

REDCORP – EMPREENDIMENTOS MINEIROS, LDA.

PROJETO DA MINA LAGOA SALGADA

**ESTUDO DE AVALIAÇÃO DE COMPATIBILIDADE DE
LOCALIZAÇÃO**

Lisboa, 14 de novembro de 2024

ÍNDICE

1.	<i>Caracterização do estabelecimento</i>	4
1.1.	INFORMAÇÃO SOBRE AS SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS PRESENTES NO ESTABELECIMENTO	5
1.2.	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	7
1.2.1.	Exploração mineira (desmonte)	7
1.2.2.	Processos mineralúrgicos	8
1.2.3.	Reagentes	18
1.3.	MEDIDAS DE PREVENÇÃO E MITIGAÇÃO	22
1.4.	MEDIDAS DE CONTENÇÃO DE DERRAMES	24
1.4.1.	Armazenagem e Áreas de Processo	25
1.4.2.	Armazenagem Temporária de Minérios	31
1.4.3.	Armazenagem de Rejeitados	31
1.4.4.	Conduta de transporte de rejeitados	33
1.4.5.	Sistemas de prevenção e controlo de condutas	34
1.4.6.	Armazenagem de Gasóleo	35
1.4.7.	Drenagem pluvial	36
1.4.8.	Gestão de Água contaminada	37
1.5.	PLANTA GERAL DO ESTABELECIMENTO	38
2.	<i>Identificação, seleção e análise dos possíveis cenários de acidente</i>	39
2.1.	IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS	40
2.1.1.	Fontes de Perigo Internas	40
2.1.2.	Análise da Perigosidade das Substâncias	51
2.2.	IDENTIFICAÇÃO DE CENÁRIOS DE ACIDENTE	56
2.3.	ESTIMATIVA DA FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE CENÁRIOS DE ACIDENTE	61
2.3.1.	Frequência do Evento Crítico	62
2.4.	SELEÇÃO DE CENÁRIOS DE ACIDENTES	67
2.4.1.	Árvores de Acontecimentos	68
2.4.2.	Probabilidade dos cenários acidentais	74
2.5.	AVALIAÇÃO DAS CONSEQUÊNCIAS	80
2.5.1.	Introdução	80
2.5.2.	Valores Limites para a Definição de Zonas de Planificação	80

2.5.3.	Critérios Gerais Empregues.....	82
2.5.4.	Descrição dos Cenários Seleccionados	87
2.6.	SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS PARA OS ORGANISMOS AQUÁTICOS	91
2.6.1.	Índice de Quantidade de Produto Contaminante.....	93
2.6.2.	Índice de Perigosidade de Produto Contaminante	93
2.6.3.	Índice de Extensão	94
2.6.4.	Análise da Vulnerabilidade da Envolvente.....	95
2.6.5.	Resultados da Avaliação dos Efeitos sobre o Ambiente	96
2.6.6.	Conclusões dos efeitos sobre o ambiente.....	103
3.	<i>Determinação das zonas de perigosidade</i>	<i>111</i>
4.	<i>Caraterização da vulnerabilidade da envolvente</i>	<i>112</i>
4.1.	ELEMENTOS CONSTRUÍDOS.....	112
4.2.	RECETORES AMBIENTALMENTE SENSÍVEIS	115
4.3.	USOS, CLASSIFICAÇÕES E QUALIFICAÇÃO DOS SOLOS	115
4.4.	CARTA DA ENVOLVENTE	115
5.	<i>Conclusão.....</i>	<i>116</i>

APÊNDICES

1. CARTOGRAFIA
2. FICHAS DE SEGURANÇA DE SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS
3. CENÁRIOS DE ACIDENTES
4. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS ZONAS DE PERIGOSIDADE
5. RESULTADOS DO PHAST



1. Caracterização do estabelecimento

O presente estudo tem por objetivo dar cumprimento ao disposto na alínea a) do artigo 8º do Decreto-Lei n.º 150/2015, de 5 de agosto, que transcreve para o acervo legislativo nacional a diretiva n.º 2012/18/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de julho de 2012 (Diretiva Seveso III) que estabelece as regras para a prevenção de acidentes graves que envolvam substâncias perigosas e para a limitação das suas consequências para o homem e para o ambiente referente ao estabelecimento Mina da Lagoa Salgada da empresa REDCORP - Empreendimentos Mineiros, Lda. com sede na Zona Industrial Ligeira, Lote 1, 7570-274 Grândola.

