Resumo Executivo

MINA DO BARROSO – AVALIAÇÃO GOEQUÍMICA DOS REJEITADOS VER 1

Knight Peisold Consulting, PE20-01212

Autor: Dave Morgan, 15 September 2020

INTRODUÇÃO

Foi submetida a análise geoquímica na Intertek Genalysis (Perth), uma amostra de rejeitado do projeto da Mina do Barroso, produzida nos testes metalúrgicos, tendo os resultados sido fornecidos à Knight Piésold (KP). A amostra, recebida dos laboratórios Nagrom como uma polpa espessada e rotulada como "GRA Flotation Tailings Comp", foi produzida a partir de uma amostra composta da mineralização do Grandão no teste preliminar de flutuação G12.

É considerado que a amostra é semelhante ao rejeitado previamente testado em dezembro de 2019, embora tenha sido utilizado um regime diferente de reagente na produção da amostra, o que evita a necessidade de aplicação de ácido sulfúrico.

Este memorando sumariza os resultados dos testes conduzidos pela Intertek Genalysis. Os detalhes dos métodos dos testes e os princípios de interpretação constam no Apêndice A. Os certificados de laboratório dos testes relativos aos resultados analíticos são fornecidos no Apêndice B.

CARACTERISTICAS GEOQUÍMICAS DOS REJEITADOS

INTRODUÇÃO

Os resultados do teste são apresentados e discutidos nas secções a seguir. De observar que esta avaliação da geoquímica dos rejeitados não inclui uma apreciação específica das propriedades residuais dos químicos e reagentes do processamento, que podem estar presentes nos rejeitados. Dado que os reagentes usados variam ao longo dos programas de testes metalúrgicos, é recomendável que os reagentes sejam considerados durante a fase de teste piloto da lavaria, como parte da engenharia detalhada. Tal pode envolver a obtenção e revisão das fichas de dados de segurança do material (MSDSs), onde constam a identificação e composição de cada produto, perigos físicos e para a saúde, procedimentos de manuseamento e de armazenamento seguros e considerações de eliminação.

BALANÇO ÁCIDO-BASE

O ensaio de balanço ácido-base foi reportado pelo laboratório utilizando as convenções e terminologia australianas, ou seja, capacidade de neutralização ácida (ANC), acidez potencial máxima (MPA) e potencial efetivo de geração de ácido (NAPP), em kg H_2SO_4/t e razão ANC/MPA (sem unidades). No entanto, de forma a cumprir os padrões da UE (especificamente a norma EN 15875:2011), estes valores foram convertidos para potencial de neutralização (NP), potencial ácido (AP) e potencial de neutralização efetivo (NNP), em kg $CaCO_3$/t e a razão potencial de neutralização (NPR, sem unidades). Tal encontra-se resumido na Tabela 1. Os detalhes específicos sobre os procedimentos de teste são fornecidos no Apêndice A.

De referir ainda que foi realizado o teste de geração de ácido efetiva, em kg H_2SO_4/t. Este teste não está incluído nas normas da UE para caracterizar resíduos sulfúricos e, como tal, não existe um termo correspondente para esta medição.

Os resultados da análise, resumidos na Tabela 2 e Tabela 3, mostram que o enxofre não foi identificado acima do limite de deteção de 0,01%. Assim sendo, a amostra apresenta-se essencialmente desprovida de enxofre, tendo um AP insignificante. No entanto, para os fins deste estudo e adotando uma abordagem conservadora, é assumido que o teor de sulfureto é de 0,01%, com um AP correspondente de 0,3 kg $CaCO_3$/t.

O NP da amostra foi determinado, juntamente com estimativas do conteúdo de carbonato. Os dois resultados podem ser utilizados como uma verificação de ambos e para identificar a contribuição de NP de carbonatos e outros minerais não carbonatados. A amostra registou um NP baixo de 9 kg $CaCO_3$/t, com o conteúdo de carbonato indicado como “desprezível”. Desta forma, é provavel que o NP seja inteiramente proveniente de minerais não carbonatos, que podem ser menos reativos e apenas estar disponíveis para neutralizar ácidos em condições de pH baixo.

Com base nos resultados de AP e NP, a amostra registou um NNP de 9 kg $CaCO_3$/t e uma NPR de 29, ambos indicando excesso de NP.

