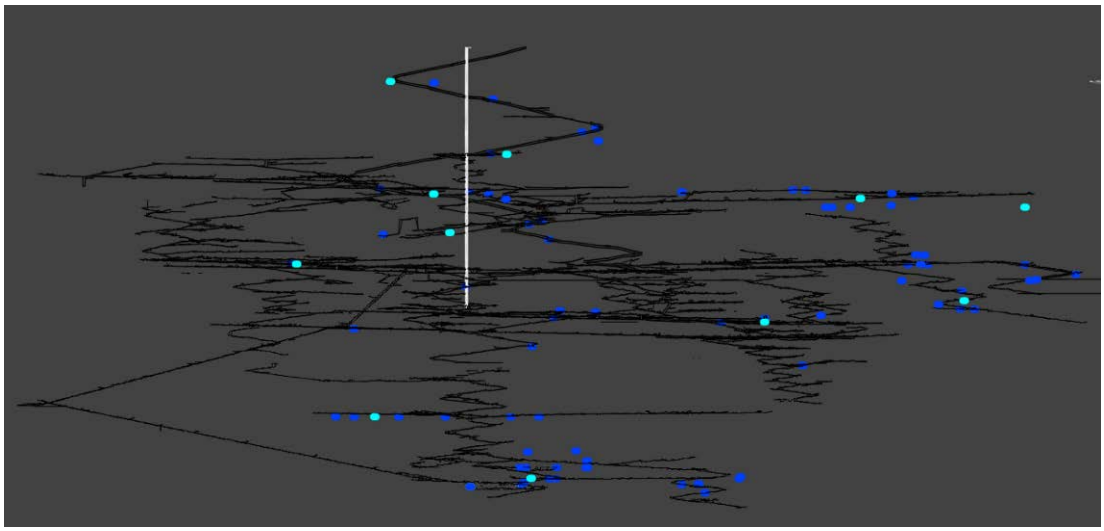


Figura 32 – Rede de monitorização de mina entre as cotas 135 e -783,35 (Somincor, 2024).

Nas condições originais, o nível de água estaria estabilizado próximo da superfície, até cerca de 10m de profundidade, subparalelo à topografia, apresentando variações sazonais entre 1 e 3m.

O rebaixamento dos níveis de água devido à bombagem contínua no aquífero profundo cria um cone de rebaixamento que coloca em comunicação os três aquíferos: Sistema Superficial, Sistema Intermédio e o Sistema Mineiro Profundo. O sistema intermédio, de baixa permeabilidade, contém, como referido acima, falhas e fraturas abertas que permitem a conexão entre o aquífero livre, superficial, e o aquífero mineiro profundo, funcionando como canais principais de fluxo de água para os trabalhos mineiros. A instalação de resíduos do Cerro do Lobo é, por sua vez, constituída do ponto de vista hidrogeológico, por duas zonas com características e comportamento distintos. Os rejeitados, com granulometria maioritariamente de silte e argila, com baixa permeabilidade, têm capacidade de reter água e transmitem-na lentamente, apresentando um comportamento de Aquitardo. Por outro lado, a cobertura, constituída por escombro de granulometria contínua 0-200mm, comporta-se como um aquífero pelicular livre.

O cone de rebaixamento dos níveis piezométricos é relativamente restrito em área, devido à baixa permeabilidade das formações, e localiza-se na vertical dos trabalhos mineiros – Figura 33.

Figura 33 – Cone de rebaixamento dos níveis piezométricos (Somincor, 2024).

A área de influência passou de 3,85 km² (em 1985) para 11 km² (em 12/2024) (tendo como referência a isopieza dos 200). Esse aumento deve-se sobretudo ao aumento da infraestrutura mineira, que passou de 90 550 m^3 de volume escavado (em 1985) para mais de 7 275 879 m^3 (em 12/2024) – Figura 34.

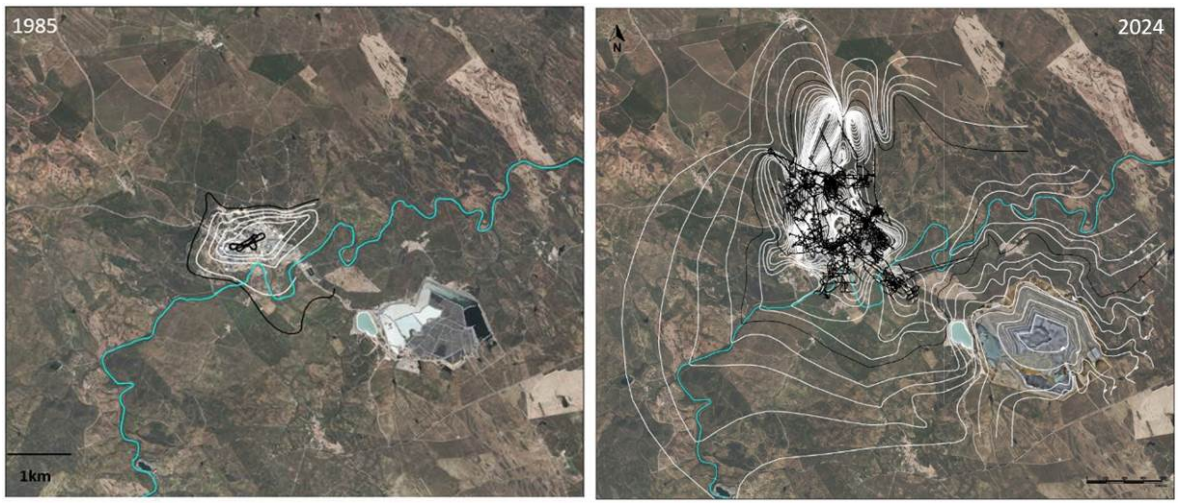


Figura 34 – Infraestrutura mineira em 1985 e 2022 e Cone de rebaixamento da superfície piezométrica.

Para controlo da qualidade da água, são atualmente amostradas cerca de 758 amostras de água subterrânea por ano (558 amostras são analisadas no laboratório Somincor e ≈200 amostras são analisadas num laboratório externo), destas quais 40% são de reporte legal e os restantes para controlo interno. Durante a amostragem são analisados 10 parâmetros físico-químicos *in-situ* e posteriormente em laboratório; são analisados até 62 parâmetros físico-químicos. Toda a informação é verificada e colocada na base de dados HydroGeoanalyst (HGA), para validação e análise.

Atualmente, para além das águas subterrâneas bicarbonatadas (Aquífero Superficial), cloretadas sódicas (Aquífero mineiro profundo) e de mistura (Aquífero intermédio), existem ainda águas com influência de drenagem ácida mineira quer à superfície quer na mina.

Na figura 35 encontra-se um Diagrama de Piper referente a uma campanha de amostragem de mina efetuada em 1985, onde se destacavam 2 tipos de água: águas bicarbonatadas e águas cloretadas sódicas. Por outro lado, na figura 36, projetando os valores de uma campanha de amostragem de 2022, destacam-se as águas com influência de drenagem mineira (Somincor, 2024).

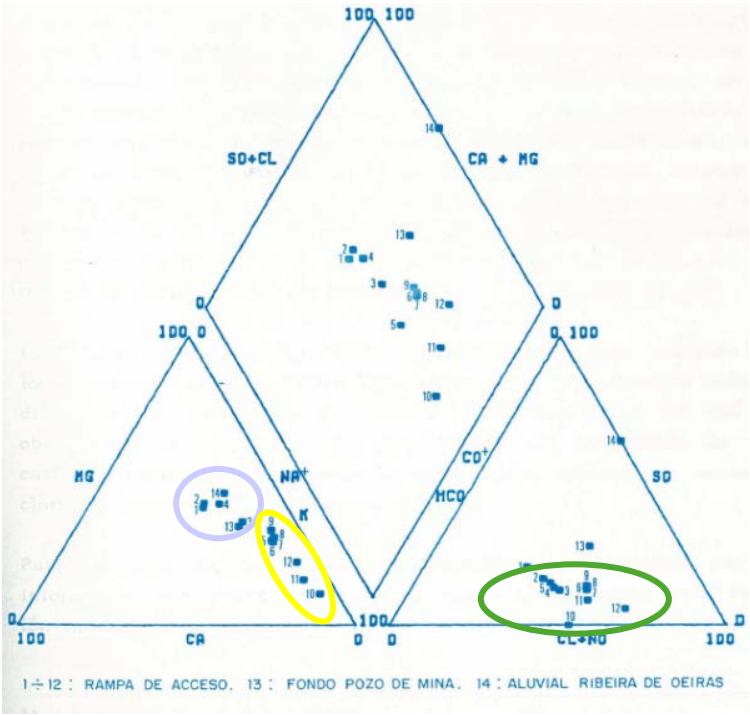


Figura 35 – Diagrama de Piper - Amostragem 1985 (% meq L^{-1}) (Rubio, 1985).

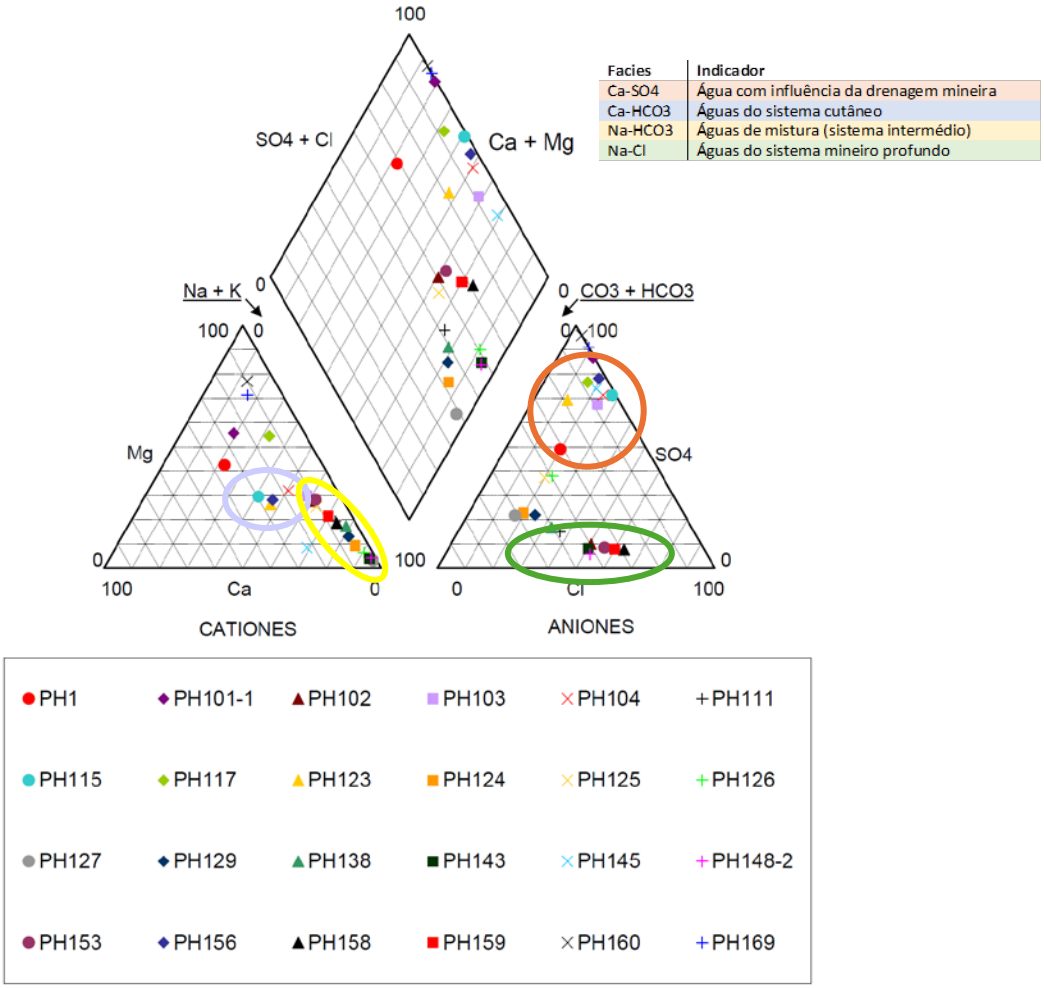


Figura 36 – Diagrama de Piper - Amostragem 2022 (% meq L^{-1}).

Toda a informação resultante das campanhas de amostragem é posteriormente analisada e pode ser representada de diferentes formas a partir do banco de dados. No mapa seguinte encontra-se um exemplo da análise que é possível fazer, utilizando a média da concentração de cobre, no período de 2017 a 2024. Os valores mais elevados de cobre observam-se na envolvente da escombreira (máximo de 1400 mg/L) e em alguns pontos de observação de mina, em áreas de desmonte (máximo de 118 mg/L) – Figura 37. A dimensão dos pontos é função da concentração de metal na água.

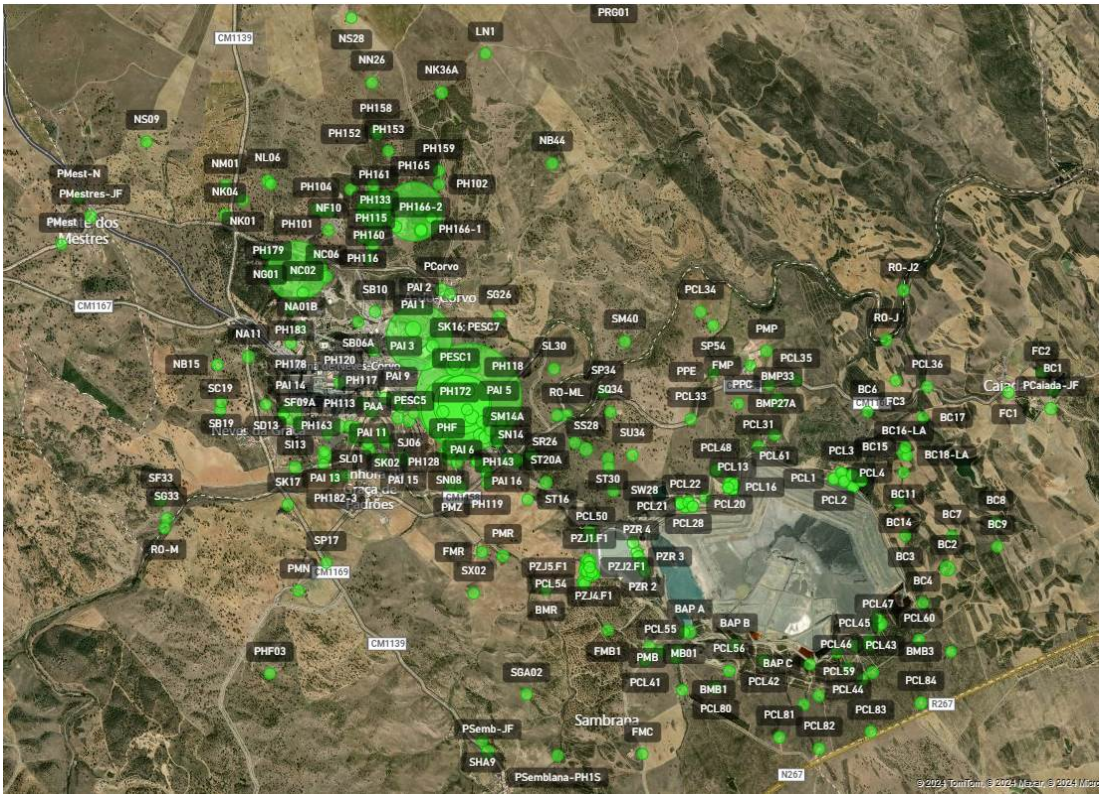


Figura 37 – Distribuição do valor médio de cobre (2017-2024).

Os estudos hidrogeológicos efetuados ao longo dos anos fornecem informações importantes sobre a evolução dos níveis de água e a evolução química das águas ao longo da vida útil da mina e após o fecho da mina.

O Estudo Hidrogeológico de 2022 evidencia a hipótese de recuperação das condições originais (pré-mina), embora o nível de água demore algumas décadas a ser reposto, não se prevê qualquer impacte na qualidade química das águas.

Segundo o modelo de fluxos, o tempo de recuperação dos níveis piezométricos é muito longo, “aproximadamente de 110 anos para a camada L3, camada alvo das extrações”. “Tal situação é

consistente com o contexto hidrogeológico, caraterizado por formações hidrogeológicas de baixa condutividade hidráulica" (LNEG, 2022) – Figura 38.

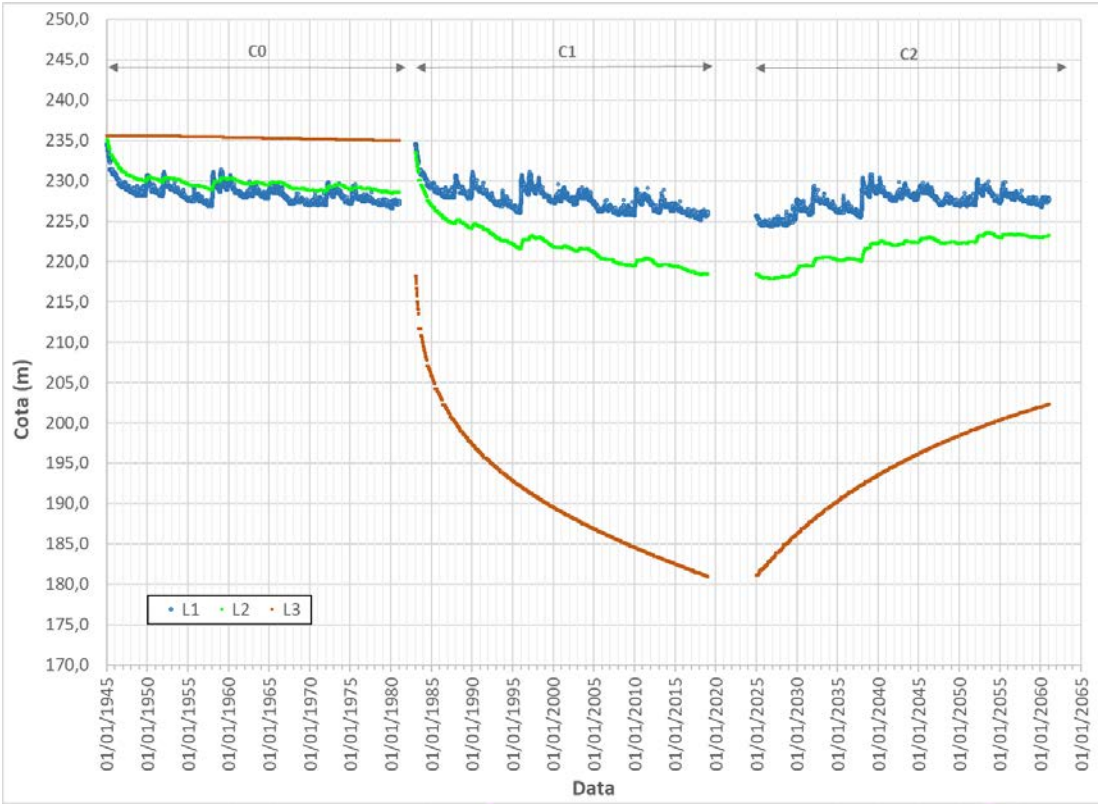


Figura 38 – Recuperação dos níveis piezométricos ao longo do tempo (L1 - Sistema Superficial, L2 - Sistema Intermédio e L3 - Sistema Mineiro Profundo).

Segundo o modelo hidrogeoquímico, "face aos resultados não é expectável que do enchimento lento (ao longo de décadas) e progressivo da mina (com estratificação da coluna de água) se originem águas ácidas, nem concentrações excessivas de metais. Salienta-se, contudo, que se trata de uma primeira abordagem da evolução hidrogeoquímica de pós-fecho da mina, de longo prazo, pressupondo que foi atingido o equilíbrio das reações decorrentes da interação água-rocha. Esta primeira abordagem foi realizada com os dados disponíveis na Somincor e outros obtidos no período de 2017-2021" (LNEG 2021).

Encontra-se atualmente a decorrer o Estudo Hidrogeológico de 2025, que deverá estar concluído no final do ano.

3.4.2. Base de Dados

Um banco de dados integrado e organizado é uma mais-valia para a análise, verificação e validação de dados.

Em Neves-Corvo, todos os dados relativos a níveis de água, caudais e qualidade de água encontram-se atualmente numa base de dados única no software HGA – HydroGeoanalyst.