A obrigação de apresentação do presente estudo deriva do facto de o estabelecimento em causa, se enquadra no referido diploma legal, pretender proceder ao licenciamento onde ocorrerá o armazenamento e o processamento de substâncias que integram as listas de substâncias das partes 1 e 2 do anexo I do decreto-lei n.º 150/2015, sendo, por este motivo o estabelecimento considerado como um **novo estabelecimento** nos termos do art.º 3.º do referido diploma legal.

O presente estudo foi elaborado de acordo com os critérios constantes no documento formulário para requerimento de avaliação de compatibilidade de localização e orientações para elaboração do estudo de Avaliação de Compatibilidade de Localização, elaborado pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA) em dezembro de 2016 e visa apresentar o impacto que o estabelecimento representa para as instalações e envolvente no que se refere à ocorrência de acidentes graves envolvendo substâncias perigosas.

Neste sentido, o presente estudo incidirá sobre a capacidade de armazenagem e utilização de substâncias enquadráveis no regime de prevenção de acidentes graves, considerando as capacidades máximas suscetíveis de se poderem encontrar no estabelecimento em qualquer momento.

1.1. Informação sobre as substâncias perigosas presentes no estabelecimento

No que se refere a substâncias abrangidas pela parte 1 e ou pela parte 2 do Anexo II, do decreto-lei n.º 150/2015, de 5 de agosto, no estabelecimento da Mina Salgada que são recebidas, processadas e armazenadas são as indicadas no quadro abaixo, onde se indica igualmente a sua caracterização, localização, condições de pressão e temperatura, designação, categorias de perigo e quantidade máxima suscetível de se encontrar presente.

Tabela 1: Substâncias perigosas associadas ao estabelecimento da Mina da Lagoa Salgada

Equipamento	Identificação em planta	Condições ⁽¹⁾	Substância Perigosa	Categoria de perigo/ Substância designada	Capacidade Max. (ton.)
Big-bags em Armazém	13	P = Atm. T = Amb.	Sulfato de Cobre	Aquatic Acute H400, Aquatic Chronic 1 H410	10
Big-bags em Armazém	13	P = Atm. T = Amb.	Cianeto de Sódio	Aquatic Acute H400, Aquatic Chronic 1 H410 Acute Tox. 1 H300 H310, H330	15
Big-bags em Armazém	13	P = Atm. T = Amb.	Sulfato de Zinco Heptahidrato	Aquatic Acute H400, Aquatic Chronic 1 H410	40
Big-bags em Armazém	13	P = Atm. T = Amb.	Pó de Zinco	Aquatic Acute H400, Aquatic Chronic 1 H410	5
IBC em Armazém	13	P = Atm. T = Amb.	Aero 845	Flam Liq. 3 H226	5
Tanque preparação 900-TKPT-01	13	P = Atm. T = Amb.	ZnSO4 (mistura 10%)	Aquatic Chronic 2 H411	10
Tanque distribuição 900-TKDT-01	13	P = Atm. T = Amb.	ZnSO4 (mistura 10%)	Aquatic Chronic 2 H411	50
Tanque preparação 900-TKPT-02	13	P = Atm. T = Amb.	CuSO4 (mistura 25%)	Aquatic Acute H400, Aquatic Chronic 1 H410	4
Tanque distribuição 900-TKDT-02	13	P = Atm. T = Amb.	CuSO4 (mistura 25%)	Aquatic Acute H400, Aquatic Chronic 1 H410	5
Tanque preparação 900-TKPT-03	13	P = Atm. T = Amb.	NaCN (mistura 5%)	Aquatic Chronic 2 H411 Acute Tox. 1 H300 H310, H330	20
Tanque distribuição 900-TKDT-11	13	P = Atm. T = Amb.	NaCN (mistura 5%)	Aquatic Chronic 2 H411 Acute Tox. 1 H300 H310, H330	20