Tabela 1: Terminologia Balanço Ácido-Base

Termos Australianos	Unidades	Termos EU	Unidades
ANC	kg H_2SO_4/t	NP	kg $CaCO_3$/t
MPA	kg H_2SO_4/t	AP	kg $CaCO_3$/t
NAPP	kg H_2SO_4/t	NNP	kg $CaCO_3$/t
Razão ANC/MPA	N/A	NPR (Razão NP/AP)	N/A
NAG	kg H_2SO_4/t	N/A	N/A

Tabela 2: Resultados do Balanço Ácido-Base

Amostra	Espécies de Enxofre			NP	Espécies de Carbono				pH da polpa
	Enxofre	Sulfato	Sulfureto		Carbono	Carbono Insolúvel em Ácido	Equivalente Calcite	$CaCO_3$-NP	
	%	%	%	kg $CaCO_3$/t	%	%	% $CaCO_3$	kg $CaCO_3$/t	
Rejeitados da flutuação	0.01	0.01	0.01	9	0.02	0.02	0.00	0	8.2

Tabela 3:Cálculos do Balanço Ácido-Base e Resultados do Teste NAG

Amostra	Cálculos			Resultados NAG			Potencial de Geração de Ácido
	AP	NPR	NNP	NAG (7.0)	NAG (4.5)	NAG pH	
	kg $CaCO_3$/t		kg $CaCO_3$/t	kg H_2SO_4/t	kg H_2SO_4/t		
Rejeitados da flutuação	0.3	29	9	0	0	8.1	Não Gerador de Ácido (NAF)

Nota: os valores que constam na tabela foram arredondados.

GERAÇÃO DE ÁCIDO EFETIVA

O teste de geração de ácido efetiva (NAG) auxilia na interpretação das classificações do potencial de geração de ácido. Também identifica se os sulfuretos e os minerais neutralizantes contidos na amostra estão prontamente disponíveis para produzir ou consumir ácido.

Os resultados do teste NAG constam na Tabela 3 e indicam que, em condições oxidantes extremas, os rejeitados não produziram qualquer ácido mensurável, sendo o pH final da solução NAG de 8,1. Estes resultados correlacionam-se bem com os resultados do balanço ácido-base.

POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ÁCIDO

A KP prefere determinar o potencial de geração de ácido da amostra com base no NNP e nos testes NAG. Nesta base, considerando que o NNP é positivo e o pH NAG é de 8,1, a amostra é classificada como Não Geradora de Ácido (NAF), pois é entendido não haver risco da amostra de rejeitados gerar ácido. A Figura 1 mostra o potencial de geração de ácido, de acordo com este método.

Não existe um procedimento formal para classificar o potencial de geração de ácido ao abrigo da norma EN 15875:2011, no entanto, o Artigo 1º da Decisão da Comissão 2009/359/CE estabelece a definição de resíduo inerte, com a aplicação da alínea f), do nº 1, do artigo 22º da Diretiva 2006/21/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, relativa à gestão de resíduos da indústria extrativa, sendo os resíduos considerados inertes sempre que tenham um teor máximo de enxofre, na forma de sulfureto, de 0,1% ou tenham um teor máximo de enxofre, na forma de sulfureto, de 1% e cumulativamente tenham um NPR maior que 3. Este critério também está previsto no Decreto-Lei 10/2010, Anexo I, (1) (b). Assim sendo, a amostra cumpre os critérios de balanço ácido-base para resíduos inertes.

RESULTADOS DA ANÁLISE MULTI-ELEMENTAR

De forma a avaliar as concentrações de metais/metaloides nos rejeitados, em relação aos critérios para resíduos inertes estabelecidos no Artigo 1º da Decisão da Comissão 2009/359/CE e no Decreto-Lei 10/2010, Anexo I, (1) (b), os resultados foram comparados com os seguintes critérios:

- Enriquecimento de elementos com base nas concentrações médias de abundância crustal;
- Valores de referência da Agência Portuguesa do Ambiente (APA) para solos;
- Resultados de referência da amostragem de solo;
- Resultados da base de dados das sondagens e das análises laboratoriais.

Os resultados destas comparações são fornecidos nas seguintes secções.