O Hydro GeoAnalyst – HGA é um software para gestão, consulta e análise de dados e apresenta ferramentas de visualização para armazenar, de maneira eficiente, informações de nível de água e análises químicas de águas subterrâneas e superficiais, caudais bombeados e meteorologia – Figura 39 e Figura 40. Este software permite a criação de consultas (tabelas) e gráficos (em PowerBI) que permitem a verificação e validação de dados de forma rápida e eficaz – Figura 41 e Figura 42.

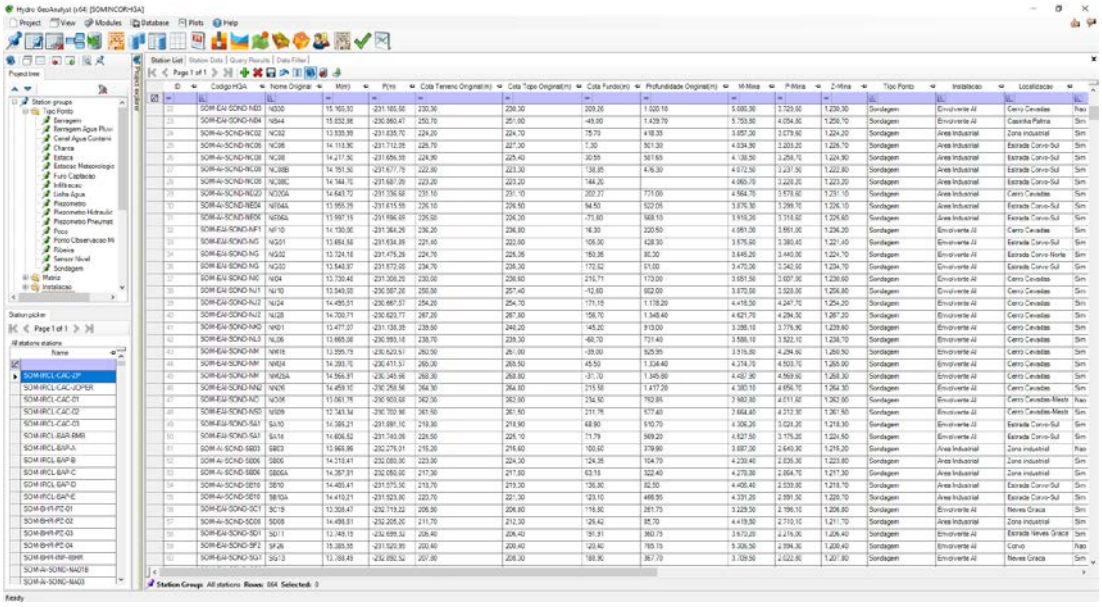


Figura 39 – Exemplo da lista de pontos de observação.

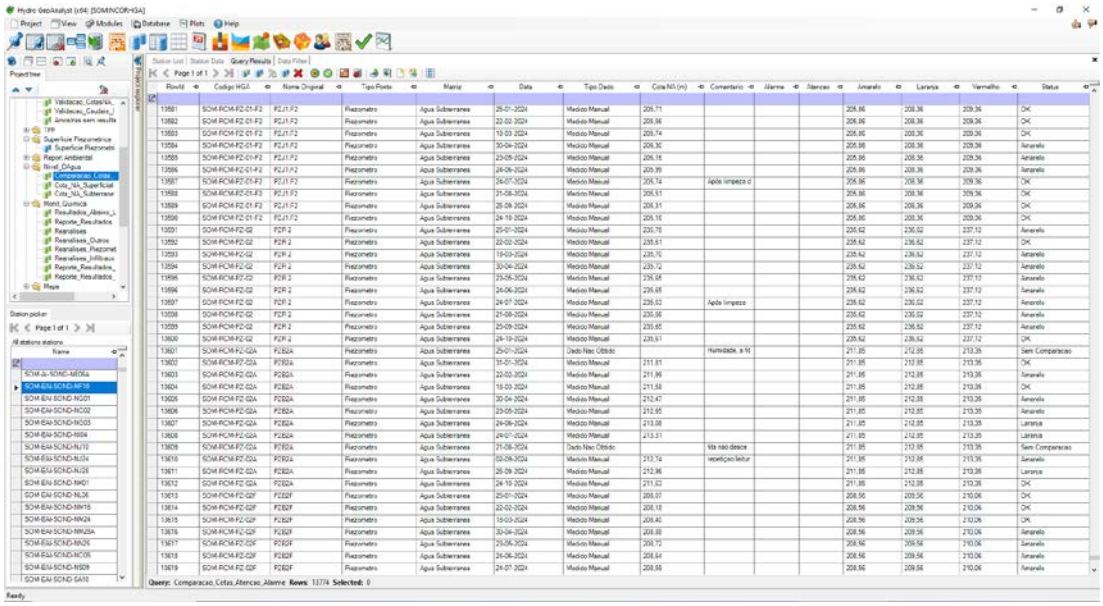


Figura 40 – Exemplo da validação de níveis tendo em conta os TARPS (níveis de atenção).

Figura 41 – Exemplo de visualização de níveis de água e TARPS (níveis de atenção).

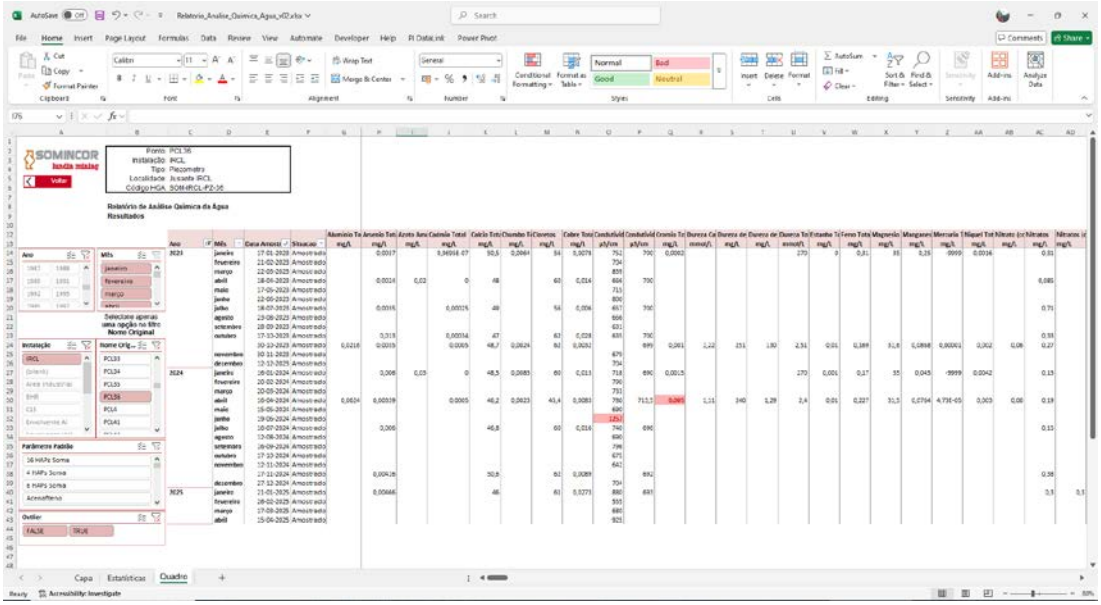


Figura 42 – Exemplo de verificação de análises químicas.

3.4.3. Mapeamento de áreas potencialmente poluídas

O mapeamento das áreas potencialmente poluídas é uma das ferramentas utilizadas na Somincor para registar e monitorizar as áreas potencialmente poluídas e as áreas suscetíveis (Somincor, 2018). Em 2018 foi feito o levantamento das APPs – Áreas potencialmente poluídas de Neves Corvo. Estas áreas dizem respeito a instalações de resíduos mineiros (escombro, rejeitado e águas industriais) e a áreas em contacto com estes resíduos. Foram listadas 116 áreas no total, das quais se destacam 12 zonas de maior sensibilidade e interesse, a serem vigiadas e intervencionadas a curto prazo.

Este mapeamento foi realizado na área industrial – Figura 43, e Instalação de resíduos do Cerro do Lobo – Figura 44, utilizando um esquema de cores, do vermelho (nível de contaminação potencial muito elevado) ao azul (nível de contaminação potencial nula ou muito baixa) – Tabela 1.

Tabela 1 – Escala de níveis de contaminação potencial (Somincor, 2018).

Níveis de Contaminação Potencial		
Nível		Descrição
A	Muito Elevado	Áreas sujas e/ou Águas acidas
B	Elevado	Água/Áreas que requerem controlo
C	Moderado	Água/Áreas que requerem atenção
D	Baixo	Água/Áreas de qualidade aceitável
E	Muito Baixo/ Nulo	Água/Áreas com boa qualidade

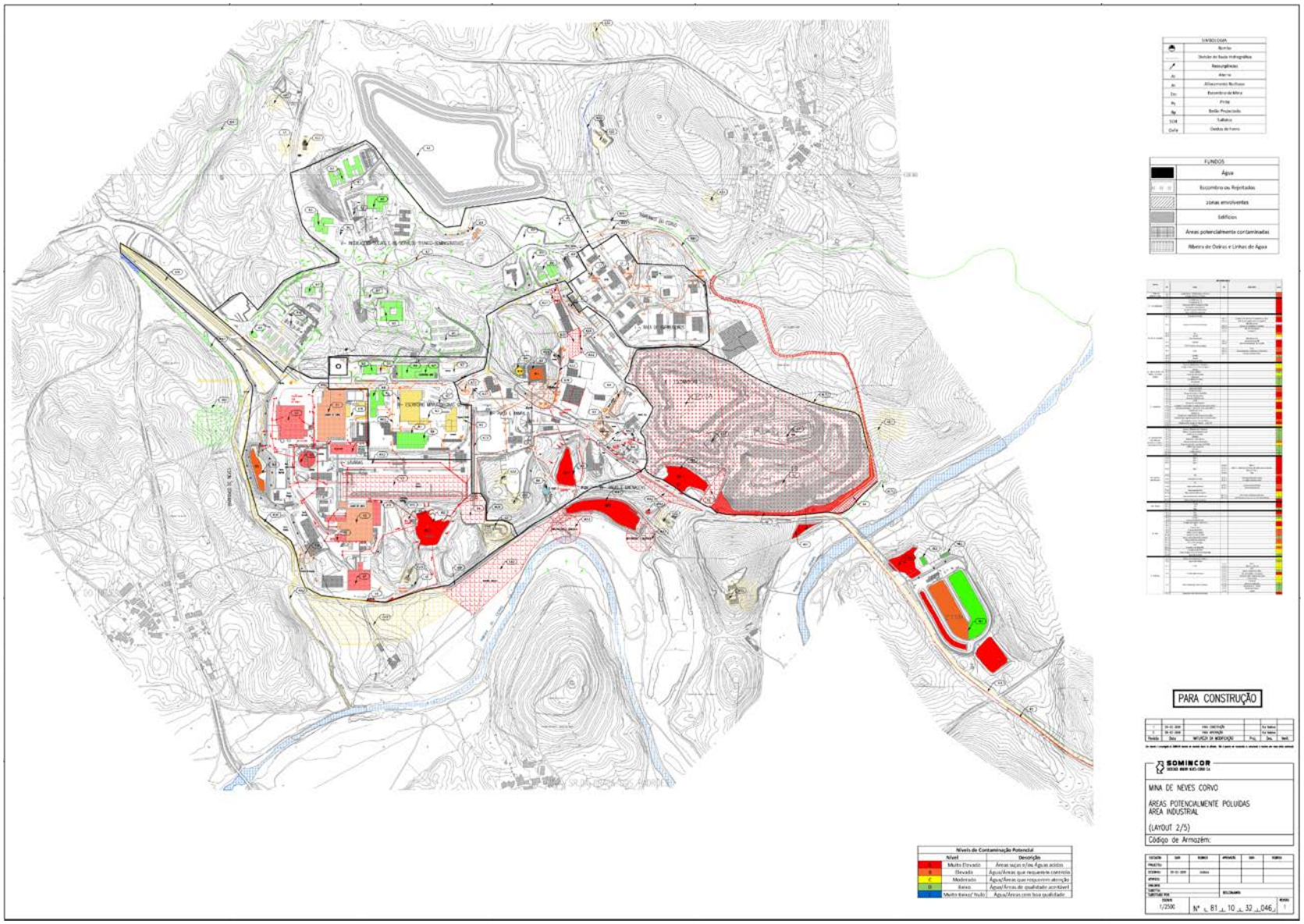


Figura 43 – APPs na AI (Somincor, 2018).

Figura 44 – APPs na IRCL (Somincor, 2018).

As áreas identificadas como sendo potencialmente mais poluídas são:

- ✓ IRCL – Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo onde é feita a co-deposição de escombro e rejeitado espessado e onde se geram águas ácidas, apresenta potencial muito elevado;
- ✓ Escombreiras – depósito temporário de escombro de mina, potencial gerador de águas ácidas, apresenta potencial muito elevado;
- ✓ BACS – Barragens de águas contaminadas – que coletam as águas industriais e de escorrência superficial contaminadas, apresenta potencial muito elevado;
- ✓ Área industrial – lavarias/ parque de minério/ parque de concentrado – Toda a área apresenta potencial muito elevado de contaminação, apresenta potencial muito elevado;
- ✓ RCM – Reservatório do Cerro da Mina – Embora seja um reservatório de águas industriais, encontra-se impermeabilizado, logo apresenta apenas potencial elevado, inferior às restantes áreas descritas anteriormente.

Por outro lado as áreas sensíveis que devem ser monitorizadas e corrigidas a curto/médio prazo, são:

- ➢ Envolvente da escombreira - devido à geração de águas ácidas;
- ➢ Horta do Fialho – área na proximidade à área industrial;
- ➢ BAC4 – barragem de emergência e proteção à Ribeira de Oeiras;
- ➢ Estrada do Corvo – estrada construída com escombro;
- ➢ Envolvente da IRCL e RCM – onde é possível o surgimento de infiltrações com origem na IRCL;
- ➢ Cone de rebaixamento dos níveis piezométricos – qualquer tipo de contaminação na área sobre o cone será puxada para o seu interior.

Do mapeamento efetuado surgiram algumas recomendações para monitorização e melhoramento de algumas áreas, nomeadamente:

- Levantamento Geofísico complementar (Área dos empreiteiros, Escombreira 1A/1B, Área jusante das BACs, 2 anéis de investigação, sendo 1 proximal e 1 distal, na envolvente do IRCL);

- IBRs – captação de eventuais ressurgências com drenos e ligação ao sistema de IBRS;
- Piezómetros – instalação de piezómetros na envolvente da IRCL;
- BAC4, Aumento de capacidade e impermeabilização da BAC4,
- Estrada do Corvo – saneamento da estrada do Corvo;
- Reabilitação da Vala a Norte da Área industrial e da Vala a Sul da Área industrial;

Ponto de situação das recomendações efetuadas em 2018:

- Levantamento Geofísico – foram efetuados no total 36km de geofísica entre 2018 e 2024 na AI, IRCL e área envolvente, estando previsto efetuar mais 5km em 2025;
- IBRS – foram construídos diversos tapetes drenagem na envolvente da IRCL devido ao aparecimento de ressurgências e ligados ao sistema de IBRS;
- Foram efetuados 34 piezómetros na IRCL e AI em locais onde a rede de monitorização era escassa. Estes foram definidos com auxilio da geofísica;
- BAC4 – sofreu obras para aumentar a sua capacidade e foi impermeabilizada em 2020;
- Estrada do Corvo – situação a corrigir;
- Vala a Norte da Área industrial – situação a corrigir;
- Vala a Sul da Área industrial – foram efetuadas obras de melhoria.

Está prevista a revisão do mapeamento das APPS para 2026.

3.4.4. Resíduos mineiros

3.4.4.1. Tipos de Resíduos Mineiros

Os resíduos mineiros originados na operação, escombro, rejeitados e águas industriais são as principais causas de problemas ambientais na indústria mineira.

O escombro é o material rochoso sem valor comercial, proveniente da atividade de desenvolvimento da infraestrutura mineira, nomeadamente os trabalhos de desmonte da rocha encaixante, que permitem o acesso à exploração dos jazigos minerais. Em Neves-Corvo a rocha encaixante é constituída por rochas do Complexo Vulcano-Sedimentar com alguns sulfuretos disseminados que resultam dos processos mineralizantes inerentes à génese do jazigo, e é

classificado como “Não Inerte, Não Perigoso” segundo o regulamento (UE) nº 1357/2014 e como gerador de águas ácidas (NAG - “net acid generation”).

O rejeitado é o resíduo resultante do processo de concentração de minério nas lavarias e é classificado como “Não Inerte, Perigoso” segundo o regulamento (UE) nº 1357/2014, sendo maioritariamente constituído pelo mineral pirite.

Os resíduos mineiros (escombro e rejeitados) constituem um risco ambiental elevado, sendo geradores potenciais de águas ácidas e metais pesados, podendo contaminar águas e solos – Figura 45.

Figura 45 – Resíduos Mineiros – Escombro e Rejeitado.

As águas industriais, resultantes do processo de espessamento de rejeitados, de contacto (geradas pelo contacto de água bruta com minério) e as águas pluviais de escorrência dentro da área industrial, são consideradas águas contaminadas, constituindo um resíduo mineiro e podem ser reutilizadas no processo ou tratadas para descarte – Figura 46.

Figura 46 – Vala de água contaminada no interior da IRCL (água de contacto).

3.4.4.2. Reutilização de Resíduos Mineiros

Os resíduos mineiros são reutilizados nos processos mineiros ou armazenados em instalações que possibilitam a sua gestão, nomeadamente na escombreira (escombro), na Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo (escombro e rejeitados) e no Reservatório do Cerro da Mina (água industrial).

A água industrial é reutilizada no processo, diretamente ou após tratamento na ETAI (Estação de tratamento de água industrial). O Reservatório do Cerro da Mina com capacidade de armazenamento ao Nível de Pleno Armazenamento de aproximadamente 1,5 Mm^3 permite o armazenamento e gestão das águas industriais, sendo operado para descarga nula para o meio ambiente – Figura 47.

Figura 47 – Reservatório do Cerro da Mina - Água Industrial.

O escombro e rejeitados são reutilizados no enchimento de desmontes, para o preenchimento do espaço vazio deixado pela exploração do minério. Atualmente os métodos de desmonte mais utilizados em Neves-Corvo são o 'Bench & Fill' (Bancada & Enchimento) e o 'Drift & Fill' (Galeria & Enchimento). Os tipos de enchimento utilizados são: enchimento com escombro ('wastefill'), enchimento com pasta ('pastefill') e enchimento hidráulico ('hydraulicfill').

No gráfico seguinte é possível observar como a Somincor marca o seu caminho na sustentabilidade, reutilizando os resíduos gerados no processo mineiro – Figura 48.

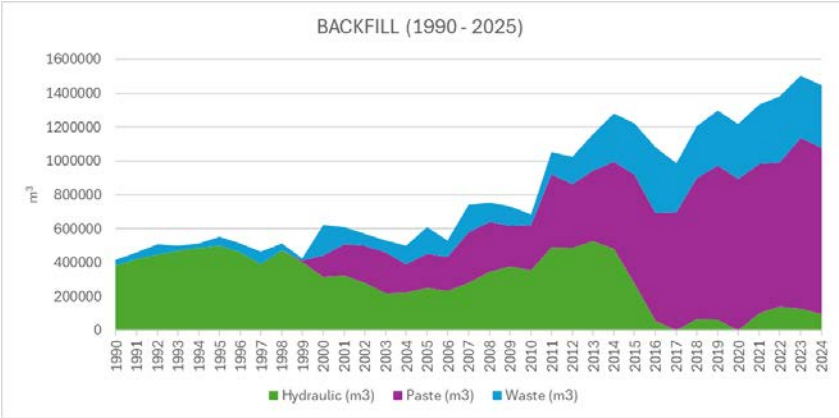


Figura 48 – Diferentes tipos de enchimento utilizados em Neves-corvo (Fonte: Somincor).