Equipamento	Identificação em planta	Condições ⁽¹⁾	Substância Perigosa	Categoria de perigo/ Substância designada	Capacidade Max. (ton.)
Armazém de Concentrados	14	P = Atm. T = Amb.	Concentrado de Pb - Fresh MS	Aquatic Acute H400, Aquatic Chronic 1 H410	27,5
Armazém de Concentrados	14	P = Atm. T = Amb.	Concentrado de Zn - Fresh MS	Aquatic Acute H400, Aquatic Chronic 1 H410	27,5
Armazém de Concentrados	14	P = Atm. T = Amb.	Concentrado Pb/Sn - MS Fresh	Aquatic Chronic 2, H411	27,5
Armazém de Concentrados	14	P = Atm. T = Amb.	Concentrado de Pb - Transition MS	Aquatic Acute H400, Aquatic Chronic 1 H410 Acute Tox. 3, H301, Acute Tox. 3, H331	27,5
Armazém de Concentrados	14	P = Atm. T = Amb.	Concentrado de Zn - Transition MS	Aquatic Acute H400, Aquatic Chronic 1 H410, Acute Tox. 3, H301	27,5
Armazém de Concentrados	14	P = Atm. T = Amb.	Concentrado de Sn - Transition MS	Aquatic Chronic 2 H411	27,5
Armazém de Concentrados	14	P = Atm. T = Amb.	Concentrado Ag/Au - Gosan	Aquatic Acute H400, Aquatic Chronic 1 H410	11
Armazém de Concentrados	14	P = Atm. T = Amb.	Concentrado Pb/Sn - Gosan	Aquatic Acute H400, Aquatic Chronic 1 H410	27,5
Armazém de Concentrados	14	P = Atm. T = Amb.	Concentrado de Cu - Stringer	Aquatic Acute H400, Aquatic Chronic 1 H410	27,5
Armazém de Concentrados	14	P = Atm. T = Amb.	Concentrado de Pb - Stringer	Aquatic Acute H400, Aquatic Chronic 1 H410	27,5
Armazém de Concentrados	14	P = Atm. T = Amb.	Concentrado de Zn - Stringer -	Aquatic Acute H400, Aquatic Chronic 1 H410	27,5
Armazém de Concentrados	14	P = Atm. T = Amb.	Concentrado de Cu - Stockwork	Aquatic Acute H400, Aquatic Chronic 1 H410	27,5
Armazém de Concentrados	14	P = Atm. T = Amb.	Concentrado de Pb - Stockwork	Aquatic Acute H400, Aquatic Chronic 1 H410	27,5
Armazém de Concentrados	14	P = Atm. T = Amb.	Concentrado de Zn - Stockwork	Aquatic Acute H400, Aquatic Chronic 1 H410	27,5
Aterro	10	P = Atm. T = Amb.	Rejeitados - PMS	Aquatic Acute H400, Aquatic Chronic 1 H410	2436719,04
Aterro	10	P = Atm. T = Amb.	Rejeitados - STR	Aquatic Acute H400, Aquatic Chronic 2 H411	429144,8
Aterro	10	P = Atm. T = Amb.	Rejeitados - TMS	Aquatic Chronic 2 H411	533204,91
Aterro	10	P = Atm. T = Amb.	Rejeitados - STW	Aquatic Acute H400, Aquatic Chronic 2 H411	5912630,4