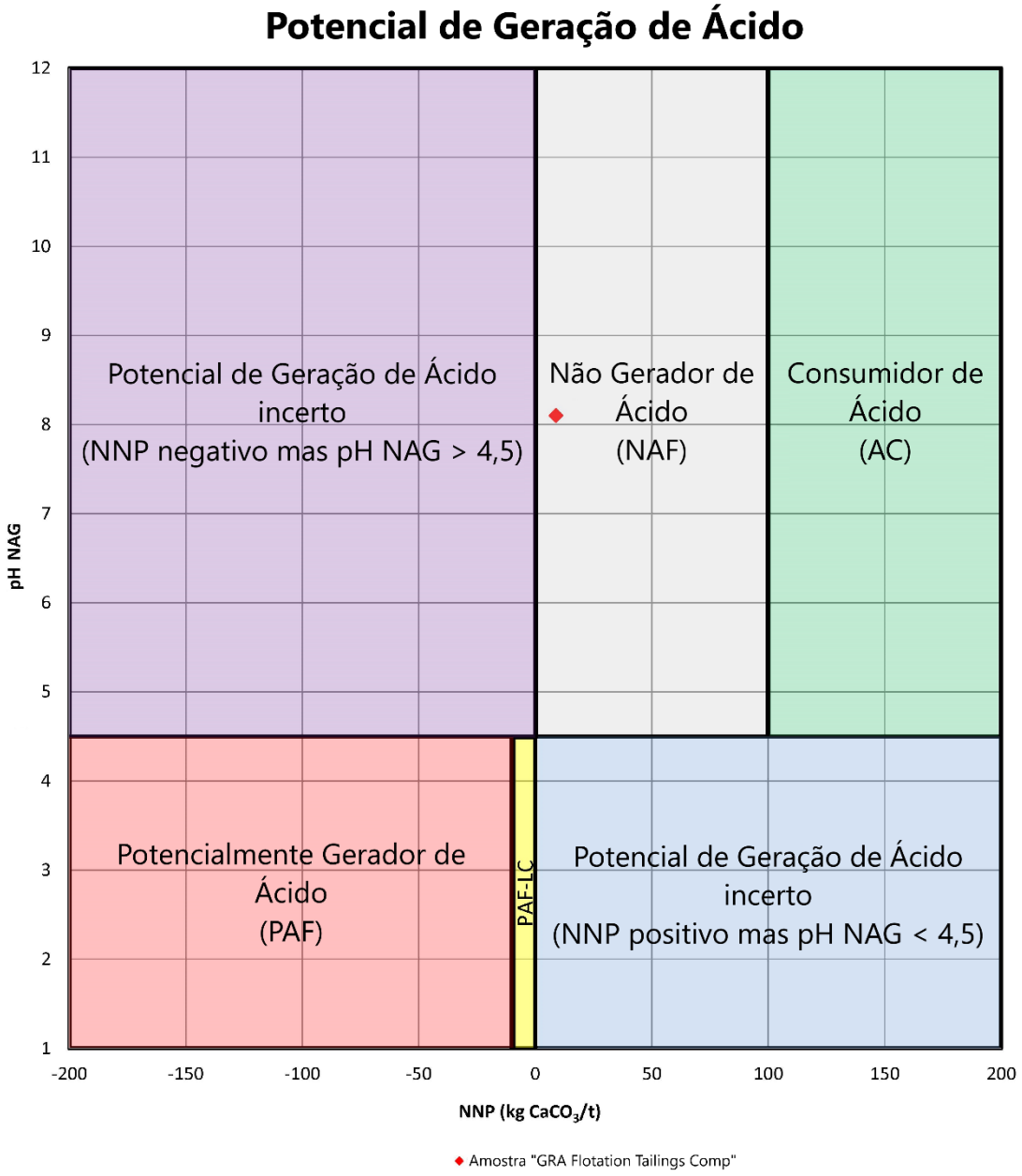

Figura 1: Potencial de Geração de Ácido

<u>Enriquecimento de Elementos</u>

A análise multi-elementar "whole rock" dos sólidos dos rejeitados foi realizada para avaliar o enriquecimento de elementos na fração sólida dos rejeitados. Os resultados da análise multi-elementar foram comparados com a abundância média da crosta (ACA) para calcular os índices de abundância geoquímica (GAI). O GAI quantifica o resultado analítico de um elemento específico em termos de ACA. Os resultados analíticos, os ACA e os GAI constam na Tabela 4 e mostram que a amostra apresenta um número muito baixo de enriquecimento de elementos, com os níveis de enriquecimento variando entre ligeiro e significativo.

Verificou-se que o berílio e o molibdénio estão significativamente enriquecidos, sendo o estanho classificado como ligeiramente enriquecido. De notar ainda que estes resultados indicam uma redução substancial no enriquecimento de metais/metaloides em comparação com a anterior amostra de rejeitados, testada em dezembro de 2019.

Tabela 4: Resultados analíticos dos rejeitados, ACA e GAI

Elemento	Unidade	Resultados dos rejeitados	ACA	GAI
Ag	ppm	0.10	0.07	0
Al	ppm	63788	82000	0
As	ppm	6	1.5	1
B	ppm	50	10	1
Ba	ppm	20	500	0
Be	ppm	37	2.6	3
Bi	ppm	0.23	0.048	1
C	ppm	200	480	0
Ca	ppm	1694	41000	0
Cd	ppm	0.20	0.11	0
Cl	ppm	200	130	0
Co	ppm	5.1	20	0
Cr	ppm	338	100	1
Cu	ppm	128	50	0
F	ppm	190	950	0
Fe	ppm	8550	41000	0
Hg	ppm	0.01	0.05	0
K	ppm	18691	21000	0
Mg	ppm	385	23000	0
Mn	ppm	1009	950	0
Mo	ppm	56	1.5	4
Na	ppm	31829	23000	0
Ni	ppm	247	80	1
P	ppm	1893	1000	0
Pb	ppm	24	14	0
S	ppm	100	260	0
Sb	ppm	0.18	0.2	0
Se	ppm	0.02	0.05	0
Sn	ppm	15	2.2	2
Sr	ppm	58	370	0
Th	ppm	1.4	12	0
U	ppm	13	2.4	1
V	ppm	7	160	0
Zn	ppm	129	75	0