Entre 1990 e 1999, 87% do enchimento foi hidráulico (443.386,5 m³) e os restantes 13% foram de enchimento com escombro (43.815,1 m³). Entre 2000 e 2014, 45,5% do enchimento foi hidráulico (347.194,3 m³), 36,5% foi com pasta (278.205,9 m³) e os restantes 18% foram enchimento com escombro (135.727,1 m³). A partir de 2015, o enchimento hidráulico reduziu significativamente e o enchimento com pasta aumentou gradualmente ao longo dos anos. Entre 2015 e 2024, 65,6% do enchimento foi com pasta (832.460,3 m³), 27% com escombro (341.547,9 m³) e apenas 7,4% do enchimento foi hidráulico (94.230,3 m³).

No enchimento hidráulico e no enchimento com pasta, é utilizada a fração mais grosseira dos rejeitados, obtida pelo processo de ciclonagem. O enchimento por pasta utiliza 95% de rejeitados e 5% de cimento, resultando numa mistura pastosa, com uma percentagem de sólidos em peso de 80%, enquanto o enchimento hidráulico utiliza 3% de rejeitados, 94% de areia, 3% de cimento e água, obtendo uma mistura com 75% de sólidos. A utilização do enchimento por pasta permite uma acentuada reutilização dos rejeitados produzidos no processo, reduzindo o seu envio para depósito final.

Como referido anteriormente, em 2015 a utilização de enchimento hidráulico teve uma redução drástica, tendo sido substituído por enchimento com pasta em desmontes primários e nos desmontes secundários maioritariamente por enchimento com escombro, o que permitiu, entre outras, melhorar a qualidade de enchimento (resistência), diminuir o envio de rejeitados para destino final na IRCL, aumentando assim o tempo de vida desta instalação, e diminuir os custos operacionais, evitando a compra de matéria prima (areia).

Desde 2000 utilizaram-se cerca de 19 Mt de rejeitados para o enchimento por pasta, permitindo a reutilização progressiva de rejeitado produzido, até cerca de 48% – Figura 49. No primeiro

semestre de 2025, cerca de 50% dos rejeitados foram utilizados para enchimento e 50% foram depositados na IRCL.

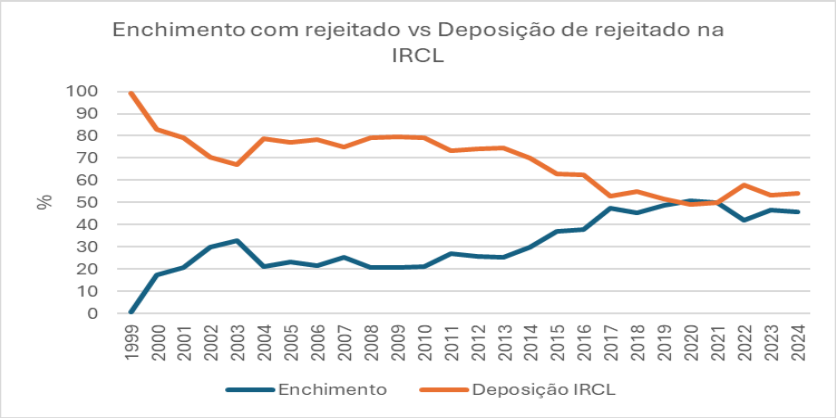


Figura 49 – Enchimento de Mina com rejeitado vs Deposição de rejeitados na IRCL (Fonte: Somincor).

3.4.4.3. Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo

O escombro que não é utilizado no enchimento é extraído (com uma granulometria 0-2000mm) e depositado temporariamente nas escombreiras ou preferencialmente encaminhado para depósito final na IRCL, onde é utilizado na construção de coberturas e bermas de contenção dos rejeitados, funcionando como a camada de fundação da cobertura final limpa desta instalação.

As Escombreiras são aterros de resíduos não perigosos, classificados com o código LER 010101 – resíduos da extração de minérios metálicos, segundo a Classificação dos resíduos de acordo com a Lista Europeia de Resíduos. Estas têm um caráter temporário uma vez que serão desmanteladas no final da operação e têm uma capacidade licenciada de aproximadamente 4,7 Mt. A Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo – IRCL, atualmente licenciada para 50Mm^3 de resíduos, permite a co-deposição de rejeitados e escombro.

A IRCL é uma instalação para deposição definitiva de resíduos mineiros (rejeitados e escombro), classificada como Classe A, de acordo com Decreto-Lei n.º 10/2010, de 4 de Fevereiro, já alterado pelo Decreto-Lei n.º 31/2013, de 22 de Fevereiro, que estabelece o regime jurídico a que está sujeita a gestão de resíduos das explorações de depósitos minerais e de massas minerais.

A reutilização do escombro extraído para construção de coberturas, bermas e diques na IRCL permite não só a redução significativa de custos em material de pedreira limpo para esta construção, mas também permite a sua deposição numa instalação que é adequada para este efeito, evitando a implantação de uma instalação de resíduos mineiros pós-encerramento. Até o final de 2024, foram transportadas para a IRCL aproximadamente 9 Mt de escombro.

A Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo, construída em 1988, é uma barragem de enrocamento convencional, com núcleo de argila, que sofreu 3 alteamentos para jusante, até atingir a cota 255 em 2005, e uma capacidade útil de 17Mm^3 – Figura 50. A deposição dos rejeitados em polpa foi feita de forma subaquática entre 1988 e 2010, existindo uma camada de água permanente para minimização da oxidação, tendo em conta as Melhores Técnicas Disponíveis (MTD) para gestão de rejeitados resultantes de tratamentos de minérios de sulfuretos. Devido às alterações do plano de mina com a descoberta, viabilização e início de exploração de novos jazigos, foi necessário estudar alternativas que permitissem construir uma nova instalação de resíduos ou ampliar a capacidade de armazenamento de rejeitados na IRCL.

Figura 50 – Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo em 2005 (fonte: https://waterhub.pt/pt/projects/barragem-do-cerro-do-lobo).

Após vários estudos entre 2001 e 2010 e a aprovação por parte das autoridades nacionais, optou-se por alterar o método de deposição de rejeitados, de deposição subaquática de polpa de rejeitados para deposição emersa de rejeitados espessados.

Esta alteração permitiu a duplicação da capacidade de armazenamento da IRCL sem necessidade de alteração de área, nem da subida dos aterros que delimitam a instalação.

Do ponto de vista ambiental e da estabilidade hidrogeoquímica, a deposição de rejeitados na forma espessada evita a segregação dos mesmos, reduzindo o índice de vazios, o que faz com que a taxa de inserção de oxigénio se reduza. A metodologia de deposição estabelece que seja depositada uma camada de material fresco sobre uma camada de material previamente consolidada, permitindo um retardamento das reações de oxidação e minimizando a drenagem ácida.

Desde 2010 é feita a deposição emersa de rejeitados espessados (59,5 a 65% de sólidos) em co-deposição com o escombro, o que permitiu a expansão vertical do depósito (5 níveis) e a duplicação da capacidade de armazenamento (33 Mm^3), sem novo alteamento dos aterros. O espessamento de rejeitados é considerado uma melhor técnica disponível na gestão de resíduos, de acordo com o estipulado no documento europeu de referência para as melhores práticas disponíveis para a gestão de resíduos da indústria mineira (Garbarino, 2018), comparativamente à deposição de rejeitados subaquáticos em polpa (20% sólidos). A co-deposição dos dois resíduos numa só instalação é um bom exemplo de medidas de minimização da área de impacto – Figura 51.

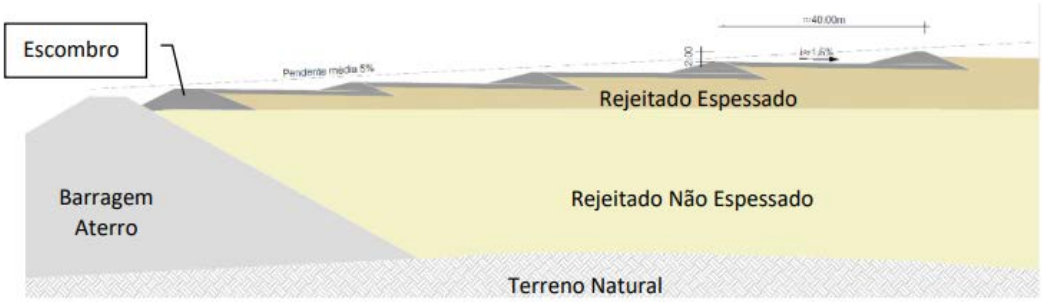


Figura 51 – Corte esquemático do empilhamento vertical na IRCL (Golder, 2021).

Em 2014 iniciou-se um novo estudo para aumentar a capacidade da IRCL, relacionado com o projeto de expansão da produção de zinco, que ficou concluído em 2021 com a aprovação do projeto de execução em final. A capacidade total de armazenamento de resíduos mineiros na IRCL aumentou para 50Mm^3, em resultado de um aumento de área da implantação da IRCL em 18 hectares e da continuação do empilhamento vertical até ao nível 13. Atualmente encontram-se depositados na IRCL 38,0 Mm^3 de escombro e rejeitados no total.

Os trabalhos de expansão horizontal decorreram entre 2022 e 2023, permitindo a continuação do processo de expansão vertical. Esta expansão garante o armazenamento da totalidade dos

resíduos mineiros até ao encerramento da mina, previsto no plano atualmente em vigor – Figura 52.

Tendo em conta que se trata de uma instalação de eliminação de resíduos perigosos, classificados com o código LER 010304 - “rejeitados geradores de ácidos, resultantes da transformação de Sulfuretos”, a IRCL está também regulada pelo Título Único Ambiental (TUA).

A drenagem ácida é uma das grandes problemáticas no que diz respeito a resíduos mineiros e às várias técnicas utilizadas, desde o espessamento de rejeitados, evitando a segregação dos mesmos, reduzindo o índice de vazios, à utilização de uma cobertura multicamada de baixa permeabilidade que inibe o influxo de oxigénio, mas que permite manter o estado de saturação dos rejeitados, contribuem para a minimização da geração de drenagem ácida.

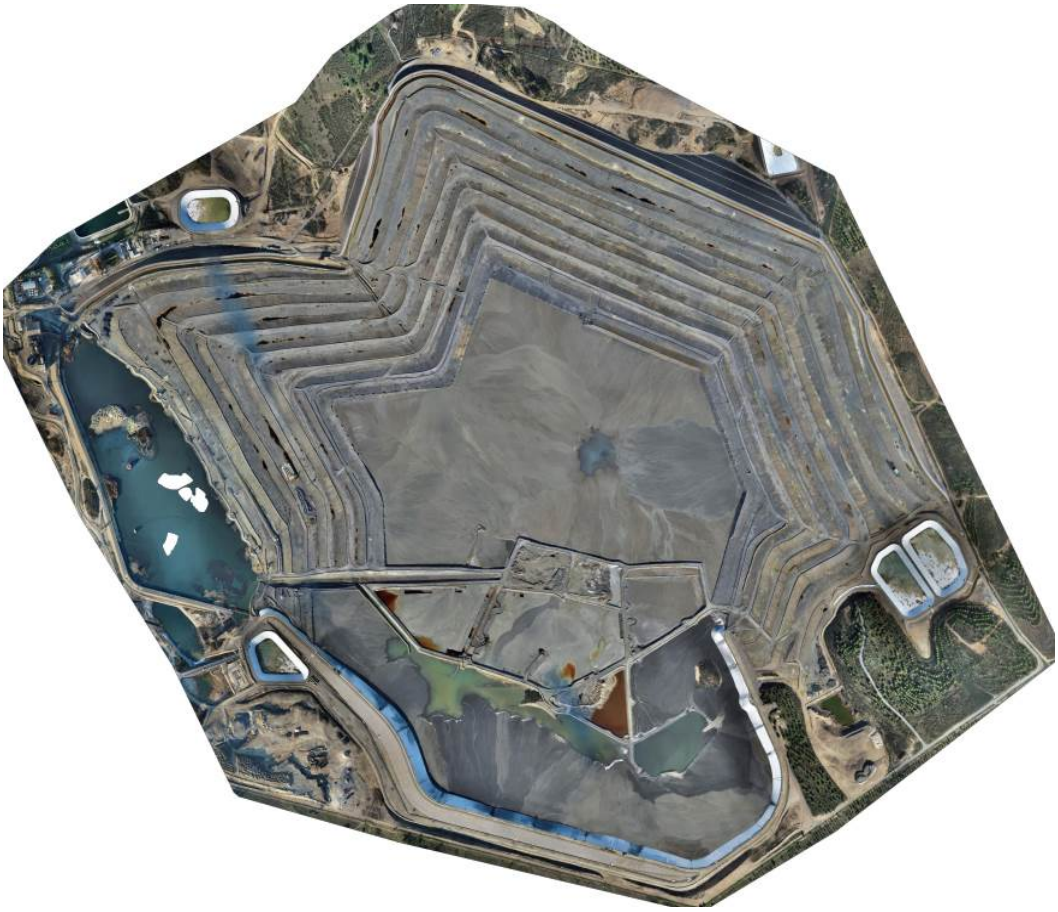


Figura 52 – Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo em 2025 (Somincor).

3.4.5. Diminuição do consumo de água bruta de Santa Clara no processo

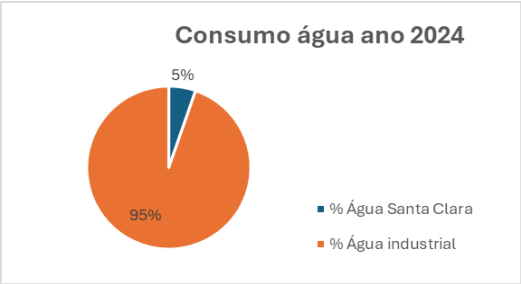
O aporte de água fresca para beneficiamento do minério é um dos grandes impactes da indústria mineira.

A Mina de Neves-Corvo é abastecida em água fresca a partir da albufeira de Santa Clara através de protocolo estabelecido com a Associação de Beneficiários do Mira, entidade gestora desta infraestrutura. A água é bombeada na albufeira da Barragem de Santa Clara e através de uma conduta com cerca de 40 km e enviada para a área industrial.

Ao longo dos anos o consumo de água bruta[2] de Santa Clara reduziu significativamente, passando de 3 500 000 m³ de água consumida em 2014 para 868 597 m³ de água consumida em 2024 – Figura 53, o que corresponde apenas a 5% de toda a água utilizada no processo – Figura 54. No capítulo 3.4.7 é apresentada a solução que permitiu esta redução.

Da água de Santa Clara que entra no Couto Mineiro, apenas 2% é tratada para ser utilizada como água potável, sendo o restante utilizado na operação mineira.

Figura 53 – Consumo de água de Santa Clara no Couto Mineiro ao longo dos anos.



[2] Água bruta ('Raw Water') refere-se à água tal como é encontrada na natureza, antes de qualquer tratamento ou intervenção humana. Logo é a água no seu estado natural, seja de rios, lagos, poços ou outras fontes, e ainda não foi purificada para consumo ou uso específico. Pormenores, por exemplo, em: LaMoreaux et al. (2008) e Happonen et al. (2016).

Figura 54 – Consumo de água no Couto Mineiro em 2024 – Água Sta. Clara vs Água industrial.

3.4.6. Sistema de captação de águas contaminadas na Área Industrial

As águas contaminadas, águas industriais, de contacto e as águas pluviais de escorrência dentro da área industrial constituem um resíduo mineiro. De forma a evitar ou minimizar qualquer contaminação das áreas envolventes à área industrial, existem diversos sistemas de drenagem superficial de captação e encaminhamento destas águas.

No perímetro sul da área industrial existe um sistema de bacias de contenção de águas contaminadas para proteção da ribeira de Oeiras. Estas bacias de contenção, designadas por BAC - Bacia de Água Contaminada - BACL, BAC1, BAC2, BAC3 e BAC4, têm como função a contenção de águas contaminadas, bem como de eventuais derrames de rejeitados gerados na concessão mineira, quer provenientes da drenagem superficial das zonas industriais, quer por rotura de tubagens, quer ainda por vicissitudes inerentes à gestão das águas das instalações mineiras – Figura 55.

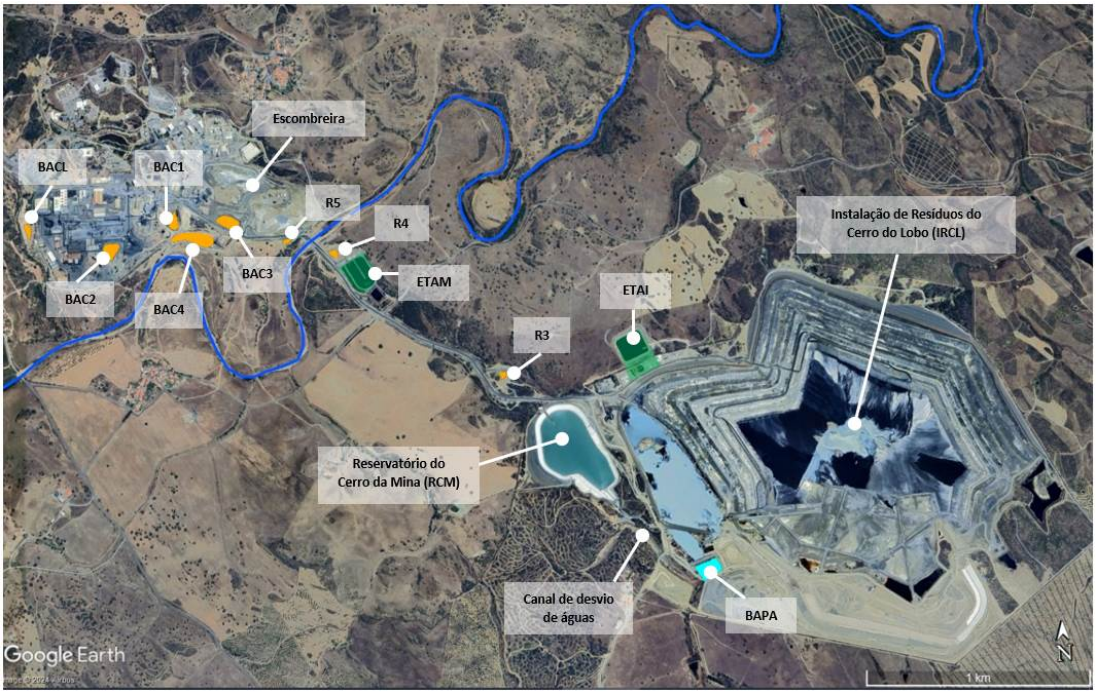


Figura 55 – Vista aérea das instalações da SOMINCOR (Google Earth, outubro de 2024, com sobreposição de fotografia aérea mensal de drone).

As águas armazenadas em cada uma destas barragens (BACL, BAC1, BAC2 e BAC3) são depois bombeadas e enviadas para a Instalação de Resíduos de Cerro do Lobo (IRCL), passando a integrar a água industrial. Em caso de descarga das barragens BAC 1, BAC 2 e BAC 3, a água é encaminhada para a BAC 4 e a partir daqui bombeada para a ETAM.

A BAC 4 foi alvo de obras de melhoria em 2020. O aumento da capacidade da barragem e a sua impermeabilização foram os principais objetivos. Esta barragem é a última barragem de proteção à Ribeira de Oeiras e recebe águas das restantes BACs – Figura 56.

Figura 56 – Impermeabilização da BAC 4.

A escombreira possui um sistema de captação de águas contaminadas, constituído por uma dupla vala perimetral que coleta as águas de escorrência superficial (de contacto) e as canaliza para tanques da escombreira, de onde são, posteriormente, bombeadas para a BAC3 – Figura 57. A jusante do tanque de armazenamento principal existe o reservatório de emergência R5, como medida de segurança adicional, na eventualidade de um acidente, para proteção da ribeira de Oeiras. Este sistema, com dupla vala perimetral, tanques de armazenamento e reservatório de emergência, tem sido bastante eficaz na captura de águas de escorrência superficial, impedindo a sua dispersão para o meio.

Figura 57 – Dupla vala perimetral que envolve toda a escombreira, e tanque de recolha das águas de escorrência superficial da escombreira que são coletadas nas valas perimetrais.

Os reservatórios de emergência (R3, R4 e R5) localizados em pontos estratégicos, ao longo do percurso das adutoras de rejeitados e águas industriais entre a área industrial da mina e a área industrial da barragem de rejeitados, constituem um sistema de proteção que permite captar, armazenar e bombear a água de volta ao sistema.