Equipamento	Identificação em planta	Condições ⁽¹⁾	Substância Perigosa	Categoria de perigo/ Substância designada	Capacidade Max. (ton.)
Aterro	10	P = Atm. T = Amb.	Rejeitados - Gosan	Aquatic Chronic 1 H410	754110
Parque de Minério	18	P = Atm. T = Amb.	Minérios - STW	Aquatic Chronic 2 H411	217000
Parque de Minério	18	P = Atm. T = Amb.	Minérios - PMS	Aquatic Acute 1, H400; Aquatic Chronic 2, H411	335000
Parque de Minério	18	P = Atm. T = Amb.	Minérios - TMS	Acute Tox. 3, H301; Aquatic Acute 1, H400; Aquatic Chronic 2, H411	335000
Parque de Minério	18	P = Atm. T = Amb.	Minérios Gosan	Acute Tox. 3, H301; Aquatic Chronic 2 H411	217000
Parque de Minério	18	P = Atm. T = Amb.	Minérios - STR	Aquatic Acute 1, H400; Aquatic Chronic 2, H411	148000
Reservatório	23	P = Atm. T = Amb.	Gasóleo	Flam Liq. 3 H226, Aquatic Chronic 2 H411	17,5

Para além destas substâncias perigosas poderão estar presentes temporariamente outras, tais como os explosivos para a Mina. No entanto, estes são rececionados diariamente à entrada da mina e transportados para o subterrâneo em veículo próprio para acondicionamento das caixas de explosivo e devidamente separados dos detonadores. Os veículos têm uma fita de descarga de eletricidade estática e corta-corrente. O explosivo a granel é transportado em recipientes próprios e veículo dedicado.

1.2. Descrição das Atividades

Na fase de exploração as principais atividades que ocorrem na concessão Mina Salgada são as que se apresentam em seguida.

1.2.1. EXPLORAÇÃO MINEIRA (DESMONTE)

O desmonte será efetuado através do processo de fragmentação da rocha com uso controlado de explosivos. Não existe armazenagem de explosivos na concessão do Projeto da Lagoa Salgada, sendo os mesmos entregues pelo fornecedor quando forem necessários e serão utilizados de imediato.

O ciclo de produção para desmontes Cut&Fill considera os seguintes aspetos:



QUADRANTE

- A furação dos drifts inicia-se após a remoção do material da galeria de desenvolvimento ter terminado e o sustimento aplicado.
- Após terminar a produção, o enchimento com pasta inicia-se após 3 dias, permitindo toda a preparação para esta atividade.
- Foi definido para a cura da pasta um período de 4 semanas, de forma a garantir a resistência da pasta e a sua estabilidade.

1.2.2. *PROCESSOS MINERALÚRGICOS*

A unidade de processamento mineral da Lagoa Salgada, que foi projetada para o processamento do minério proveniente da mina subterrânea, pretende tratar os seguintes cinco domínios diferenciados: sulfureto maciço fresco, sulfureto de transição, stringer, stockwork e gossan, para obtenção de concentrados de metal para cobre, chumbo, zinco e estanho. A unidade de processo será composta por diversas áreas como britagem, moagem, flutuação, filtragem, reagentes e serviços auxiliares (ar, água fresca e de processo, etc.) que serão descritos detalhadamente e de forma independente para cada domínio abaixo.

O Fluxograma do Processo Geral, ilustrado na Figura 1, envolve as seguintes etapas:

- Britagem
- Moagem
- Flutuação de cobre e chumbo
- Flutuação de Zinco
- Flutuação de Sulfuretos
- Flutuação de Estanho
- Lixiviação
- Filtragem e Rejeitados

A figura seguinte apresenta de forma resumida a sequência dos processos.