Legenda:

Não enriquecido	0 – 1
Ligeiramente enriquecido	2
Significativamente enriquecido	3 – 4
Altamente enriquecido	5 – 6

Valores de referência da APA para solos

Os resultados da análise multi-elementar também foram comparados com os valores de referência da Agência Portuguesa do Ambiente (APA) para o solo, especificamente com os valores da Tabela C, que se aplicam a locais com solos pouco profundos, que são definidos como locais onde a camada de solo sob o substrato rochoso é igual ou inferior a 2 m, em pelo menos um terço da área. Os valores fornecidos na Tabela C estão subdivididos para vários usos do solo; agrícola, urbano e industrial/comercial. Como tal, os valores para uso industrial/comercial do solo são considerados os mais aplicáveis. Embora os valores de referência sejam subdivididos com base no uso da água subterrânea, os valores não diferem para uso industrial/comercial do solo.

Adicionalmente, os valores de referência para determinados metais/metaloides são diferentes, dependendo do tamanho do grão do solo. Na ausência de informações detalhadas, foram aplicados os valores mais baixos para estes metais/metaloides. No entanto, a revisão dos resultados indica que os valores para solos com diferentes granularidades não afetariam o resultado da avaliação, com o berílio, cromo e molibdénio excedendo as diretrizes de referência do solo, independentemente da textura do solo. O sumário dos resultados, comparados com os critérios de avaliação são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Resultados analíticos dos rejeitados e valores de referência da APA para solos

Elemento	Resultados dos rejeitados (ppm)	Diretrizes da APA (Tabela C) para uso do solo Industrial/Comercial (ppm)
Antimónio	0.02	40
Arsénio	6	18
Bário	20	670
Berílio	**37**	8
Cádmio	0.2	1.9
Chumbo	24	120
Cobalto	5	80
Cobre	128	230
Crómio	**338**	160
Mercúrio	0.01	3.9
Molibdénio	**56**	40
Níquel	247	270
Prata	0.1	40
Selénio	0.02	5.5
Tálio	N/D	3.3
Urânio	12.7	33
Vanádio	7	86
Zinco	129	340

Notas:
Os valores a vermelho indicam a excedência da diretriz. N/D indica não determinado.

Dados de referência do solo

A comparação dos resultados analíticos do rejeitado com os testes de referência do solo para a área do projeto indica que as concentrações de metal/metaloide nos rejeitados são maiores do que as registadas para o solo, quando comparadas com os valores médio e máximo. Os resultados resumidos, comparados com os dados de referência do solo constam na Tabela 6.

Tabela 6: Resultados analíticos dos rejeitados e dados de referência do solo

Elemento	Unidade	Resultados dos rejeitados	Valores médios dos dados de referência do solo	Valores máximos dos dados de referência do solo
Ag	ppm	0.10	0.50	0.50
Al	ppm	**63788**	27365	60000
As	ppm	6	23	115
B	ppm	**50**	1.0	1.0
Ba	ppm	20	36	88
Be	ppm	**37**	1.2	2.8
Bi	ppm	0.23	1.0	1.0
C	ppm	200	N/D	N/D
Ca	ppm	**1694**	546	4940
Cd	ppm	0.20	0.4	0.4
Cl	ppm	200	N/D	N/D
Co	ppm	5.1	9.2	29.5
Cr	ppm	**338**	29	60
Cu	ppm	**128**	22	43
F	ppm	190	N/D	N/D
Fe	ppm	8550	39376	67000
Hg	ppm	0.01	0.34	4.94
K	ppm	**18691**	3101	6170
Mg	ppm	385	3448	10500
Mn	ppm	**1009**	185	430
Mo	ppm	**56**	0.41	0.59
Na	ppm	**31829**	77	270
Ni	ppm	**247**	19	51
P	ppm	**1893**	326	552
Pb	ppm	**24**	20	45
S	ppm	100	357	4120
Sb	ppm	0.18	0.50	0.50
Se	ppm	0.02	2.0	2.0
Sn	ppm	**15**	2.0	7.2
Sr	ppm	**58**	6.6	50.9
Th	ppm	1.4	N/D	N/D
U	ppm	13	N/D	N/D
V	ppm	7	31	61
Zn	ppm	**129**	49	93

Notas:
Os valores a vermelho indicam a excedência da média dos dados de referência do solo. Os valores destacados a amarelo indicam a excedência do máximo dos dados de referência do solo. N/D indica não determinado.