Todas as águas contaminadas, colhidas nestes sistemas de captação de água, são enviadas para a Central de espessamento de rejeitados juntamente com a polpa de rejeitados e são reutilizadas no processo industrial.

3.4.7. Recirculação de água industrial e Estações de tratamento de águas

No complexo mineiro existem 3 estações de tratamento de água: ETARD - Estação de Tratamento de Água Residual Doméstica, ETAM - Estação de Tratamento de Águas da Mina e ETAI - Estação de Tratamento de Água Industrial.

A água residual doméstica, proveniente dos sanitários e refeitórios das instalações sociais da SOMINCOR, é atualmente tratada na ETARD, que se encontra em funcionamento desde dezembro de 2016. A instalação foi dimensionada para 2500 habitantes e para um caudal médio diário de 500 m³ – Figura 58.

Figura 58 – Vista geral da ETARD.

A SOMINCOR investiu no tratamento de água industrial pelo método FENTON+HDS, na ETAI, o que permite a sua utilização, substituindo a água fresca.

A ETAI – Figura 59, localiza-se junto da IRCL e tem como função tratar parte da água industrial, para que a mesma adquira as características que permitam a sua reutilização nos processos que requerem água fresca, permitindo a redução do consumo desta última ou descarga na Ribeira de Oeiras em caso de cenários de elevada pluviosidade após uma etapa complementar de tratamento.

Figura 59 – Vista geral da ETAI.

A ETAI está dimensionada para uma capacidade máxima de 750 m³/h, sendo a água a tratar bombeada a partir do RCM. A água tratada na ETAI pode ainda ser encaminhada para uma unidade de tratamento por osmose inversa (OI), em caso de necessidade de descarga de água para o meio ambiente.

A ETAM localiza-se junto à estrada de acesso à IRCL, na proximidade da Ribeira de Oeiras, recebe água proveniente do fundo da Mina, com origem quer na água subterrânea, natural do próprio jazigo, quer na água recirculada utilizada nas atividades mineiras, e excedente da ETAI – Figura 60.

Figura 60 – Vista geral da ETAM.

A ETAM tem como objetivo assegurar o tratamento passivo, sendo que este tratamento consiste apenas no aumento do tempo de retenção da água para decantação dos eventuais sólidos em suspensão, da água proveniente da mina de modo a permitir a sua reutilização, maioritariamente nos trabalhos subterrâneos. Esta instalação tem uma capacidade de tratamento de 600 m^3/h, sendo o tempo de residência atual de 4 dias. O excedente pode ser enviado para o RCM ou descarregado na ribeira de Oeiras, após mistura com água da ETAI+OI e verificação da conformidade para descarga, de forma a manter em equilíbrio o balanço de águas de Neves-Corvo.

Tendo em consideração a localização da Mina de Neves-Corvo, numa zona de baixos índices de pluviosidade, a SOMINCOR promove o máximo de reutilização das águas industriais (processo, pluviais, residuais, etc.), minimizando a descarga de efluentes no meio hídrico. Em 2020, 2022, 2023 e 2024, a SOMINCOR conseguiu funcionar em regime de descarga nula para o meio ambiente. Em anos de intensa pluviosidade, 2021 e 2025, foi necessário efetuar descargas de água tratada para a Ribeira de Oeiras. Considerando a sensibilidade ecológica do meio recetor Ribeira de Oeiras, é a intenção da SOMINCOR reduzir cada vez mais o recurso à descarga de águas residuais na linha de água, utilizando para tal a evaporação forçada de água industrial, através da gestão pormenorizada do Balanço de Águas da empresa. Para ajudar nesta gestão nos tempos de elevada pluviosidade, a Somincor promove também a evaporação forçada, através da utilização de 4 evaporadores de alta capacidade (120 m^3/h cada), da marca Minetek, durante o verão – Figura 61.

Figura 61 – Evaporadores.

3.4.8. Desvio de águas pluviais do sistema

A montante da IRCL existiam 5 barragens em cascata, designadas por BAP, conectadas por canais perimetrais, para desvio das águas pluviais da IRCL e RCM, evitando que esta água se tornasse água industrial – Figura 62.

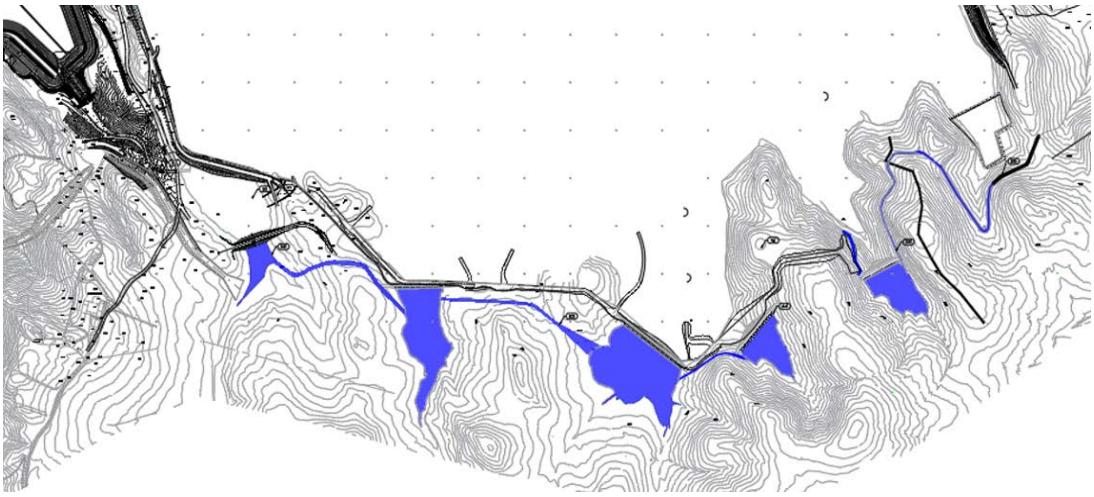


Figura 62 – Sistema de desvio de águas pluviais (da esquerda para a direita: Bap A, B, C, D, E e respetivos canais de conexão).

Com a expansão da barragem em 2024, as Bap C e D deixaram de existir e a Bap B sofreu alteração da geometria – Figura 63.

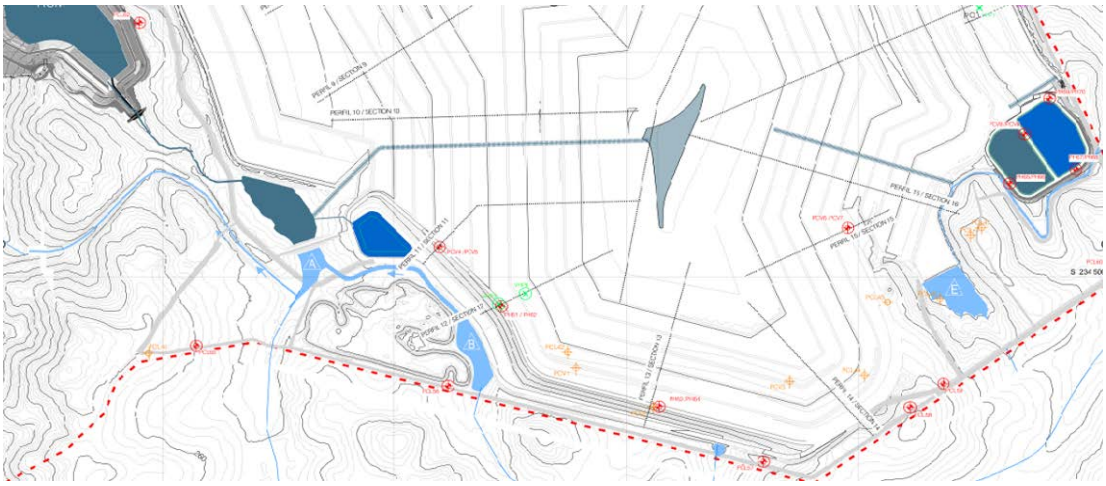


Figura 63 – Sistema de desvio de águas pluviais (da esquerda para a direita: Bap A, B, E e respetivos canais de conexão) (Golder, 2021).

3.4.9. Sistema de captação de águas de infiltração ou de escorrência superficial na envolvente das instalações

Na envolvente da IRCL existe um sistema de captação de águas de infiltração da IRCL e ressurgências, constituído por 30 IBR – Infiltração da Barragem de Rejeitados, e uma rede de drenos, que captam estas águas e as retornam à IRCL através de um sistema de bombagem associado – Figura 64.

Os IBR são poços fechados e enterrados, que recebem águas de infiltração e de percolação sub-superficial da barragem, por circulação gravítica. Alguns IBR recebem diretamente as águas provenientes do sistema de drenagem interno da barragem (tapete drenante e dreno de pé do aterro) – Figura 65.

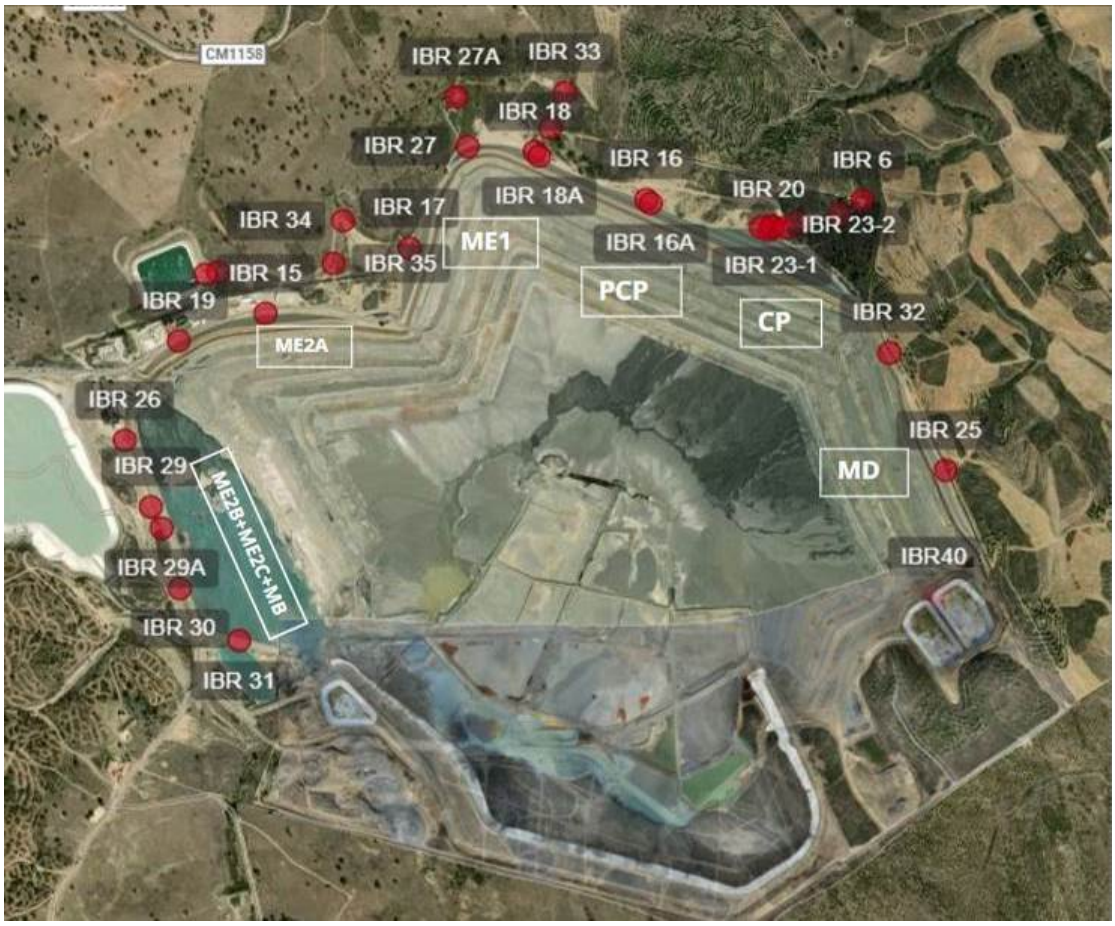


Figura 64 – Rede de IBRs em redor da IRCL (imagem HGA).

Figura 65 – Exemplo de IBR: IBR17.

Em outras situações, as águas são capturadas por um sistema de drenos, escavados no subsolo, dispostos no terreno em rede, e encaminhadas gravitícamente para o interior do IBR – Figura 66 e Figura 67. Estes poços estão equipados com bombas que devolvem as águas coletadas para o processo industrial. Este eficaz sistema de contenção de infiltrações encontra-se em redor de toda a infraestrutura de Cerro do Lobo, a cotas inferiores à barragem, localizados onde existiram ressurgências e permitem a captura de infiltrações das águas da barragem.

Figura 66 – Construção das valas de drenagem coletadas pelo IBR34.

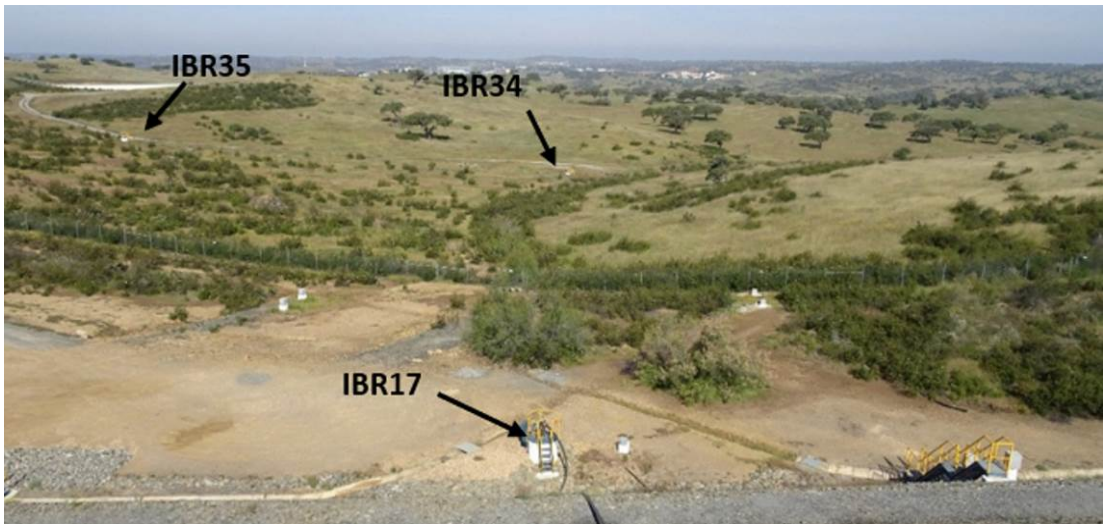


Figura 67 – Vista geral a partir do coroamento da portela ME1 da IRCL de parte da rede de IBR. Junto ao pé de talude observa-se o IBR17 e na zona mais afastada da barragem os IBR34 e IBR35.

Ao longo dos anos, o caudal captado pelos IBR tem descido gradualmente. Até 2010, a deposição dos rejeitados da mina era feita em meio subaquático, passando nesta data a deposição subaérea de rejeitado espessado.

Devido à baixa permeabilidade da fundação, foi decidido à data não proceder à sua impermeabilização, com exceção de uma pequena cobertura argilosa compactada no eixo da antiga ribeira a montante do Corpo Principal.

A redução do caudal captado nos IBRs está por isso relacionada com a baixa permeabilidade dos rejeitados depositados ao longo do tempo, que têm cumprido a função de "impermeabilização" da fundação. Em 1994 existiam 7 IBR na IRCL, com um caudal de retorno médio de 19,9 m^3/h. Em 1998, com 10 IBR, atingiram-se os caudais médios mais elevados, de 55 m^3/h. Atualmente, com 30 IBR, o caudal médio ronda os 20 m^3/h – Figura 68, bastante inferior ao caudal previsto no Hidroprojecto de 2002 (92,16 m^3/h).

Este sistema de captação de águas de infiltração tem-se mostrado bastante eficaz, minimizando os impactes da IRCL nas águas superficiais e subterrâneas.

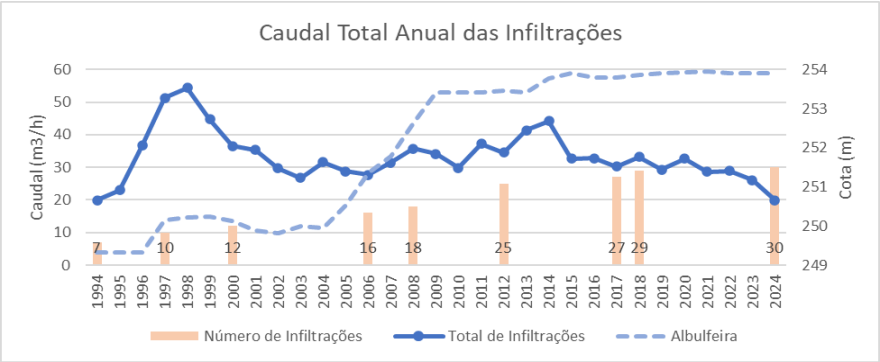


Figura 68 – Caudal médio total (m^3/h) coletado ao longo dos anos, com a indicação da progressão da quantidade de IBRs instalada. No eixo secundário encontra-se o nível de água da albufeira da IRCL.

3.3.7. Geofísica para deteção de circulação de água condutiva no subsolo

A Geofísica tem sido utilizada na Somincor ao longo dos últimos anos para deteção de circulação de água condutiva no subsolo. Este método mostrou-se bastante útil e eficaz na identificação de possíveis caminhos de circulação de água, ajudando a identificar locais de baixa resistividade e auxiliando na tomada de decisão para a construção de novos pontos de monitorização.

Uma das maiores preocupações a nível ambiental, anteriormente identificadas em auditorias, foi a possibilidade de a existência de água subterrânea contaminada migrar para fora da área da Somincor através do então designado por "plumas de contaminação" – Figura 69.

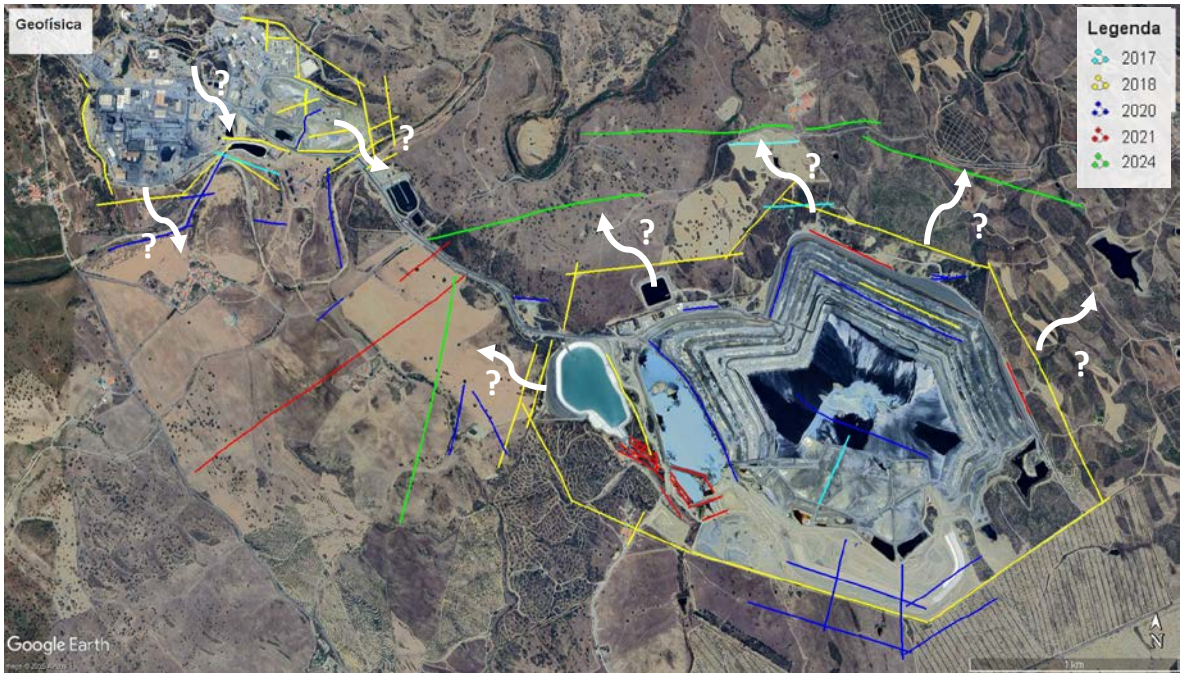


Figura 69 – Principais zonas "alvo" da Geofísica para detectar possíveis caminhos de água (Nota: as setas brancas representam os possíveis fluxos de água).