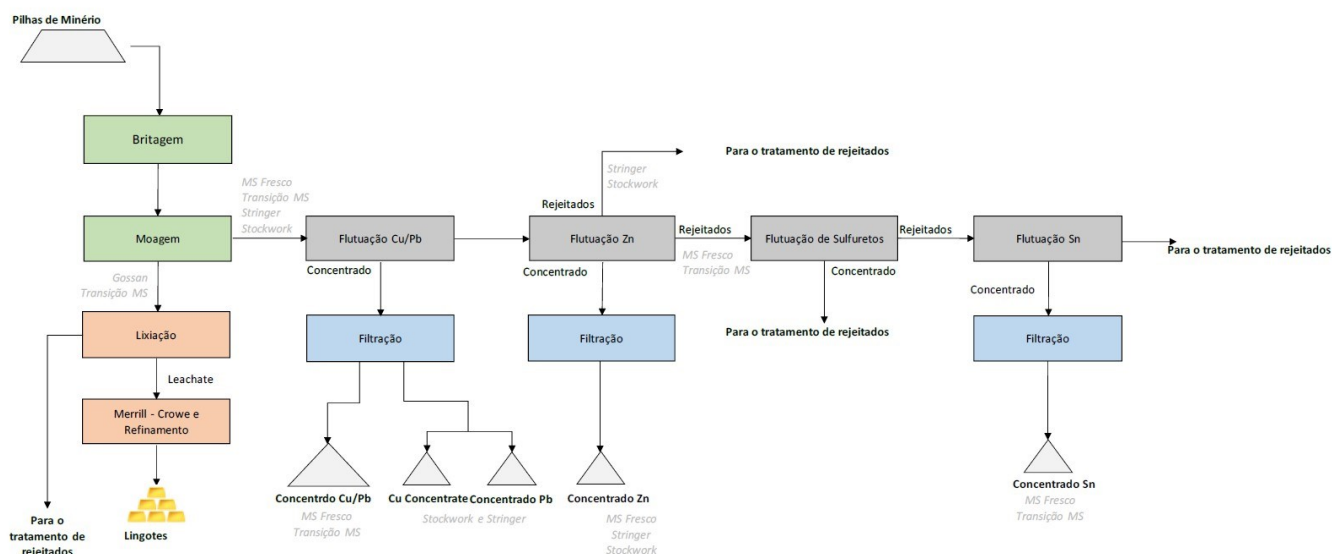


Figura 1: Diagrama de fluxo do Processo Mineralúrgico da Lagoa Salgada

1.2.2.1 BRITAGEM

Ao longo da vida útil da mina, o minério será transportado de camião desde os trabalhos subterrâneos até à área de britagem, onde será descarregado diretamente na instalação através de um crivo de proteção estática a que se segue uma tolva de descarga (100-HOPP-01) ou, alternativamente, alimentado por pá carregadora frontal desde o parque minério.

O minério mais grosseiro que 200 mm será britado num britador primário de maxilas. O material proveniente da grelha e britador primário irá alimentar um silo dimensionado com capacidade de 8 horas.

A descarga do silo será feita através de um alimentador vibratório ou tela alimentadora e irá alimentar um moinho.

Como medida de contingência, uma comporta de desvio de emergência direcionará o material diretamente para o silo ou bypass do silo para um transportador de bypass alimentando um stock próximo ao silo.

Este stock terá uma capacidade de volume de produção de 2 dias. O material do stock de emergência será transportado com uma pá carregadora frontal até uma tolva de descarregar e tornando o material ao transportador de alimentação do moinho.

A figura seguinte apresenta de forma resumida o processo de britagem.

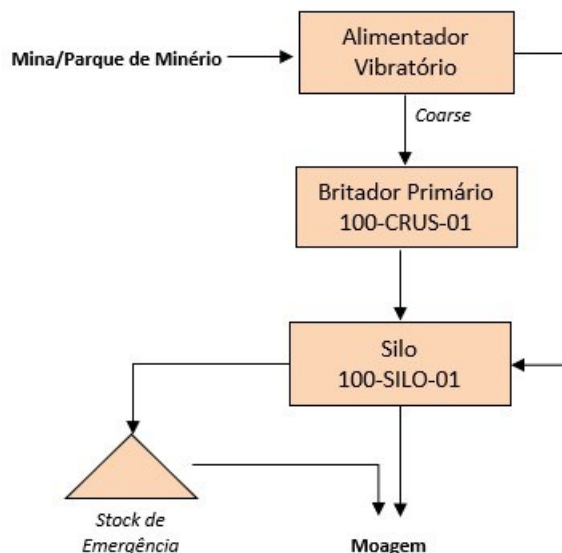


Figura 2: Diagrama do circuito de britagem

1.2.2.2 MOAGEM

O circuito de moagem receberá o material da área de britagem e produzirá um produto final moído com um D80 de 29 μm utilizando as três seguintes etapas: moinho SAG, moinho de bolas e moinho vertical em circuito fechado com duas baterias de hidrociclones, conforme se representa na figura seguinte.