Base de dados das sondagens e dos resultados analíticos

As concentrações de metal/metaloide de referência em litologias de pegmatito e xisto também foram revistas, com base nos resultados das análises laboratoriais da base de dados das sondagens do projeto. Os dados foram subdivididos em amostras de superfície e em profundidade. A base de dados apenas inclui dez metais/metaloides analisados, mas a comparação com os resultados dos testes realizados à amostra de rejeitados deste estudo indica que as concentrações de vários metais/metaloides nos rejeitados são maiores do que os valores médio e máximo dos resultados analíticos das amostras de superfície e dos valores médios da base de dados das sondagens. Os resultados resumidos, comparados com a base de dados dos resultados analíticos constam na Tabela 7 à Tabela 10.

Tabela 7: Resultados analíticos dos rejeitados e valores médios dos resultados analíticos das sondagens

Elemento	Unidade	Resultados dos rejeitados	Valor médio de todas as amostras de pegmatito (RC e DD)	Valor médio de todas as amostras de xisto (RC e DD)
Ag	ppm	0.10	2.7	2.3
As	ppm	6	24	105
Be	ppm	37	112	20
Bi	ppm	0.23	0.69	0.56
Cu	ppm	**128**	2.4	22
Fe	ppm	**8550**	8300	38400
Ni	ppm	**247**	14	35
Sb	ppm	**0.18**	0.12	0.15
Se	ppm	0.02	2.6	2.7
Sn	ppm	15	70	47

Notas:
Os valores a vermelho indicam a excedência da média dos valores do pegmatito. Os valore destacados a amarelo indicam a excedência da média dos valores do xisto. RC: sondagem de circulação inversa. DD: sondagem carotada.

Tabela 8: Resultados analíticos dos rejeitados e valores médios dos resultados analíticos das sondagens (amostras de superfície)

Elemento	Unidade	Resultados dos rejeitados	Valor médio de todas as amostras de pegmatito (RC e DD)	Valor médio de todas as amostras de xisto (RC e DD)
Ag	ppm	0.10	2.65	2.26
As	ppm	6	23.88	104.53
Be	ppm	37	111.87	19.99
Bi	ppm	0.23	0.69	0.56
Cu	ppm	**128**	2.4	21.91
Fe	ppm	**8550**	8300	38400
Ni	ppm	**247**	13.8	34.98
Sb	ppm	**0.18**	0.12	0.15
Se	ppm	0.02	2.61	2.69
Sn	ppm	15	70.3	47.08

Notas:
Os valores a vermelho indicam a excedência da média dos valores do pegmatito. Os valore destacados a amarelo indicam a excedência da média dos valores do xisto. RC: sondagem de circulação inversa. DD: sondagem carotada.

Tabela 9: Resultados analíticos dos rejeitados e valores máximos dos resultados analíticos das sondagens

Elemento	Unidade	Resultados dos rejeitados	Valor máximo de todas as amostras de pegmatito (RC e DD)	Valor máximo de todas as amostras de xisto (RC e DD)
Ag	ppm	0.10	10	13
As	ppm	6	503	599
Be	ppm	37	310	250
Bi	ppm	0.23	10	1.9
Cu	ppm	128	30	40
Fe	ppm	8550	20300	60000
Ni	ppm	247	50	30
Sb	ppm	0.18	1.8	1.4
Se	ppm	0.02	23	14
Sn	ppm	15	502	690

Notas:
Sem excedências. RC: sondagem de circulação inversa. DD: sondagem carotada.

Tabela 10: Resultados analíticos dos rejeitados e valores máximos dos resultados analíticos das sondagens (amostras de superfície)

Elemento	Unidade	Resultados dos rejeitados	Valor máximo de todas as amostras de pegmatito (RC e DD)	Valor máximo de todas as amostras de xisto (RC e DD)
Ag	ppm	0.10	10	13
As	ppm	6	503	599
Be	ppm	37	310	250
Bi	ppm	0.23	10	1.9
Cu	ppm	**128**	30	40
Fe	ppm	8550	20300	60000
Ni	ppm	**247**	50	30
Sb	ppm	0.18	1.8	1.4
Se	ppm	0.02	23	14
Sn	ppm	15	502	690

Notas:
Os valores a vermelho indicam a excedência do máximo dos valores do pegmatito. Os valore destacados a amarelo indicam a excedência do máximo dos valores do xisto. RC: sondagem de circulação inversa. DD: sondagem carotada.

ANÁLISE DO EXTRATO DE ÁGUA DESTILADA

Foram realizados testes de extrato para determinar a solubilidade dos metais e metaloides contidos na fração sólida dos rejeitados, uma vez que não foi fornecida à KP uma amostra do filtrado.

O método utilizado segue os mesmos princípios estabelecidos na norma EN 14429:2015, para a solução de pH natural (conforme a Secção 9.4), com a exceção de que a solução de extrato é preparada com uma proporção de água:sólidos de 3:1, em vez de 10:1, e é agitada durante 24 horas, em vez de 48 horas. Mais detalhes sobre o método do teste utilizado nesta tarefa são fornecidos no Apêndice A. Nas etapas de projeto subsequentes, aquando a repetição dos testes em rejeitados,

será analisada uma amostra de filtrado ou serão realizados testes de extrato nos sólidos de rejeitados, de acordo com a norma EN14429:2015.