De forma a dar resposta a estas preocupações e perceber como ocorre a circulação de água, decidiu-se fazer Geofísica de Resistividade (recomendado no mapeamento das APPS).

Neste contexto geológico, não se deverá falar em plumas de contaminação no sentido estrito do termo, mas sim em caminhos preferenciais de circulação de água. Em meios porosos, a água dispersa-se, podendo originar plumas de contaminação, mas, neste contexto, tratando-se de um meio fraturado, a circulação ocorre associada a zonas de falha, que são caminhos preferenciais de circulação de água – Figura 70.

Em 2017 foram realizados os primeiros testes para verificar a adequabilidade deste método (Tomografia de Resistividade Elétrica (ERT)). Os resultados foram bastante otimistas, mostrando que era possível identificar caminhos preferenciais de circulação de água, estruturas tectónicas e locais de menor resistividade, que se tornavam mais discretos com a distância à barragem – Figura 71.

Figura 70 – Caminhos preferenciais de circulação de água observados numa escavação na IRCL.

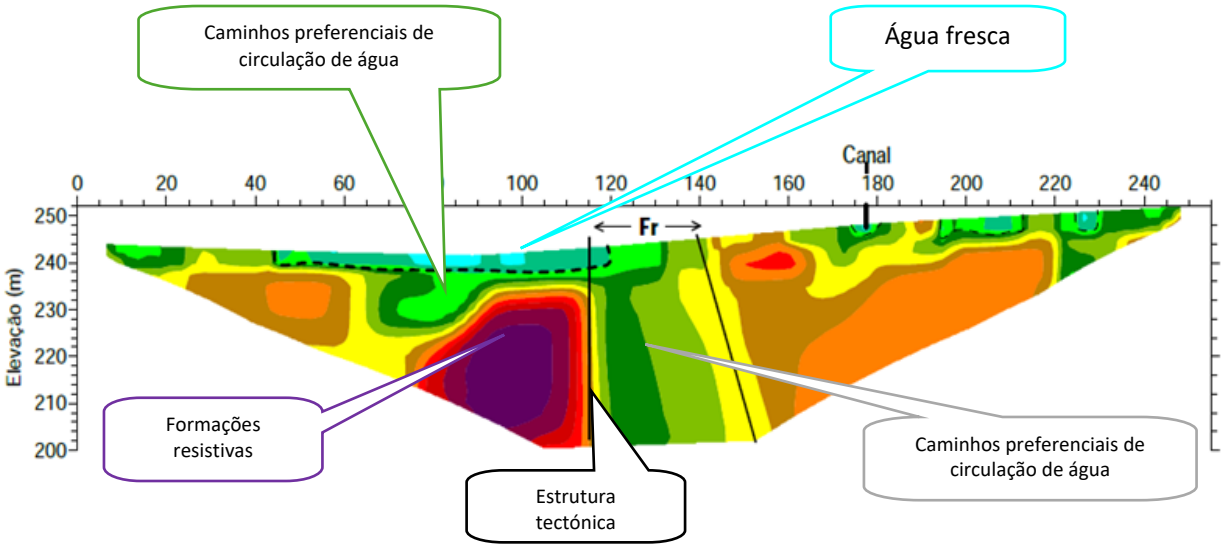


Figura 71 – Exemplo de perfil de geofísica.

Os testes realizados em 2017 permitiram também aferir a escala de resistividades elétricas para o contexto Somincor – Figura 72.

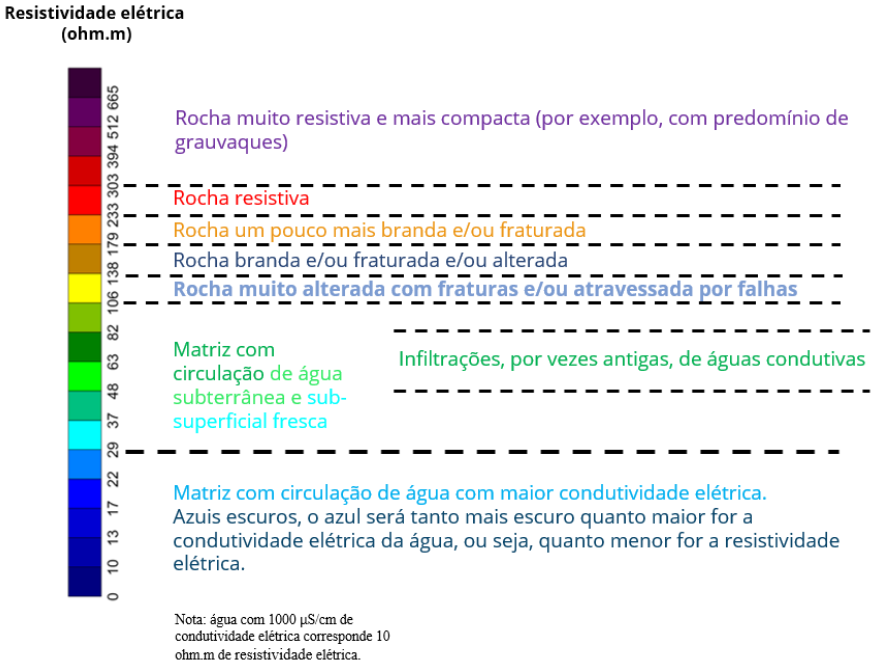


Figura 72 – Escala de Resistividade Elétrica.

Com os resultados positivos da primeira campanha, foram realizadas mais 4 campanhas, em que foram feitos 72 perfis, num total de 37 245 m – Tabela 2. Está prevista a realização de uma nova campanha em 2025.

Tabela 2 – Campanhas de Geofísica efetuadas.

Campanha	Levantamentos	Locais
2017	1.5 km	Testes preliminares
2018	16 km	Anel em redor da AI e IRCL
2020	9.5 km	Área de expansão da IRCL, IRCL e envolvente da Ribeira de Oeiras
2021	5 km	BMB, canal IRCL/RCM e Monte do Reguengo
2024	5 km	Anel em redor do Cerro da Mina e Cerro do Lobo
2025	5km	Campanha prevista

A geofísica permitiu observar que qualquer circulação de água condutiva ocorre na proximidade da IRCL, associada a estruturas tectónicas, e que se torna mais ténue com a distância à barragem.

A jusante da IRCL foram realizados perfis de geofísica a diferentes distâncias à barragem – Figura 73.

Figura 73 – Localização dos perfis de geofísica a jusante da IRCL.

Imediatamente a jusante do aterro da PCP, na proximidade da barragem é possível observar caminhos preferenciais de circulação de água relacionados maioritariamente com estruturas tectónicas, com valores de resistividade mínima de 17 ohm.m – P31 – Figura 74. No P7, a 150 m do P31, é intercetado um tapete drenante que capta águas de ressurgência para um IBR, que por sua vez é retornada à barragem – Figura 75. No PRE5, a 580 m da barragem, observa-se circulação de água em estruturas tectónicas (falhas/cavalgamentos) até grandes profundidades, com

resistividades de 20 ohm.m – Figura 76. Com a distância à barragem, a circulação de água torna-se mais discreta.

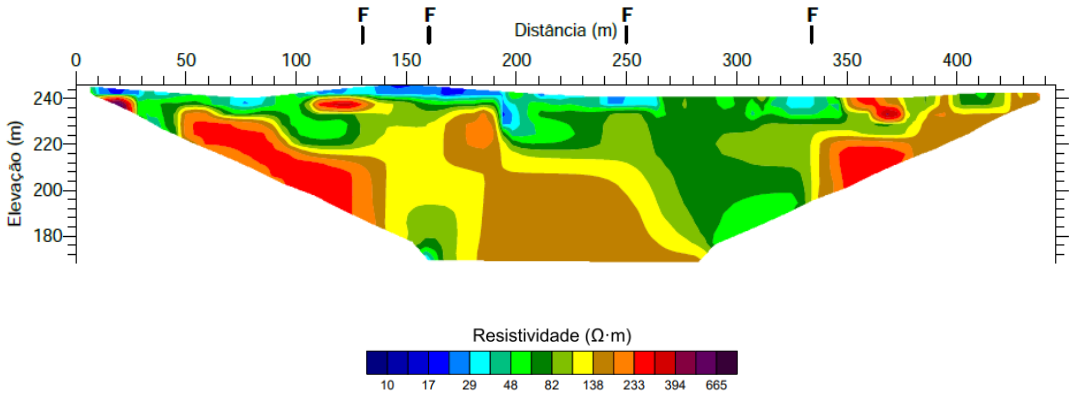


Figura 74 – Perfil P31.

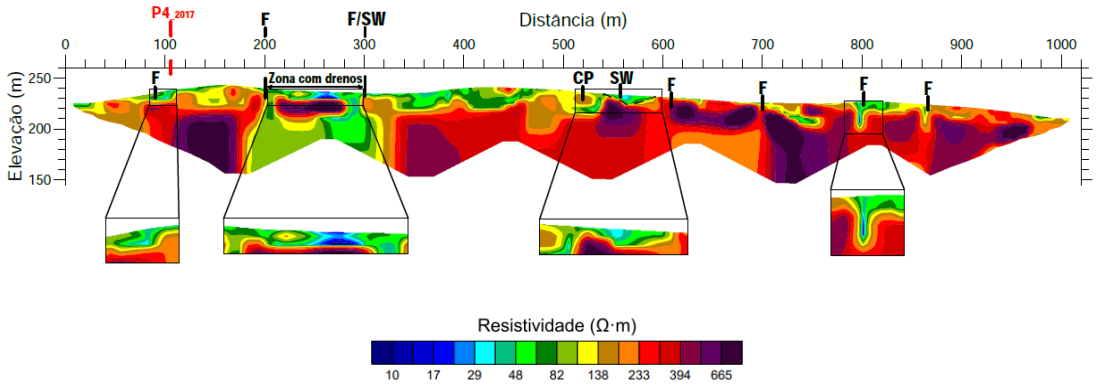


Figura 75 – Perfil P7.

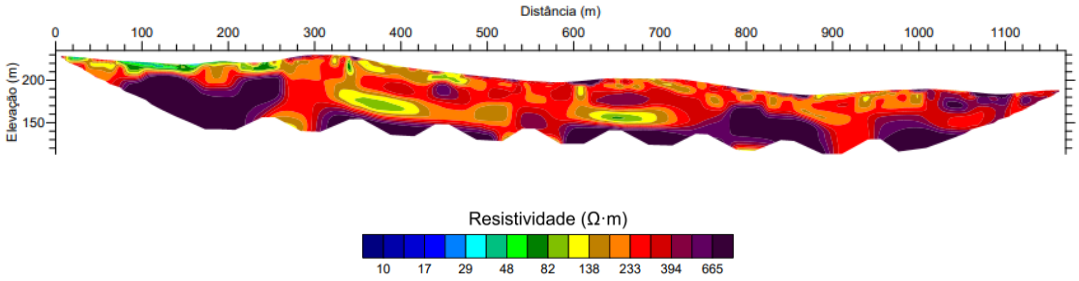


Figura 76 – Perfil PRE5.

O perfil P7 foi utilizado para definir a localização de um novo piezómetro (PCL 61). Foi escolhido o local onde se observava circulação de água fresca 40 a 50 ohm.m e proximidade dos drenos com águas com 2,8 ohm.m. Após a execução do piezómetro e realização de análises químicas, os valores médios de pH obtidos foram de 7,35 e 1958,18 µS/cm de condutividade (≈5ohm.m), o que evidencia alguma dispersão de água condutiva neste local.

A jusante do RCM foram também realizados diversos perfis de geofísica – Figura 77, e na proximidade do reservatório é possível observar zonas com resistividade bastante baixa até 60 a 80m de profundidade (mínimo de 8 ohm.m) – P1 – Figura 78. As baixas resistividades podem estar neste local associadas à geologia, uma vez que é nesta zona que se dá a passagem da base dos grauvaques e xistos alternantes da Hmt-Formação de Mértola do GF-Grupo do Flysch do Baixo Alentejo para os xistos negros piritosos da Formação Brancanes do topo do CVS-Complexo Vulcano-Sedimentar, com aqueles a dominar a SE do eixo da estrutura anticlinal Rosário-Neves Corvo. Paralelamente a este perfil, a cerca de 70 m, foi executado o P12, onde a circulação de água é mais discreta e associada a estruturas tectónicas – Figura 79.

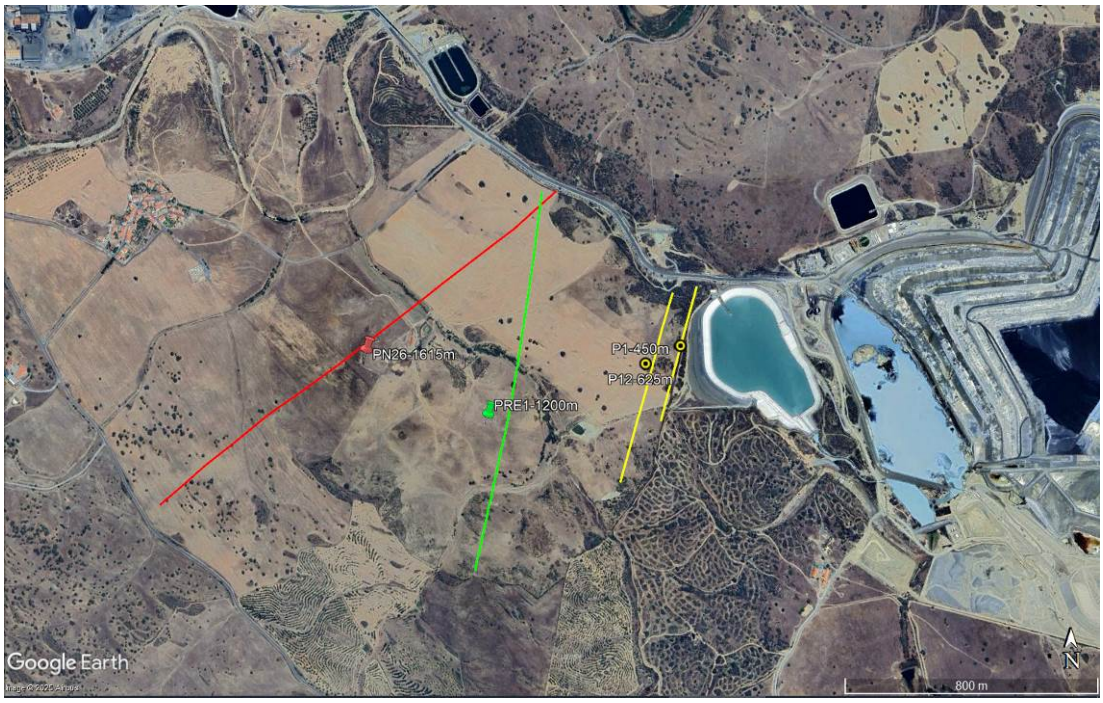


Figura 77 – Localização dos perfis a jusante do RCM.

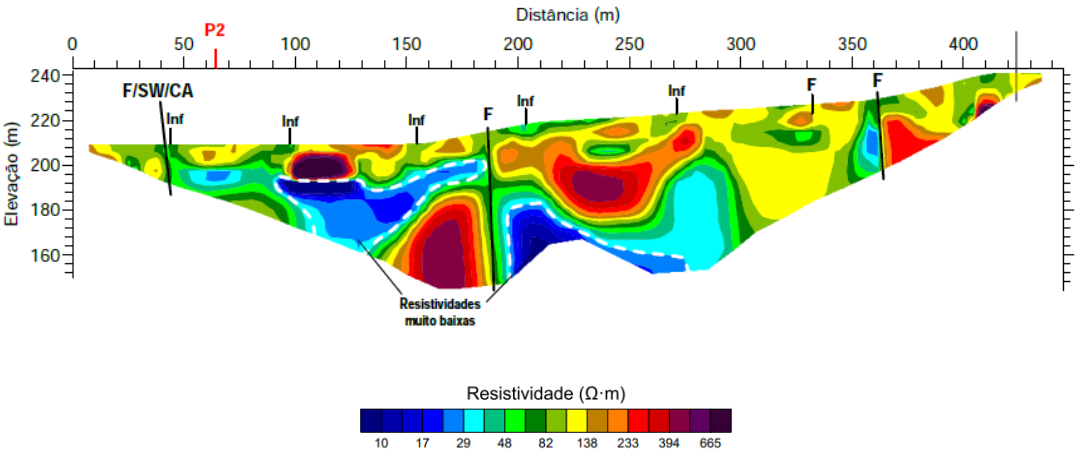


Figura 78 – Perfil P1.

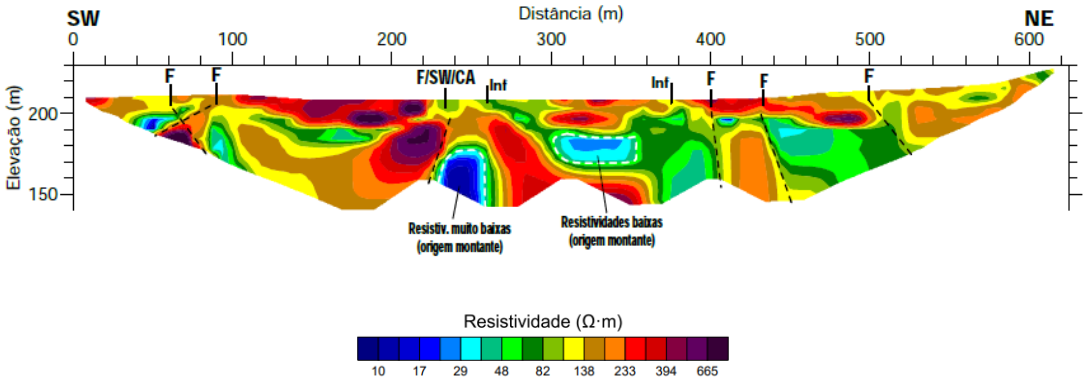


Figura 79 – Perfil P12.

Foi ainda realizado o perfil PRE1, a cerca de 500 m do RCM, onde se observa circulação de água até grandes profundidades (>100 m), com baixa resistividade (inferior a 10 ohm.m), através de estruturas tectónicas e na linha de água do Reguengo – Figura 80. A jusante do Reguengo, a cerca de 800 m do reservatório foi feito o PN26, onde se destaca uma zona de circulação de água de baixa resistividade (inferiores a 1,7 ohm.m) que deverá estar associada a estruturas tectónicas e infiltrações a partir da linha de água do Reguengo – Figura 81.

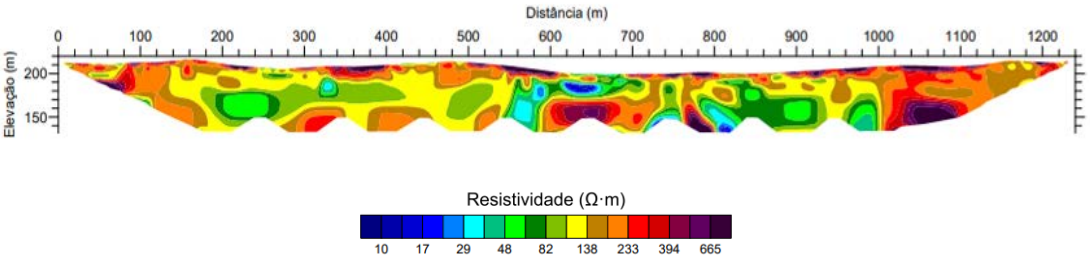


Figura 80 – Perfil PRE1.

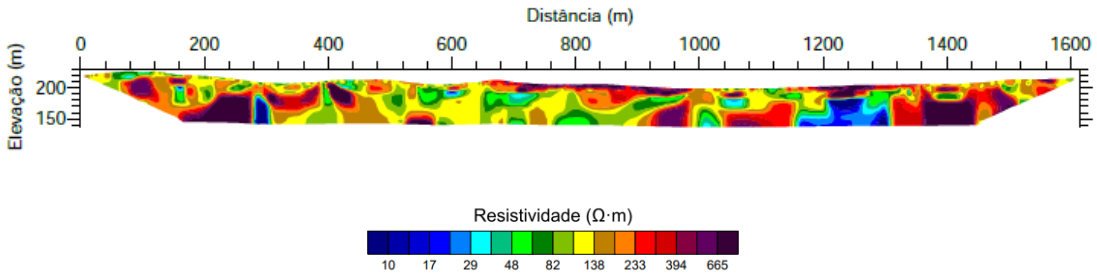


Figura 81 – Perfil PN26.