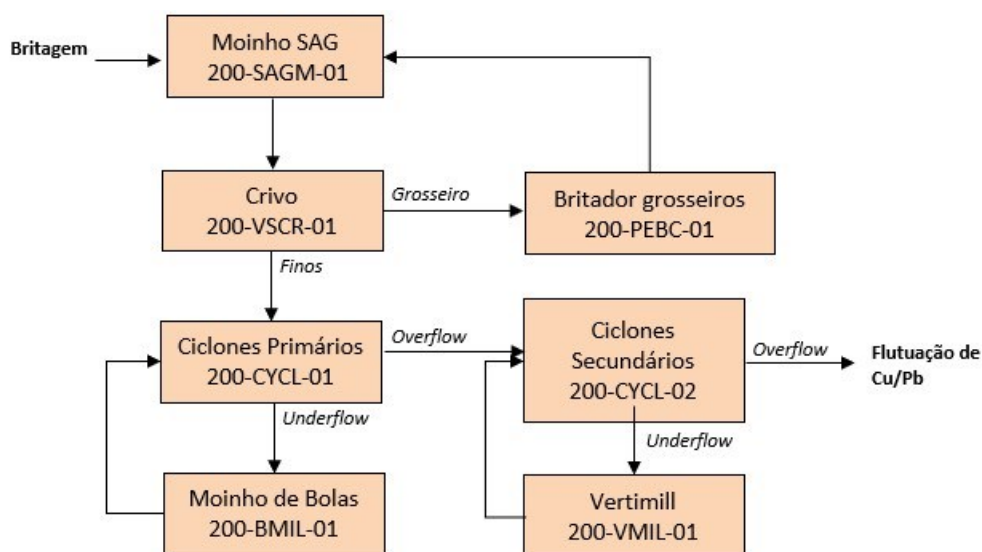


Figura 3: Diagrama do Circuito de Moagem

Toda a área de moagem será instalada sobre uma placa de betão com declive negativo para as bombas de fossa coletando qualquer derrame de polpa e devolvendo-a ao circuito.

1.2.2.3 FLUTUAÇÃO DE COBRE E CHUMBO

Haverá uma área dedicada à flutuação dos metais Cu e Pb de acordo com o domínio mineral a ser processado. O circuito de flutuação de cobre e chumbo será composto por uma etapa inicial com tanques de arejamento e condicionamento, seguido de uma linha de desbaste, um moinho de remoagem em circuito fechado com hidrociclones e quatro estágios de relavagem em seis células.

Os rejeitados mais grosseiros são encaminhados para um tanque de condicionamento adicional alimentando a célula de apuramento cujo concentrado será bombeado para uma etapa adicional de remoagem, equivalente à descrita anteriormente para o desbaste, seguida de duas etapas de relavagem em quatro células.

Este circuito permitirá a produção de concentrados de Cu e Pb a granel ou separados, dependendo do domínio mineral a ser processado. Para a produção de concentrados a granel de Cu/Pb os dois circuitos de desbaste e apuramento funcionarão em paralelo, produzindo um único concentrado Cu/Pb. No caso do processamento de Stockwork e Stringer, para produzir concentrados separados de Cu e Pb, o circuito de desbaste atuará como circuito de flutuação de Cu e o apuramento atuará como circuito de flutuação de Pb.

A figura seguinte representa de forma esquemática o processo de flutuação de cobre e chumbo.