Os resultados do teste de extrato foram comparados com uma gama de valores de referência de qualidade da água para permitir a avaliação inicial da química da água lixiviada. Estes valores de referência são descritos abaixo. Os detalhes adicionais constam no Apêndice A.

Não está implícito que, pela produção dos valores de referência da qualidade da água, o projeto terá de atender estes níveis de referência ou que estes níveis de referência devem ser utilizados como quadro regulamentar.

Diretrizes de descarga e de água superficial

Os resultados dos testes de extração foram comparados às diretrizes IFC (International Finance Corporation) para efluentes da atividade mineira, aos valores-limite portugueses de descarga de águas residuais e às diretrizes europeias para águas superficiais. Para permitir a avaliação de uma ampla gama de parâmetros foi adotada uma série de diretrizes. Os detalhes destas diretrizes constam no Apêndice A.

Os resultados da comparação estão resumidos na Tabela 11 e indicam que o extrato é de qualidade razoável, cumprindo assim as diretrizes de descarga IFC e portuguesas. No entanto, o laboratório só conseguiu atingir um limite de deteção para o mercúrio de 0,0001mg/l (0,1µg/l), comparativamente com o valor-limite da diretriz da UE para águas superficiais de 0,00007mg/l (0,07µg/l). Embora o mercúrio não tenha sido detetado acima de 0,0001mg/l, não é possível determinar se está presente acima do valor-limite da UE de 0,00007mg/l.

Contudo, dado que a concentração de mercúrio nos sólidos dos rejeitados não se encontra acima do limite de deteção de 0,01 ppm, o que representa 20% da abundância média da crosta e aproximadamente 0,25% da diretriz da APA para o mercúrio, é improvável que o mercúrio esteja presente na solução de lixiviado em níveis ambientalmente significativos.

Foi ainda confirmado que todos os outros metais e metaloides estão abaixo dos valores-limite da UE para águas superficiais.

Diretrizes da UE para água potável

A amostra de extrato foi ainda comparada com as diretrizes da UE para a água potável, complementada pelas diretrizes da OMS para o bário e o urânio, de forma a permitir uma avaliação mais completa. Os detalhes das diretrizes são fornecidos no Apêndice A.

Verificou-se que o extrato é de qualidade razoável, com ligeiras excedências das diretrizes para o arsénio e o para o fluoreto (parâmetros químicos), juntamente com o manganês (parâmetro indicador). Nesta fase, ainda não foi determinado se o projeto terá de cumprir as diretrizes para água potável.

Os resultados das análises, comparados com as diretrizes para água potável constam na Tabela 12. As implicações para a gestão do rejeitados são apresentadas na secção “SUMÁRIO DOS RESULTADOS E IMPLICAÇÕES PARA A GESTÃO DE REJEITADOS”.

Tabela 11: Comparação do extrato com as diretrizes de descarga e de águas superficiais

Parâmetro	Descarga mineira IFC (mg/L)	Descarga portuguese (mg/L)	Água superficial EU (mg/L)	Resultados analíticos (mg/L)
pH	6 to 9	6 to 9	N/G	8.2
TDS	N/G	N/G	N/G	30
CE	N/G	N/G	N/G	97
Alumínio	N/G	10	N/G	0.24
Antimónio	N/G	N/G	N/G	0.012
Arsénio	0.1	1	N/G	0.05
Bário	N/G	N/G	N/G	0.002
Boro	N/G	N/G	N/G	0.04
Cadmio	0.05	0.2	0.00045 -0.0015 [1]	0.00002
Cálcio	N/G	N/G	N/G	2.1
Cloreto	N/G	N/G	N/G	12
Crómio	N/G	2	N/G	0.01
Cobalto	N/G	N/G	N/G	0.0001
Cobre	0.3	1	N/G	0.03
Fluoreto	N/G	N/G	N/G	0.60
Ferro	2	2	N/G	0.07
Chumbo	0.2	1	0.0072	0.001
Magnésio	N/G	N/G	N/G	1.0
Manganês	N/G	2	N/G	0.03
Mercúrio	0.002	0.05	0.00007 [2]	0.0001
Molibdénio	N/G	N/G	N/G	0.006
Níquel	0.5	2	0.02	0.01
Fósforo	N/G	10	N/G	1.5
Selénio	N/G	N/G	N/G	0.001
Prata	N/G	N/G	N/G	0.0004
Sódio	N/G	N/G	N/G	13
Sulfato	N/G	2000	N/G	7
Estanho	N/G	N/G	N/G	0.001
Urânio	N/G	N/G	N/G	0.0009
Vanádio	N/G	N/G	N/G	0.01
Zinco	N/G	N/G	N/G	0.01

Notas:

N/G = Sem diretriz.