O perfil P1, onde se identificava circulação de água com valores até 8 ohm.m (≈1250 µS/cm), serviu de base para definir a localização para 3 sondagens (PCL50, 51 e 52) – Figura 82. O valor médio observado nestes PCLs foi de 7,2 para o pH, 977µS/cm para a condutividade e 155mg/L de sulfatos. Os valores de condutividade mostraram-se coerentes com os valores resistividade observados e o valor de sulfatos é inferior ao valor de referência da legislação (DL62/2023 - Qualidade da águas para consumo humano, sendo que estas águas não se destinam ao consumo humano ou DL236/98 - Estabelece os níveis de qualidade das águas doces superficiais e subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano).

Figura 82 – Localização dos PCLS efetuados a jusante do RCM na sequência da geofísica.

No interior da barragem de rejeitados foram também efetuados alguns perfis de geofísica para identificar possíveis infiltrações de água pela fundação da barragem ou através de estruturas tectónicas que originam caminhos preferenciais de circulação de água e as diferentes resistividades nos rejeitados e no escombro.

Nos vários levantamentos efetuados, não se observou qualquer infiltração pela fundação, no entanto, observa-se diferentes resistividades no interior da instalação de resíduos devido às diferenças entre o escombro e rejeitados – Figura 83.

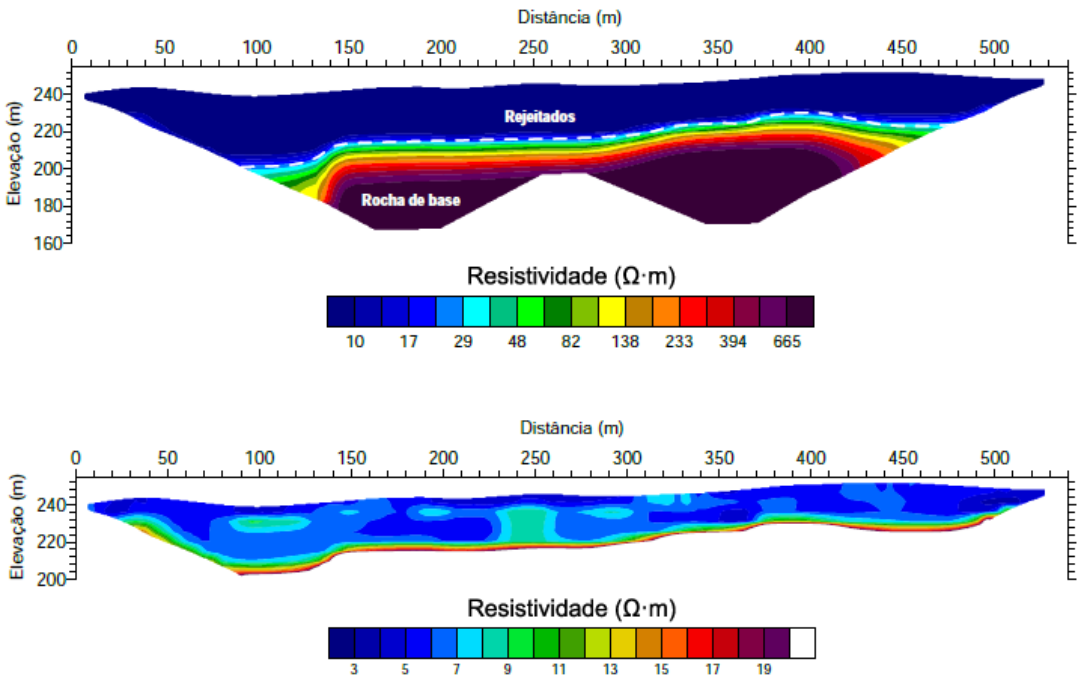


Figura 83 – Perfil P11 (3º nível de cobertura – PCP/CP).

3.5. Escombreira: Integração do conhecimento existente

O conhecimento sobre determinada área, a monitorização ao longo do tempo, os estudos desenvolvidos para identificar possíveis focos de contaminação para o meio permitem definir medidas de prevenção e mitigação ao longo do tempo, não esperando pelo pós-fecho da mina.

Embora as escombreiras tenham um caráter temporário, são um aterro de resíduos não perigosos, mas com potencial de geração de drenagem ácida, por serem não inertes, tendo sido consideradas como áreas sensíveis no levantamento das APPS de 2018, principalmente pela proximidade à Ribeira de Oeiras.

Na sequência de um aumento significativo em alguns parâmetros químicos nos piezómetros da envolvente da escombreira nos últimos anos, foi realizada uma análise conjunta de toda a informação disponível.

A jusante da escombreira e na proximidade da Ribeira de Oeiras encontram-se os piezómetros da área industrial (PAI5, PAI6 e PAI7) e os piezómetros da escombreira (PESC1, PESC5, SK16/PESC7). Na vertical da ribeira, a cerca de 300 m de profundidade (C850 GP2, à cota -130,14), encontra-se o ponto de observação de mina PH126 – Figura 84.

Figura 84 – Localização dos piezómetros a jusante da escombreira.

As águas coletadas nestes piezómetros, na influência da escombreira, têm marca das drenagens ácidas com origem no escombro.

Como referido anteriormente, a escombreira é um depósito temporário de escombros do desenvolvimento mineiro, não se encontra impermeabilizada e nos últimos anos tem diminuído substancialmente, estando planeada a sua completa erradicação no plano de fecho da mina.

Em 2015, o volume da escombreira começou a diminuir significativamente devido à sua exploração. Numa fase inicial foi alvo de reabilitação estrutural por questões de estabilidade e nos anos seguintes, principalmente a partir de 2019, o material aí extraído foi transportado para a IRCL para materialização das bermas perimetrais e das coberturas dos níveis de deposição de rejeitados.

A diminuição mais significativa do volume da escombreira ocorreu a partir de 2018, passando de 1.586.697 m^3 em 2015 para 694.204 m^3 no final de 2023. Aproximadamente 900.000 m^3 de escombro foi transportado para a IRCL. Em 2024, devido à diminuição do ritmo de construção na IRCL, algum escombro foi transportado para a escombreira, passando para um volume de 817.868 m^3 – Figura 85.

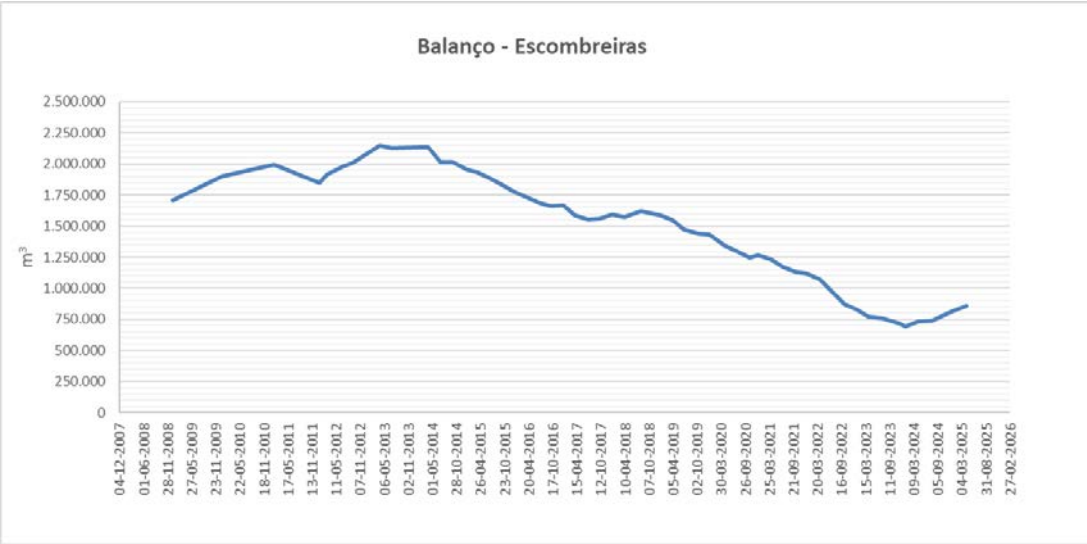


Figura 85 – Balanço da escombreira.

Durante a remoção do escombro observou-se bastante água em algumas áreas da escombreira. O escombro encontrava-se saturado. Devido à natureza deste material, a água parecia estar aprisionada em algumas áreas. A água que se infiltra pelo escombro surge no pé de talude da escombreira – Figura 86, e através das valas perimetrais é encaminhada para o tanque da escombreira ou infiltra-se no terreno natural.

Figura 86 – Pé de talude da escombreira.

Na envolvente da escombreira, as valas de drenagem que captam as águas de escorrências superficiais ou ressurgências de pé de talude encaminham-nas para o tanque de águas da escombreira – Figura 87. Estas águas apresentam valores muito elevados de condutividade e sulfatos, superiores aos valores observados nos piezómetros (que captam água subterrânea) – Tabela 3.

Figura 87 – Tanque da escombreira.

Tabela 3 – Análises realizadas no tanque da escombreira.

Data	Sulfatos (mg/L)	Cobre (fração dissolvida) (mg/L)	Zinco (fração dissolvida) (mg/L)	Condutividade Eletrica (Lab) (µS/cm)
09-02-2017	100000	2590		43200
08-11-2018	49000	1400	1400	36000
14-02-2019	23000	41	170	24900
14-02-2019	66000	280	460	44300
09-05-2019	98000	1100	2800	52200
09-08-2019	24000	0	1200	22300

No que respeita às águas subterrâneas, embora os piezómetros se encontrem próximos uns dos outros, têm profundidades diferentes, de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 – Características dos piezómetros.

ID	Cota topo (m)	Cota do fundo (m)	Profundidade útil (m)
PAI 5	195,16	144,41	50,75
PAI 6	190,66	149,88	40,78
PAI 7	194,03	153,86	40,17
PESC1	189,96	170,01	19,95
PESC5	191,15	172,13	19,02
SK16; PESC7	191,52	131,52	60

Observa-se uma variação sazonal, respondendo à época de chuvas e à presença de água na ribeira de Oeiras. A Ribeira de Oeiras tem um regime torrencial, apresentando água apenas em parte do ano – Figura 88.

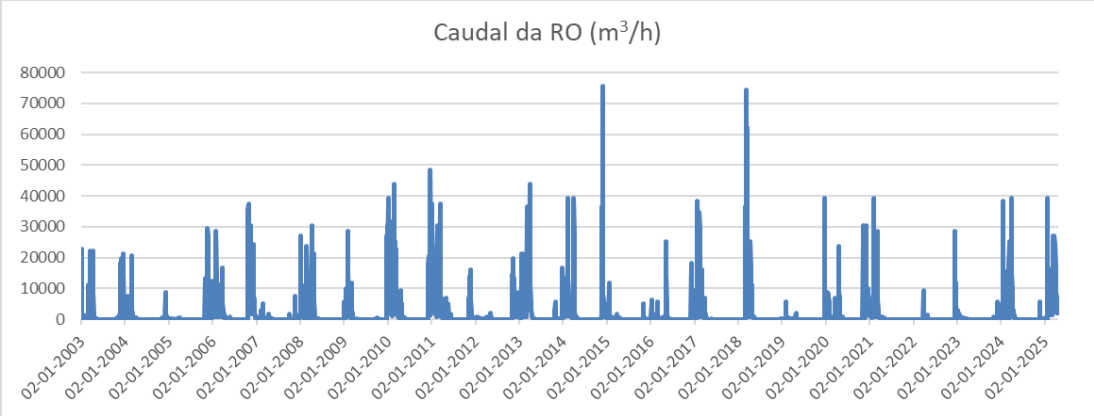


Figura 88 – Caudal da Ribeira de Oeiras.

Na época de águas altas, a cota do nível de água da maioria dos piezómetros na envolvente da escombreira é coincidente (cota 187) – Figura 89 e Figura 90.

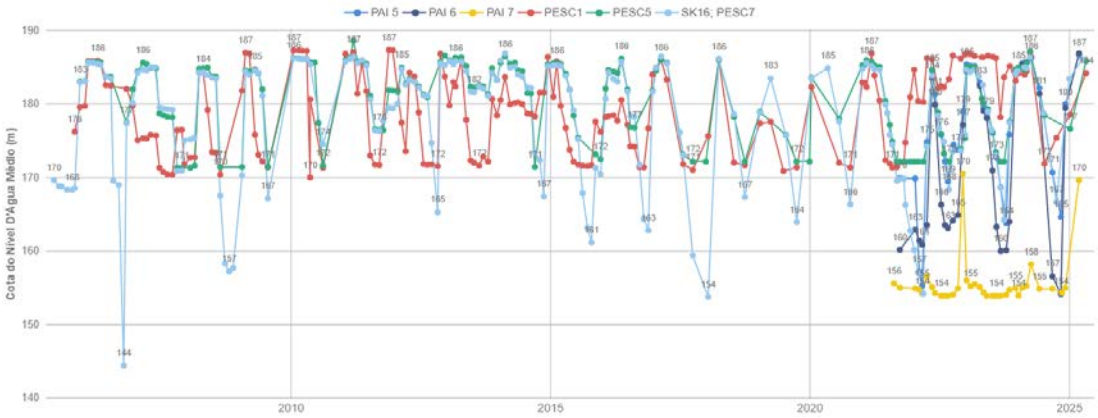


Figura 89 – Nível de água nos piezómetros na envolvente da escombreira (2005/2025).

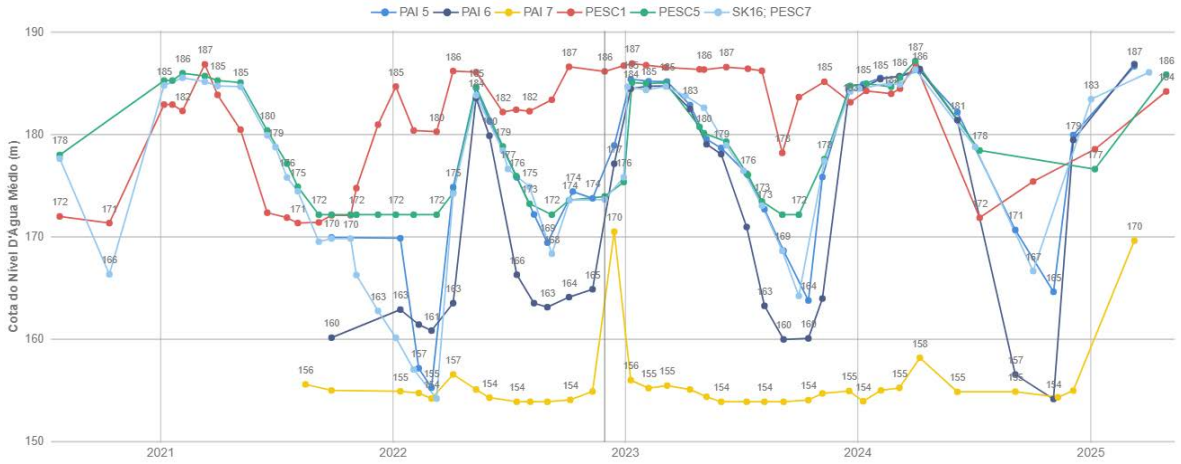


Figura 90 – Nível de água nos piezómetros na envolvente da escombreira (2020/2025).

Do ponto de vista químico, existe uma grande variação ao longo dos anos e da época seca para a época de chuva. Até 2017 os valores de sulfatos, cobre e zinco no PESCs eram mais baixos, começando a partir de 2018/2019 a observar-se concentrações mais elevadas. Foi também a partir desta altura que ocorreu uma redução significativa no pH e aumento de condutividade – Figura 91 a Figura 93. Nos PAI, uma vez que as leituras só foram iniciadas em 2021, não é possível fazer este tipo de análise.

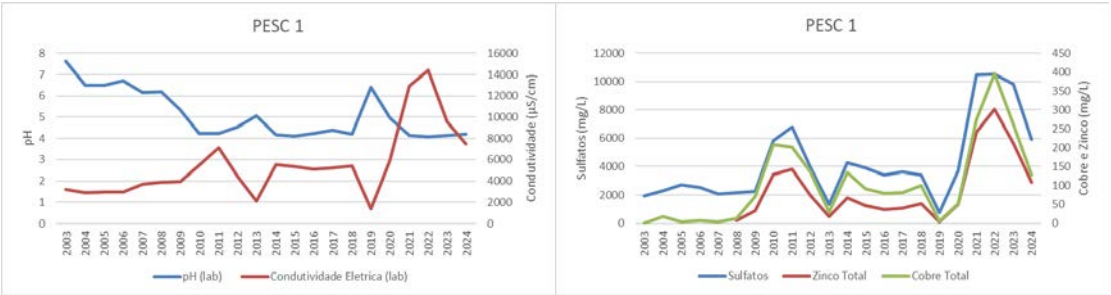


Figura 91 – Variação dos parâmetros físico-químicos do PESC 1 ao longo do tempo.

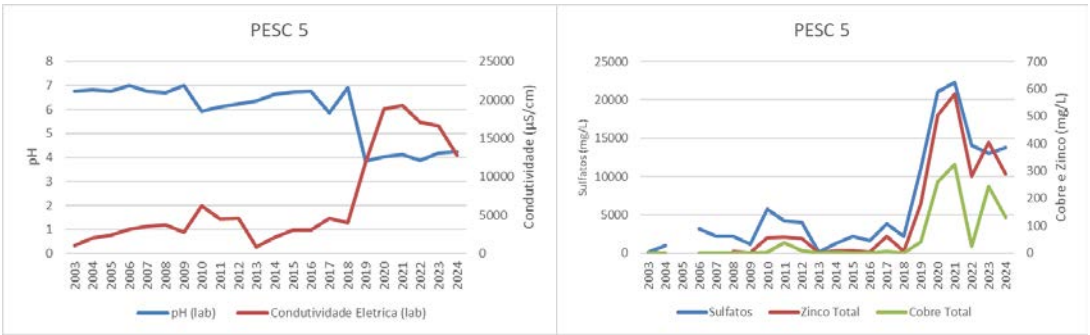


Figura 92 – Variação dos parâmetros físico-químicos do PESC 5 ao longo do tempo.

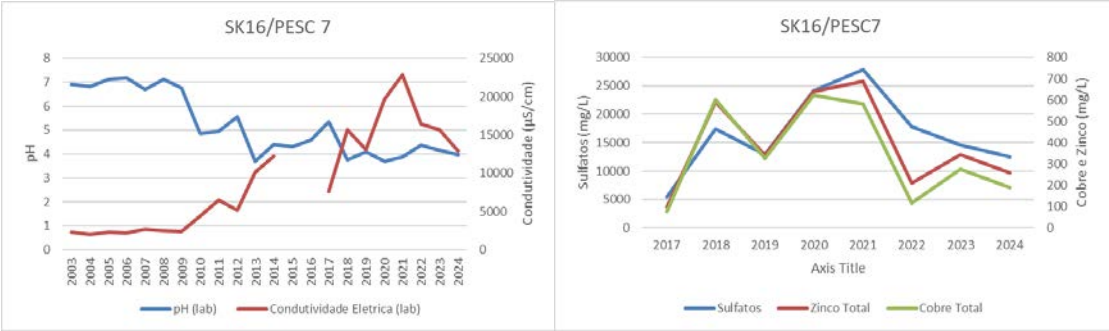


Figura 93 – Variação dos parâmetros físico-químicos do SK16/PESC 7 ao longo do tempo.

Na Tabela 5, os valores a vermelho são os que se encontram acima dos limiares estabelecidos na legislação ou fora do intervalo estabelecido, como é o caso do pH.

Os limiares utilizados dizem respeito a valores para águas subterrâneas para consumo humano. Estas águas não são captadas/utilizadas para consumo, apenas para monitorização, mas uma vez que não existe legislação própria, utiliza-se como referência o DL 69/2023 ou o DL 236/98.

Tabela 5 – Análises realizadas nos piezómetros.