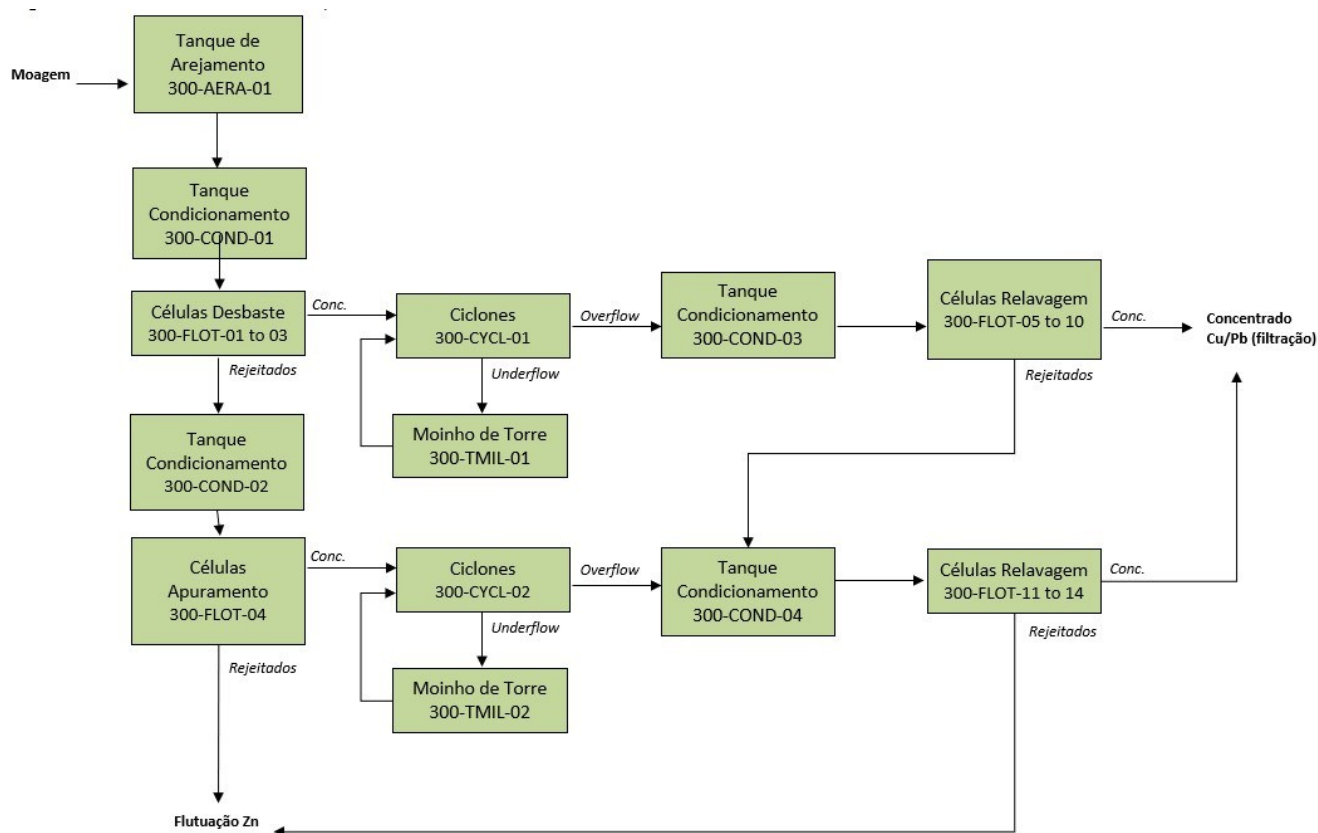


Figura 4: Diagrama para a produção de concentrados de Cu/Pb

Toda a área será instalada numa bacia de betão com declive negativo em direção às bombas de fossa coletando qualquer derrame de polpa e devolvendo-a ao circuito.