Exceedances of guideline values shown in red bold (no exceedances).

[1] Varia com a dureza da água.

[2] O mercúrio não foi detetado, mas, uma vez que o limite de deteção excede a diretriz de águas superficiais, não é possível determinar se este metal está presente a níveis superiores ou inferiores do valor-limite para águas superficiais.

Tabela 12: Comparação do extrato com as diretrizes da EU para água potável

Parâmetro	Diretrizes para água potável (mg/L)	Resultados analíticos (mg/L)
pH	6.5-9.5	8.2
TDS	N/G	30
CE	2500	97
Alumínio	0.2	**0.24**
Antimónio	0.005	**0.012**
Arsénio	0.01	**0.05**
Bário	0.7 [1]	0.002
Boro	1	0.04
Cadmio	0.005	0.00002
Cálcio	N/G	2.1
Cloreto	250	12
Crómio	0.05	0.01
Cobalto	N/G	0.0001
Cobre	2	0.03
Fluoreto	1.5	0.60
Ferro	0.2	0.07
Chumbo	0.01	0.001
Magnésio	N/G	1.0
Manganês	0.05 [2]	0.03
Mercúrio	0.001	0.0001
Molibdénio	N/G	0.006
Níquel	0.02	0.01
Fósforo	N/G	1.5
Selénio	0.01	0.001
Prata	N/G	0.0004
Sódio	200	13
Sulfato	250	7
Estanho	N/G	0.001
Urânio	0.03 [1]	0.0009
Vanádio	N/G	0.01
Zinco	N/G	0.01

Notas:

N/G = Sem diretriz.

Os valores a vermelho indicam a excedência das diretrizes da EU para água potável.

[1] Valores retirados das diretrizes da OMS na ausência de valores-limite da EU.

[2] O valor-limite para o manganês é um parâmetro indicador e não baseado na saúde.

SUMÁRIO DOS RESULTADOS E IMPLICAÇÕES PARA A GESTÃO DE REJEITADOS

POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ÁCIDO

A amostra de rejeitado é considerada não geradora de ácido (NAF), considerando o conteúdo negligenciável de enxofre, o valor NNP positivo e o resultado de pH NAG próximo de neutro. Com base nestes resultados, não se antecipa que haja risco de que a amostra de rejeitado gere ácido.

A amostra também cumpriu a definição de resíduo inerte, de acordo com o Artigo 1.º da Decisão da Comissão 2009/359/CE, completada pela alínea f) do nº 1 do Artigo 22.º da Diretiva 2006/21/ E do Parlamento Europeu e Conselho, relativos à gestão de resíduos das indústrias extrativas, sendo os resíduos considerados inertes sempre que tenham um teor máximo de enxofre, na forma de sulfureto, de 0,1% ou tenham um teor máximo de enxofre, na forma de sulfureto, de 1% e cumulativamente tenham um NPR maior que 3. O mesmo critério está estabelecido no Decreto-Lei 10/2010, Anexo I, (1) (b).

ENRIQUECIMENTO DE MULTI-ELEMENTOS

A amostra teve um número muito baixo de enriquecimento de elementos, tendo o nível de enriquecimento variado de ligeiro a significativo. Verificou-se que o berílio e o molibdénio estão significativamente enriquecidos, sendo o estanho classificado como ligeiramente enriquecido. De notar ainda que estes resultados indicam uma redução substancial no enriquecimento de metais/metaloides, em comparação com a anterior amostra de rejeitados, testada em dezembro de 2019.

A comparação dos resultados da análise multi-elementar com os valores de referência da Agência Portuguesa do Ambiente (APA) para o solo, especificamente os valores da Tabela C, que se aplicam a locais com solos pouco profundos e uso industrial/comercial, indica que as concentrações de berílio, crómio e molibdénio no rejeitados excederem as diretrizes de referência para o solo.

A comparação das concentrações de metais/metaloides do rejeitados com os dados de referência do solo e com a base de dados dos resultados analíticos das sondagens, indica que as concentrações de vários metais/metaloides nos rejeitados são mais elevadas do que valores médio e máximo das condições de referência. No entanto, no geral, as concentrações podem ser consideradas típicas de depósitos mineralizados e quaisquer potenciais problemas podem ser geridos com os apropriados controlos de engenharia (consulte a secção “DIMENSIONAMENTO DA GESTÃO DE REJEITADOS”).