ID	Ano	pH (Lab)	Condutividade Eletrica (Lab) (µS/cm)	Sulfatos (mg/L)	Zinco Total (mg/L)	Cobre Total (mg/L)
DL		5,5-9	2500,00	250,00	3,00	2,00
PESC1	2003/2019	5,33	4160,31	3127,44	54,06	69,55
	2020/2021	4,55	9426,00	7088,00	145,72	162,27
	2022/2024	4,15	10489,33	8754,53	207,49	261,90
PESC5	2003/2019	6,42	3724,66	2874,31	37,22	6,50
	2020/2021	4,08	19054,17	21654,17	541,25	292,33
	2022/2024	4,11	15485,83	13592,22	324,59	132,09
SK16/PESC7	2003/2019	5,54	6068,41	11926,39	342,77	334,40
	2020/2021	3,79	21287,78	26023,33	662,89	600,96
	2022/2024	4,17	14995,89	14966,07	270,24	194,10
PAI 5	2020/2021	6,95	3510,00	1790,00	0,43	0,03
	2022/2024	6,87	4671,33	2543,67	3,76	0,32
PAI 6	2022/2024	4,97	8367,00	8058,67	240,81	87,21
PAI 7	2020/2021	7,91	758,00	139,00	0,03	0,01
	2022/2024	7,43	1487,61	625,17	0,78	0,16
PH126	2018/2019	8,40	1637,50	190,25	0,01	0,00
	2020/2021	8,22	1645,00	223,50	0,02	0,01
	2022/2024	8,22	1672,75	211,88	0,07	0,04

O valor mais baixo de pH observou-se no SK16 (pH=2,76). Foi também neste piezómetro que se observaram os valores mais elevados de cobre (1400 mg/L) e de zinco (1300 mg/L). O valor mais elevado de condutividade observou-se no PAI 6 (30500 µS/cm) e o valor mais elevado de sulfatos observou-se no PESC1 (53000 mg/L).

Nos gráficos seguintes é possível observar a variação dos vários elementos, por piezómetro, ao longo do tempo – Figura 94 a Figura 98.

Figura 94 – Variação do pH por piezómetro ao longo do tempo.

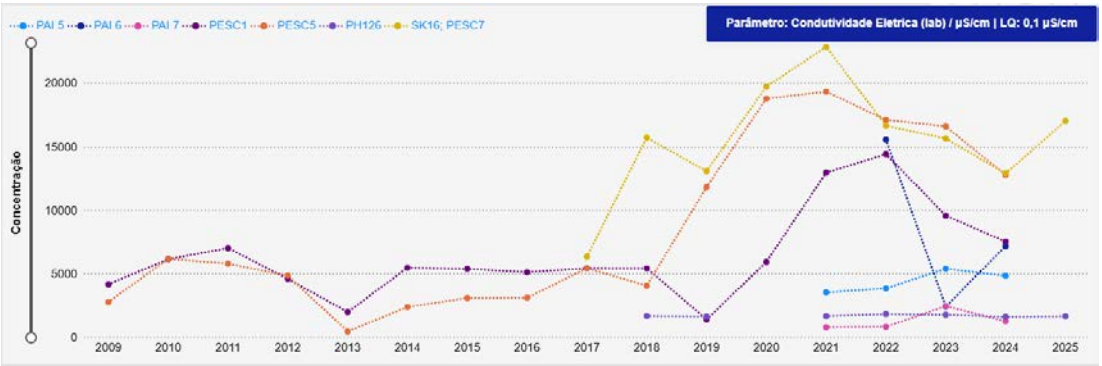


Figura 95 – Variação da condutividade por piezómetro ao longo do tempo.

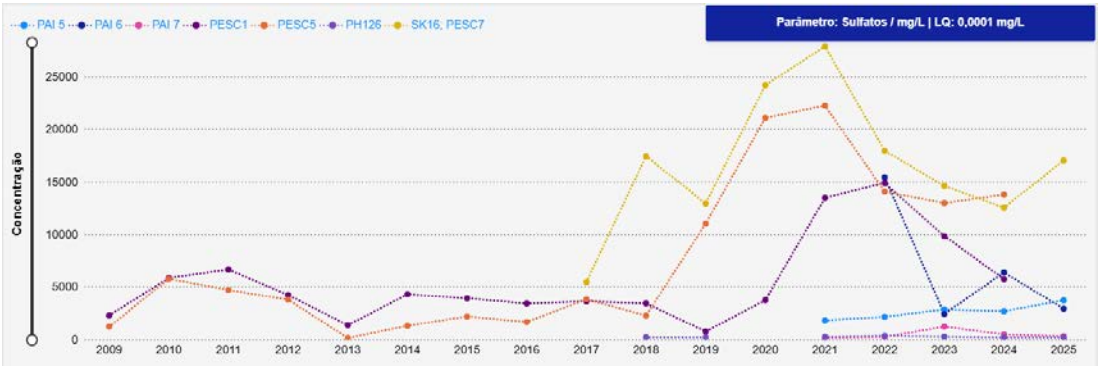


Figura 96 – Variação dos Sulfatos por piezómetro ao longo do tempo.

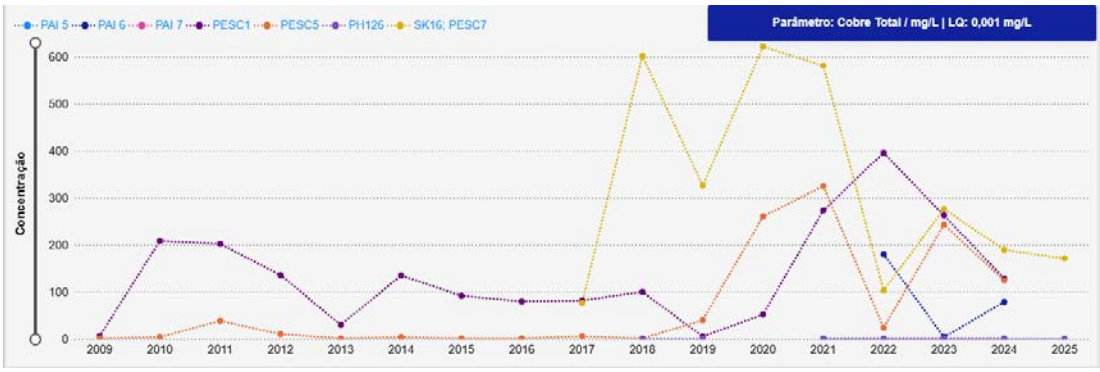


Figura 97 – Variação do cobre por piezómetro ao longo do tempo.

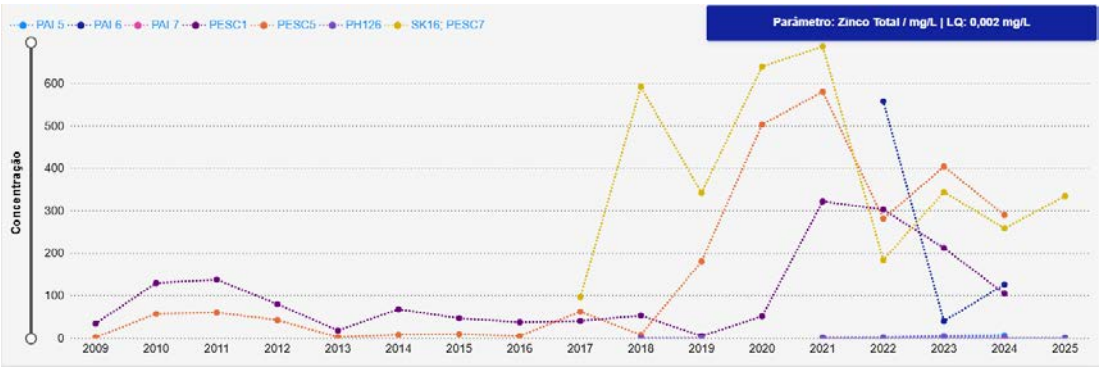


Figura 98 – Variação do zinco por piezómetro ao longo do tempo.

Nas figuras seguintes é possível observar a distribuição espacial das concentrações dos diversos elementos – Figura 99 a Figura 101.

Figura 99 – Distribuição espacial dos valores do pH e da condutividade.

Figura 100 – Distribuição espacial das concentrações de Sulfatos e Cobre.

Figura 101 – Distribuição espacial das concentrações de zinco.

No SK16, tomando como exemplo o ano 2021, quando sobe o nível de água, a concentração dos diversos elementos também sobe. Embora na época de águas altas fosse expectável maior diluição das concentrações, tal não acontece, o que evidencia que a direção do fluxo de água se faz de montante para jusante, ou seja, da escombreira para a RO.

No ponto de mina PH126 na vertical da ribeira, os valores médios de cobre, zinco e sulfatos encontram-se abaixo do limiar. Este ponto encontra-se a 300 m de profundidade e não tem evidências de infiltrações de água superficial com origem na escombreira.

Os valores elevados de cobre, zinco e sulfatos observados desde 2018/2019 podem resultar da exploração da escombreira. Até essa altura, a movimentação de escombro era reduzida e as

reações eram menos perceptíveis. Com a escavação e movimentação do escombro, as reações terão se intensificado e originado mais lixiviados.

De forma a compreender como circula a água subterrânea na envolvente da escombreira e se existe passagem de água contaminada na direção da RO, foram feitos em 2018 diversos perfis de geofísica – Figura 102.

Figura 102 – Perfil de Geofísica realizados na envolvente da escombreira.

O perfil PN6 foi executado em cima de escombro, no pé de talude da escombreira. É possível observar evidências de circulação de água condutiva ("efeito do escoamento dos lixiviados provenientes da escombreira") – Figura 103.

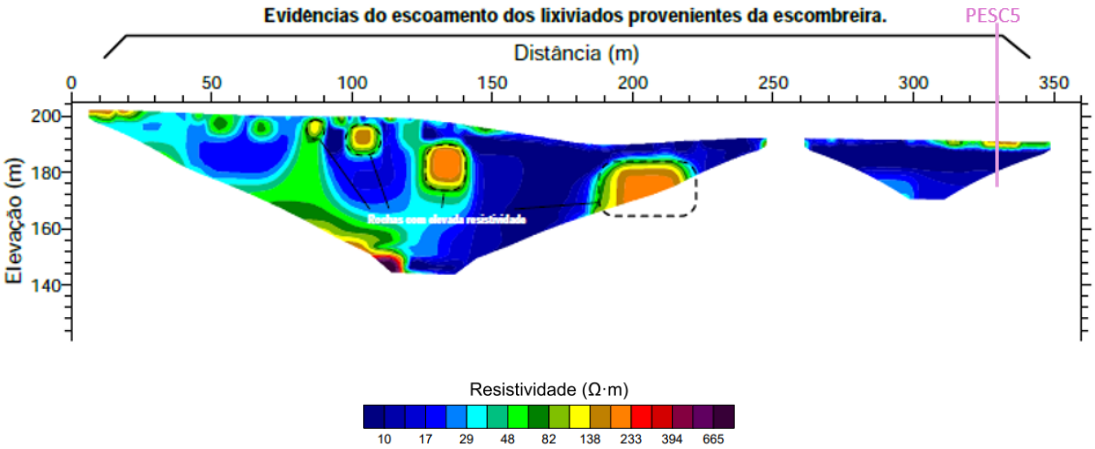


Figura 103 – Perfil PN6 (Nota: O PESC 5 foi projetado para o perfil. Não é intersetado por este.).

A 40 m do PN6 foi efetuado o perfil PN7, mais próximo da ribeira – Figura 104. Neste perfil é bem visível uma formação com resistividades elevadas e uma zona artificializada, com eventual deposição de escombro em aterro, onde se observa circulação de água condutiva dos 180 aos 280m (lixiviados da escombreira).

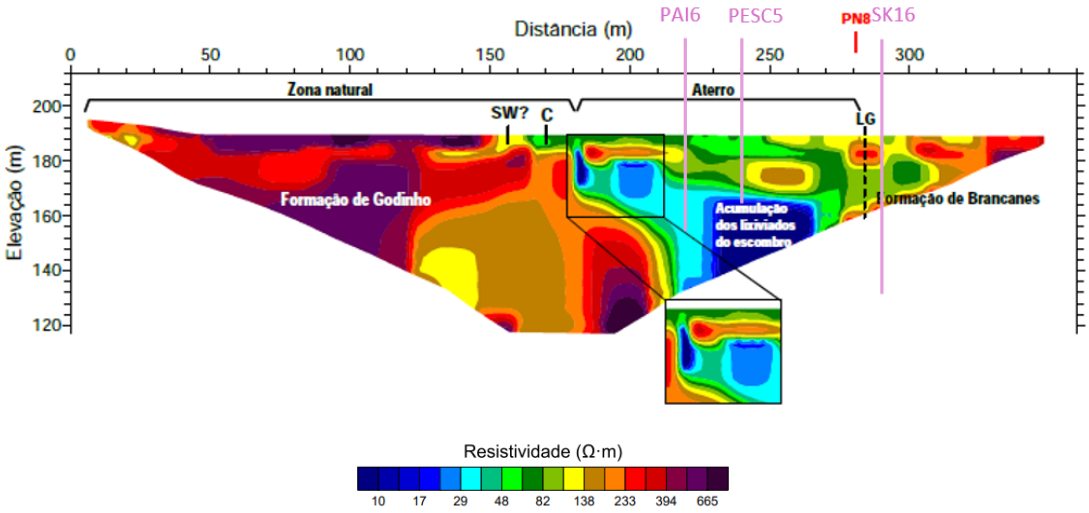


Figura 104 – Perfil PN7 (Nota: O PESC 5, SK16 e PAI6 foram projetados para o perfil. Não são intersetados por este.).

O perfil PN8, feito na lateral da escombreira ao lado da estrada do Corvo, passa a 10 m do SK16 – Figura 105. Neste local observam-se algumas evidências de circulação de água superficial, que não se estende em profundidade. Na zona central deste perfil são visíveis algumas passagens de água, que no perfil PN17, efetuado a 110 m do PN8, não se observam – Figura 106.

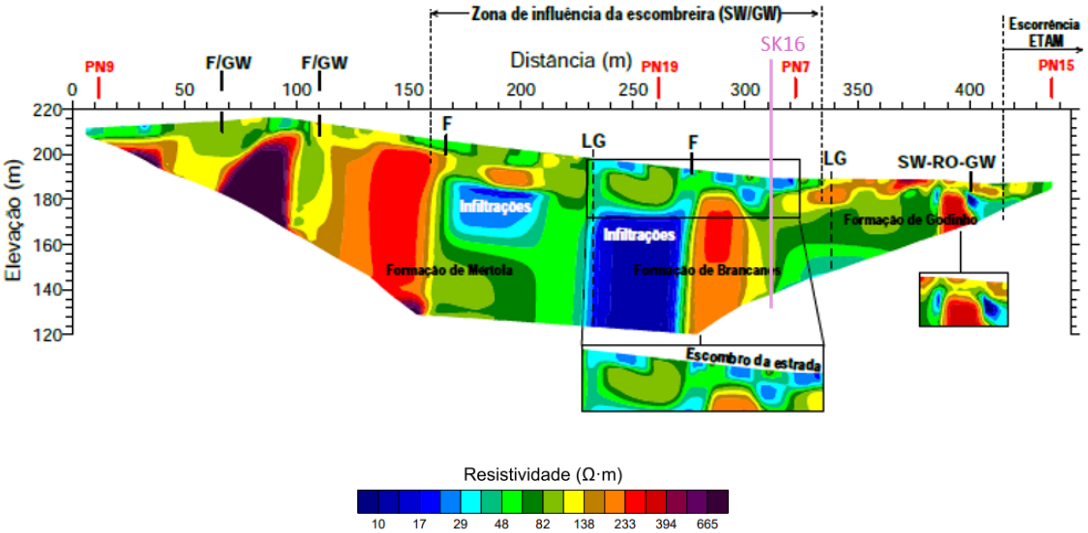


Figura 105 – Perfil PN8 (Nota: O SK16 foi projetado para o perfil. Não é intersetado por este.).

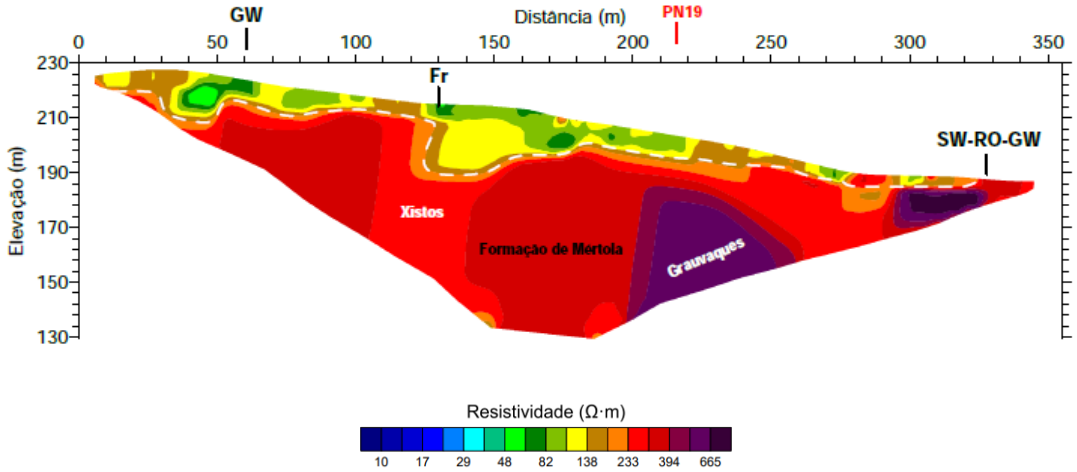


Figura 106 – Perfil PN17.

Com o objetivo de determinar a extensão dos lixiviados da escombreira para Este, realizou-se o perfil PN19, perpendicularmente ao PN8 - Figura 107. Este perfil revelou que a água mais condutiva não ultrapassa, em extensão, os 20m iniciais de perfil.

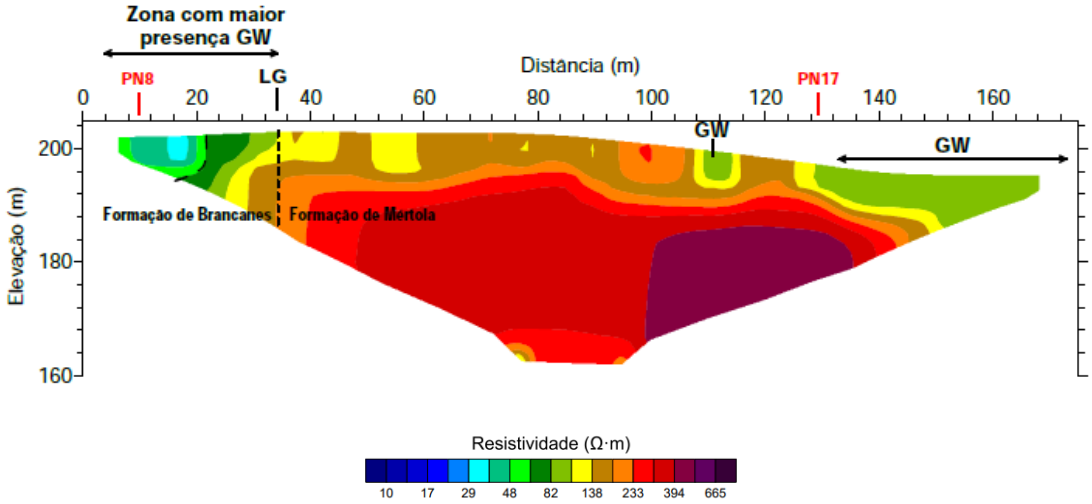


Figura 107 – Perfil PN19.

A partir da análise conjunta de toda a informação é possível concluir que:

- na época de águas altas as concentrações nos piezómetros aumentam, o que significa que o contributo de montante (do lado da escombreira) é elevado;

- até 2018, as concentrações de cobre, zinco e sulfatos eram relativamente baixas. O aumento significativo das concentrações poderá estar relacionado com a exploração mais intensa da escombreira. Com a exposição do escombro, originaram-se mais lixiviados que se infiltram e circulam na direção da ribeira;
- pelos perfis de geofísica é possível observar que a circulação de águas condutivas é relativamente contida na envolvente da escombreira e a 100m não se observam evidências de circulação de água condutiva;
- estes piezómetros encontram-se na influência do cone de rebaixamento dos níveis piezométricos à vertical dos trabalhos mineiros subterrâneos, pelo que se espera que a água tenha um sentido de fluxo preferencialmente por fraturação/fissuração para o interior do cone de rebaixamento e não circule diretamente no sentido da Ribeira (efeito original ganhador da ribeira alterado para efeito perdedor atual em face da drenagem mineira subterrânea);
- embora na influência do cone de rebaixamento, o ponto de mina mais próximo deste local, que se encontra a 300 m de profundidade, não mostra evidências de circulação deste tipo de águas, por eventual diluição e neutralização face ao domínio das águas subterrâneas bicarbonatadas cálcicas dos sistemas superficial e intermédio.

Capítulo IV

CONSIDERAÇÕES FINAIS

[página propositadamente em branco]

4. Considerações Finais

A exploração mineira em Portugal conta com várias décadas de atividade e está habitualmente associada a impactes negativos sobre o meio ambiente. Ao longo das últimas décadas, muito mudou, não só devido a novas leis relativas a adequados processos de recuperação ambiental das áreas afetadas, mas também devido à consciência das empresas sobre os possíveis impactes ambientais e à adoção de medidas sustentáveis.

Estão identificados em Portugal 2.470 depósitos minerais, atualmente estão atribuídos direitos de exploração de 126 concessões mineiras e estão identificadas 199 áreas mineiras encerradas/abandonadas.

O passivo ambiental é muito significativo e está habitualmente associado aos resíduos resultantes da atividade mineira, escombro e rejeitados, geradores potenciais de águas ácidas, que constituem um risco ambiental elevado, sendo um dos principais focos de contaminação dos solos e águas.

A EDM é a empresa de referência no desenvolvimento sustentável da Indústria Mineira Portuguesa e tem como missão não só a recuperação e monitorização ambiental e valorização das antigas áreas mineiras degradadas e abandonadas, requalificando-as, promovendo a segurança e o bem-estar das zonas envolventes, mas também contribuir para o conhecimento dos recursos mineiros do País, a sua valorização e aproveitamento económico, e atividades de prospeção, pesquisa e exploração de recursos minerais.

Um desenvolvimento sustentável implica que as empresas, desde o início das operações, atualizem de forma regular o plano de fecho para o final de vida útil da mina. A correta gestão ambiental durante todo o ciclo de vida da mina, utilizando as melhores técnicas disponíveis (MTD), permite evitar ou mitigar os impactes negativos e facilitar a remediação eficaz.

Na Somincor, são vários os exemplos de boas práticas e medidas de prevenção e mitigação utilizadas para evitar que qualquer impacte ambiental seja irrecuperável. A utilização de MTD associada à deposição de resíduos mineiros, para impedir qualquer dano no meio ambiente, devido à geração de águas ácidas e arraste de metais pesados ou o GISTM na gestão de rejeitados, que visa atingir o objetivo de zero danos para as pessoas e para o meio ambiente, é exemplo de boas práticas adotadas.

A água é uma das grandes temáticas da indústria mineira, desde a fase de projeto até ao fecho da mina. Em Neves-Corvo, a monitorização dos níveis piezométricos teve início em 1979, representando as condições pré-mina. Ao longo de 4 décadas de exploração, são várias as medidas e boas práticas que visam proteger o meio ambiente, nomeadamente a monitorização de níveis de água subterrânea e a sua qualidade química, a centralização de informação num banco de dados único, mapeamento da áreas potencialmente contaminadas e das áreas suscetíveis, a reutilização dos resíduos mineiros de várias formas, nomeadamente no enchimento de galerias no fundo de mina e na construção de estruturas na IRCL, a captação e encaminhamento de águas contaminadas, a diminuição do consumo de água limpa e a recirculação e tratamento de água industrial e sua reutilização, o desvio de águas pluviais, a captação de águas de infiltração ou de escorrência superficial na envolvente das instalações, e a deteção de caminhos preferências de água utilizando geofísica.

A atual rede de monitorização de Neves-Corvo ocupa uma área de aproximadamente 36 km² e compreende mais de 370 pontos de observação à superfície e no fundo de mina (até mais de 1000 m de profundidade). Nas condições originais, o nível de água estaria estabilizado próximo da superfície, até cerca de 10m de profundidade, subparalelo à topografia, apresentando variações sazonais entre 1 e 3m. Atualmente o cone de rebaixamento dos níveis piezométricos, com uma área de influência de aproximadamente 11 km², encontra-se na vertical dos trabalhos mineiros e resulta da bombagem de água do aquífero profundo para permitir o avanço da exploração.

A variação dos níveis piezométricos e as alterações químicas que podem ocorrer ao longo do tempo são bastante importantes para avaliar o impacte ambiental da indústria mineira sobre o meio onde se insere, permitindo o estabelecimento atempado de medidas corretivas sempre que se justifiquem. Segundo o Estudo Hidrogeológico de 2022, a reposição do nível de água inicial vai ser lenta e progressiva, com um tempo de inundação de várias décadas e, do ponto de vista químico, não se prevê que se originem águas ácidas. No entanto, quanto maior o tempo de exposição das galerias, mais reações poderão ocorrer devido à disponibilidade de oxigénio, podendo originar águas ácidas. A inundação rápida de algumas áreas poderá evitar ou minimizar a ocorrência de reações.

O mapeamento das áreas é uma das ferramentas utilizadas na Somincor para registar e monitorizar as áreas com potencial para poluir e as áreas suscetíveis e de interesse, que têm de ser vigiadas e intervencionadas a curto prazo.

A reutilização de resíduos mineiros tem sido também prática corrente na Somincor. Os resíduos mineiros originados na operação, escombro, rejeitados e águas industriais são as principais causas de problemas ambientais na indústria mineira. A utilização de escombro e rejeitado para enchimento aumentou significativamente desde 1999. Desde 1990, 43% do enchimento foi feito com pasta (rejeitados), 36% com areia (hidráulica) e 20% com escombro. Atualmente cerca de 50% dos rejeitados são utilizados para enchimento e 50% são depositados na Instalação de Resíduo do Cerro do Lobo.

Os resíduos que não são utilizados no enchimento são, no caso do escombro, armazenados temporariamente na escombreira ou transportados para a Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo, para serem utilizados na construção de bermas ou coberturas de contenção aos rejeitados.

A IRCL é uma instalação para deposição definitiva de resíduos mineiros, onde a deposição dos rejeitados foi inicialmente feita em polpa de forma subaquática (20% sólidos) e desde 2010 é feita a deposição emersa de rejeitados espessados (59,5 a 65% de sólidos) em co-deposição com o escombro.

A utilização de água fresca para beneficiamento do minério é um dos grandes impactes da indústria mineira. Estando a Somincor numa zona onde a água é um bem escasso, a reutilização de água é essencial. Na Somincor, 95% da água utilizada no processo é recirculada.

As águas contaminadas, águas industriais, de contacto e as águas pluviais de escorrência dentro da área industrial são captadas e reutilizadas diretamente no processo ou após tratamento na ETAI.

As águas pluviais são desviadas de forma a evitar a entrada de água limpa no sistema. Por outro lado, as águas de infiltração da IRCL e ressurgências são captadas por um complexo sistema de poços e drenos e retornadas à barragem. Ao longo dos anos, o caudal captado pelos IBR tem descido gradualmente, o que evidencia que, embora a IRCL não seja impermeabilizada, devido à natureza e granulometria dos materiais depositados, tem adquirido uma impermeabilização natural ao longo do tempo. Este sistema de captação de águas de infiltração tem-se mostrado bastante eficaz, minimizando os impactes da IRCL nas águas superficiais e subterrâneas.

A Geofísica tem sido utilizada na Somincor ao longo dos últimos anos para deteção de circulação de água condutiva no solo. Este método mostrou-se bastante útil e eficaz na identificação de possíveis caminhos de circulação de água, ajudando a identificar locais de baixa resistividade e

auxiliando na tomada de decisão para a construção de novos pontos de monitorização. Uma das maiores preocupações a nível ambiental seria a possibilidade de a existência de água subterrânea contaminada migrar para fora da área da Somincor através de plumas de contaminação. Através dos levantamentos de geofísica efetuados, é possível concluir que não existem plumas de contaminação, mas sim caminhos preferenciais de circulação de água, associados a estruturas tectónicas, sendo a circulação de água restrita à envolvente imediata da barragem, tornando-se mais discreta com a distância à instalação.

O conhecimento sobre determinada área, a monitorização ao longo do tempo, os estudos desenvolvidos para identificar possíveis focos de contaminação para o meio permitem definir medidas de prevenção e mitigação ao longo do tempo, não esperando pelo pós-fecho da mina.

Embora as escombreiras tenham um caráter temporário, são aterros de resíduos não perigosos, mas com potencial de geração de drenagem ácida – não inertes, tendo sido consideradas como áreas sensíveis no levantamento das APPS de 2018, principalmente pela proximidade à Ribeira de Oeiras.

A análise conjunta de toda a informação sobre a escombreira é possível concluir que, embora se observem condutividades elevadas e concentrações elevadas de zinco, cobre e sulfatos, nos perfis de geofísica é possível observar que a circulação de águas condutivas é relativamente contida na envolvente da escombreira e a 100 m não se observam evidências de circulação de água condutiva. Esta área encontra-se na influência do cone de rebaixamento dos níveis piezométricos à vertical dos trabalhos mineiros subterrâneos, pelo que se espera que a água tenha um sentido de fluxo preferencialmente por fracturação/fissuração para o interior do cone de rebaixamento e não circule diretamente no sentido da Ribeira.

Prevenir, mitigar e reparar os impactes negativos da exploração mineira sobre o ambiente são fundamentais ao longo de todas as fases do seu ciclo de vida.

A Somincor está a caminhar neste sentido, numa busca contínua de práticas, soluções e tecnologias que permitam reduzir o impacte e o risco da atividade ao longo de todas as fases da operação.

Capítulo V

Referências Bibliográficas

[página propositadamente em branco]

5. Referências

Abreu, A. (2015). Evolução da Escombreira da Mina da Panasqueira. Sistemas de Informação Geográfica Aplicados. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa. 26 p. (Relatório de Mestrado Inédito).

Almeida, C.; Mendonça, J.L.; Jesus, M.R.; Gomes, A.J. (2000). Sistemas Aquíferos de Portugal Continental, Relatório. INAG, Instituto da Água, Lisboa. 39 p.

APA (2020). Guia de Classificação de Resíduos. Agência Portuguesa do Ambiente, Lisboa. 123 p.

Carvalho, E. (2018). Recuperação Ambiental de Antigas Áreas Mineiras Degradadas em Portugal. Apresentação na Ordem dos Engenheiros. EDM. [https://www.ordemdosengenheiros.pt/fotos/editor2/apresentacao_edm.pdf] (consultado em Abril de 2025)

Carvalho, P., Ferreira, A. (1993). Geologia de Neves-Corvo: estado actual do conhecimento. Simpósio de sulfuretos polimetálicos da Faixa Piritosa Ibérica. Évora, Portugal. APIMINERAL, 21 p.

Coba (2022). Atualização do Plano de Encerramento da Somincor considerando o atual LOM (Life of Mine) de 2032. Somincor. 706 p.. (Relatório Inédito)

Crawford, A., Hill, J., Bliss, M. (2021). Guidance for Governments: Environmental management and mining governance. IGF. 148 p.

EDM (2011). A Herança das Minas Abandonadas: O Enquadramento e a Actuação em Portugal. EDM, Lisboa. 182 p. [https://edm.pt/wp-content/uploads/2017/03/livro_edm.pdf]

Estevão, Z. (2020). Soluções de remediação usadas em Portugal. Apresentação na Ordem dos Engenheiros. [https://apambiente.pt/sites/default/files/_Prevencao_gestao_riscos/Protecao_radiologica/Eventos/ZEstevao_24.09.2020.pdf] (consultado em Abril de 2025)

Garbarino, E., Orveillon, G., Saveyb, H., Barthe, P., Eder, P., (2018). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union. Luxembourg. 698 p.

Global Tailings Review ORG (2020). Global Industry Standard on Tailings Management. 40 p.

Global Tailings Review ORG (2020). Padrão Global da Indústria para a Gestão de Rejeitos. 42 p.

Global Tailings Review ORG (2020). Padrão Global da Indústria para a Gestão de Rejeitos. Minuta final. 22 p.

Golder (2021). Projeto de Licenciamento da Expansão da IRCL para o PEZ (DGEG). (Relatório Inédito)

Gonçalves, A. (2016). Exploração mineira e impactes ambientais: o caso das Minas da Panasqueira. 14 p.

Häggström, H. (2024). Tailings Facility Management. Boliden Mines Instruction. 97 p.

Happonen, M., Koivusalo, H., Malve, O., Perkola, N., Juntunen, J., Huttula, T. (2016). Contamination risk of raw drinking water caused by PFOA sources along a river reach in south-western Finland. The Science of the Total Environment, 541: 74-82. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.008

ICMM (2017). Water Stewardship. Good Practice Guide. International Council on Mining and Metals. 6 p.

ICMM (2019). Integrated Mine Closure. Good Practice Guide (2nd edition). International Council on Mining and Metals. 138 p.

ICMM (2021). Tailings Management. Good Practice Guide. International Council on Mining and Metals. 142 p.

ICMM (2023). Water Stewardship Maturity Framework. Understanding and advancing water stewardship practices in the mining and metals industry, International Council on Mining and Metals. Good Practice Guide. International Council on Mining and Metals. 34 p.

IDL-LNEG (2021). Perfis Geoeléctrica 2017-2021. IDL. Lisboa. 89 p.

LaMoreaux, PE, Soliman, MM, Memon, BA, LaMoreaux, JW, Assaad, FA (2008). Environmental hydrogeology, 2nd edn. IWA Publishing, CRC Press, Boca Raton.

Leão, F. (2011). Critérios de Boa Prática na Selecção de Medidas de Mitigação e Programas de Monitorização: Primeira aproximação. APA. 11 p.

LNEG (2019). Estudo Hidrogeológico de Neves-Corvo. Lisboa. 59 p. (Relatório Inédito)

LNEG (2020). Carta de Depósitos Minerais de Portugal, 8 folhas à escala 1:200 000, LNEG.

LNEG (2021). Composição química da água subterrânea pós-fecho de mina: Simulações e previsão. Lisboa. 16 p. (Relatório Inédito)

LNEG (2022). Modelação Hidrogeológica. Modelos MARMITES e MODFLOW. Lisboa. 33 p. (Relatório Inédito)

Lundin Mining (2023). Lundin Mining Corporation. NI 43-101 Technical Report on the Neves-Corvo Mine, Portugal. 225 p.

Marinheiro, L. (2015). Encerramento e Pós-Encerramento de uma Mina. Preocupações Ambientais. Apresentação na Ordem dos Engenheiros. EDM. Lisboa. 48 slides.

Oliveira Toscano, M., Romeiro, M., Almeida, N. (2009). Alteamento da barragem de rejeitados de Cerro do Lobo. Minas Neves-Corvo. Actas do Congresso Nacional de Geotecnia, SPG.

Oliveira, J., Pereira, Z., Pacheco, N. (2004). Palinoestratigrafia da sequência litológica imbricada da mina de Neves-Corvo, incluindo a datação dos sulfuretos maciços (Faixa Piritosa, Zona Sul Portuguesa). Ciências da Terra (UNL), Lisboa, nº esp. V, CD-ROM, p. A96-A98.

Pacheco, N. (2001). A geologia na mina de Neves-Corvo, Baixo-Alentejo, Portugal. Évora. 11 p.

Pacheco, N., Carvalho, P., Ferreira, A. (1998). Geologia da Mina de Neves Corvo e do vulcanismo do anticlinório de Panóias-Castro Verde. V Congresso Nacional de Geologia, Livro Guia das Excursões, Instituto Geológico e Mineiro e Sociedade Geológica de Portugal. pp. 111-130.

Procesl (2007). Estudo de Impacte Ambiental da Mina de Neves-Corvo. Relatório Final. 516 p.

Rodrigues, A. (2023). De Resíduo a Recurso: Reutilização de Escombro como prática na gestão de Resíduos Mineiros em Neves-Corvo. Instituto Superior de Engenharia do Porto. 113 p. (Dissertação de Mestrado).

Rodrigues, H. (2016). Mina de Neves-Corvo: Deposição de rejeitado espessado. Acompanhamento geotécnico e geoquímico. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. 182 p. (Dissertação de Mestrado).

Rubio, R. (1985). Estudo Hidrogeologico Preliminar de La Mina de Neves-Corvo (Portugal). Informe Hidrogeologico Preliminar. Madrid. 163 p.

Rubio, R. (1987). Informe Hidrogeológico Mineiro de Seguimento (I) Mina de Neves-Corvo. Primer Informe Hidrológico-Minero de Seguimiento. Madrid. 247 p.

Somincor (2018). Levantamento das Áreas Potencialmente Contaminadas de Neves Corvo. Contributos para o Estudo Hidrogeológico no Âmbito de um PVCAS-NC: Plano de Vigilância e Controlo das Águas Subterrâneas de Neves Corvo. 21 p. (Relatório Inédito)

Somincor (2021). Plano de Lavra 2021. Somincor. 403 p. (Relatório Inédito)

Somincor (2024). Hidrogeologia de Neves-Corvo. 1979-2024 Estado Geral do conhecimento. Departamento de Barragens e Resíduos Mineiros. Somincor. 2787 p. (Relatório Inédito)

Decreto-Lei: Diário da República (consultados entre Março a Abril de 2025):

Decreto-Lei nº 88/90. Diário da República, 1.ª série – N.º 63 – 16 de Março de 1990.

Decreto-Lei nº 90/90. Diário da República, 1.ª série – N.º 63 – 16 de Março de 1990.

Decreto-Lei n.º 198A/2001. Diário da República, 1.ª série – N.º 155 – 6 de julho de 2001.

Decreto-Lei n.º178/2006. Diário da República, 1.ª série – N.º 171 – 5 de Setembro de 2006.

Decreto-Lei n.º 10/2010. Diário da República, 1.ª série – N.º 24 – 4 de Fevereiro de 2010.

Diretiva n.º 2011/92/UE). Parlamento Europeu e do Conselho - 13 de dezembro de 2011.

Decreto-Lei n.º31/2013. Diário da República, 1.ª série – N.º 38 – 22 de fevereiro de 2013.

Decreto-Lei nº 151-B/2013. Diário da República, 1.ª série – N.º 211 – 31 de outubro de 2013.

Diretiva n.º 2014/52/EU. Parlamento Europeu e do Conselho - 16 de abril de 2014.

Decreto-Lei n.º 54/2015. Diário da República, 1.ª série – N.º 119 – 22 de junho de 2015.

Decreto-Lei nº 152-B/2017. Diário da República, 1.ª série – N.º 236 – 11 de dezembro de 2017.

Decreto-Lei n.º 30/2021. Diário da República, 1.ª série – N.º 89 – 7 de maio de 2021.

Decreto-Lei n.º 10/2022. Diário da República, 1.ª série – N.º 8 – 12 de janeiro de 2022.

Ligações de internet (consultadas entre Março a Junho de 2025):

APA - https://apambiente.pt/

DGEG - https://portalgeo.dgeg.gov.pt

EDM - https://edm.pt/

GISTM - https://thegtmi.org/

ICMM - https://www.icmm.com/

LNEG - https://geoportal.lneg.pt/pt/dados_abertos/info_recursosminerais/?Id=1704

BOLIDEN SOMINCOR - https://www.boliden.com/

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Eu, **Ana Cláudia Simão Abreu**, N.º CC: 12048993,

Declaro ter conduzido e desenvolvido este trabalho académico com integridade e ética. Não plagiei ou apliquei qualquer forma de uso indevido de informações ou falsificação de resultados ao longo do processo que levou à elaboração da dissertação/projeto/estágio.

Declaro ainda que não recorri a ferramentas de inteligência artificial (IA) — texto, imagem, vídeo ou outro formato — para fins académicos de pesquisa avançada de tópico específico e ainda fiz devida citação sem colocar em causa os direitos de autor ou uso indevido de informações ou falsificação de conteúdos.

Declaro que o trabalho apresentado neste documento é original e de minha autoria, não tendo sido utilizado anteriormente para nenhum outro fim.

Declaro ainda que tenho pleno conhecimento do Código de Conduta Ética do P.PORTO.

Ana Cláudia Simão Abreu

ISEP, Porto, 4 de julho de 2025