QUALIDADE DO EXTRATO DE ÁGUA

A amostra de extrato de água destilada foi considerada de qualidade razoável quando comparada com as diretrizes IFC para efluentes mineiros, com os valores-limite portugueses de descarga e com as diretrizes da EU para águas superficiais, cumprindo os vários critérios. Tal indica que os metais/metaloides identificados nos sólidos dos rejeitados não estão prontamente solúveis, sob condições de pH próximas de neutro, condições essas que se espera que prevaleçam nas escombreiras. Como tal, as concentrações do lixiviado resultante dos rejeitados não devem ser problemáticas, com base nos valores de referência da qualidade da água aplicados neste estudo.

No entanto, a amostra excedeu ligeiramente as diretrizes da UE para água potável para o arsénio, fluoreto e manganês. No geral, as concentrações de metais/metaloides foram menores do que o teste da anterior amostra de rejeitados de dezembro de 2019.

A seguinte secção descreve os controlos de engenharia implementados com base nestes resultados.

DIMENSIONAMENTO DA GESTÃO DE REJEITADOS

Em geral as propriedades geoquímicas dos rejeitados são consideradas de baixo risco e devem ser capazes de ser geridas de forma adequada, através da aplicação de controlos de engenharia apropriados, conforme descrito seguidamente.

Os rejeitados produzidos serão colocados simultaneamente com os estéreis produzidos na mina em instalações de armazenamento (escombreiras). A cobertura e o encapsulamento contínuos dos rejeitados serão alcançados como parte dos procedimentos operacionais padrão de deposição das escombreiras. Este sistema de cobertura deve ser resistente à erosão e incorporar um meio de crescimento para incentivar a revegetação. As características de redução da infiltração do sistema de cobertura dependerão dos limites ambientais de descarga especificados para o projeto, que poderão ter em consideração a qualidade de referência das águas superficiais e subterrâneas. No entanto, os resultados desta avaliação indicam que as elevadas concentrações de metais/metaloides registadas nas amostras de rejeitados não parecem ser facilmente móveis. Assim sendo, não é esperado que as concentrações do lixiviado provenientes dos rejeitados sejam problemáticas, considerando os valores das diretrizes para a qualidade da água aplicadas neste estudo. Note-se que o desenho conceptual atual das escombreiras incorpora medidas de drenagem e de captação de águas superficiais para reduzir a infiltração na escombreira e sistemas de recolha de infiltração na base a jusante, dos quais o lixiviado será bombeado para um sistema de filtragem/tratamento de água antes da sua reutilização ou descarga durante as operações. Portanto, a intenção é que a água descarregada da escombreira cumpra os limites de descarga do projeto.

Com base nestes resultados, um requisito fundamental do dimensionamento da escombreira é evitar a perda dos sólidos dos rejeitados, através de estruturas de controlo de sedimentos adequadas. Estas estruturas intercetarão as principais linhas de drenagem e direcionarão a água ao redor das áreas de exploração, usando aterros baixos, barreiras baixas e canais de desvio. Pretende-se que todas as áreas perturbadas sejam desviadas para estes sistemas, de forma a permitir o controlo de sedimentos e filtragem antes da água ser descarregada a jusante ou reciclada na lavaria para tratamento (para fornecer água de qualidade adequada para o processamento ou para descarga direta no Rio Covas). Após o encerramento, depois da remoção dos sedimentos contidos (colocados nas escombreiras) e uma vez estabilizadas as áreas de reabilitação, estas estruturas serão removidas para restaurar as linhas de drenagem à sua configuração original, tanto quanto possível. A necessidade de remover completamente as estruturas após o encerramento será revista no final da vida útil da mina, como parte da estratégia geral de encerramento.

Análises geoquímicas adicionais devem ser realizadas, durante a fase de teste piloto da lavaria que será realizada como parte da engenharia de detalhe, para confirmar os resultados atuais. Estes testes devem incluir a análise do filtrado, se disponível ou, em alternativa, testes de lixiviação de acordo com a norma EN 14429:2015. Os testes também poderão incluir o teste de célula de humidade, para examinar as taxas de lixiviação de metais e a qualidade da infiltração em resposta à meteorização, que são provavelmente mais baixas do que aquelas observadas no teste de extrato de água destilada. Tal ocorre porque o teste do extrato com água destilada compreende a agitação de uma subamostra muito fina (pulverizada) de rejeitados em água, durante 24 horas para estimular a libertação de metais/metaloides prontamente solúveis. Em contraste, o teste de célula de humidade envolve a colocação de 2 kg de rejeitados (não pulverizados) numa célula, onde a amostra é então exposta ao calor e ciclos de humedecimento/secagem para simular e acelerar a meteorização, com uma descarga semanal de água destilada. Esta água é então analisada para determinar a qualidade do lixiviado em resposta à meteorização, que geralmente é considerado fornecer um reflexo mais preciso da qualidade da infiltração que provavelmente ocorrerá quando os rejeitados forem colocados no interior das escombreiras. No entanto, uma vez que o teste de célula de humidade é geralmente executado durante um período de 6 a 12 meses, tal deverá ser considerado no cronograma de desenho conceptual de engenharia detalhada.