1.2.2.4 FLUTUAÇÃO DE ZINCO

O circuito de flotação de Zn será composto por uma etapa inicial com tanques de condicionamento, seguida de uma linha de desbaste com duas células, um moinho de remoagem em circuito fechado com hidrociclones e quatro estágios de relavagens em oito células. Os rejeitados do desbaste irão fluir para duas células de apuramento, cujo concentrado será bombeado para uma etapa adicional de remoagem, equivalente à descrita anteriormente para o desbaste, seguida de duas etapas de relavagem em duas células.

A figura seguinte representa de forma esquemática o processo de flutuação de zinco.

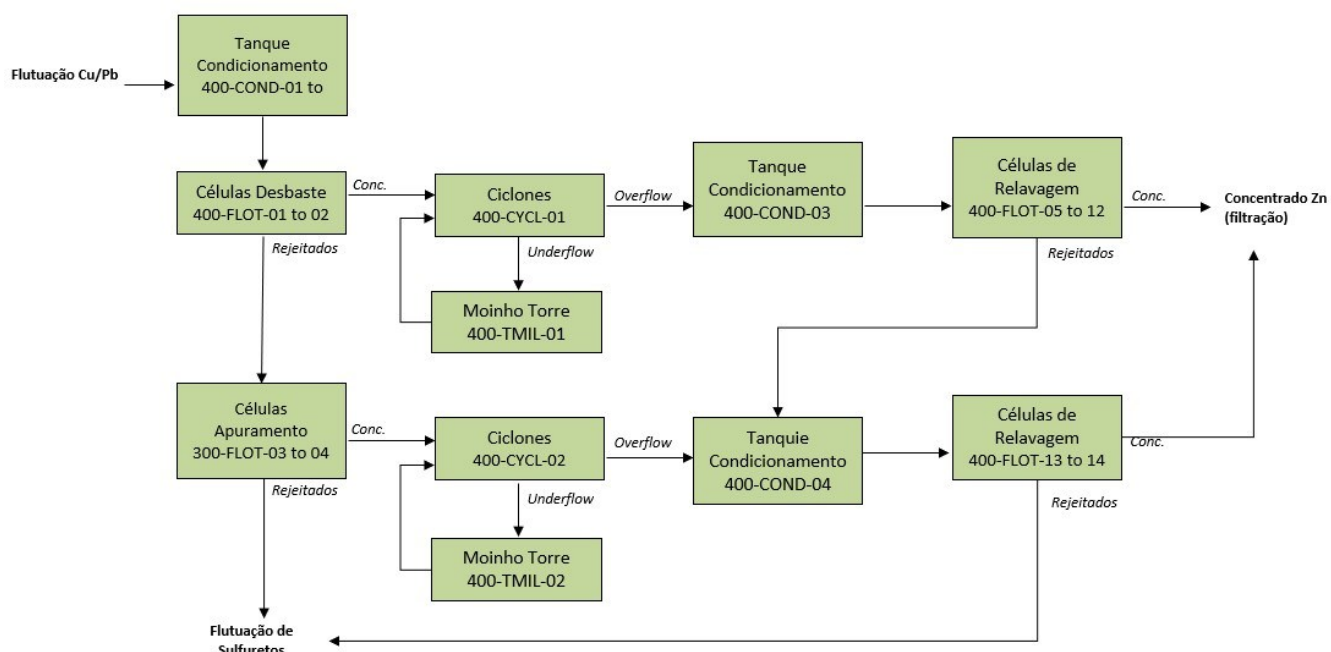


Figura 5: Diagrama de flutuação do Zn

Toda a área será instalada numa bacia de betão com declive negativo em direção às bombas de fossa coletando qualquer derrame de polpa e devolvendo-a ao circuito.

1.2.2.5 FLUTUAÇÃO DE SULFURETOS

Esta área será utilizada para a remoção de sulfuretos antes da concentração dos minerais de estanho na próxima área de processo. A separação dos sulfuretos será feita por meio de um circuito de flutuação composto por um tanque de condicionamento, uma etapa de desbaste com quatro células e três etapas de relavagem com uma célula cada, conforme se representa na figura seguinte.

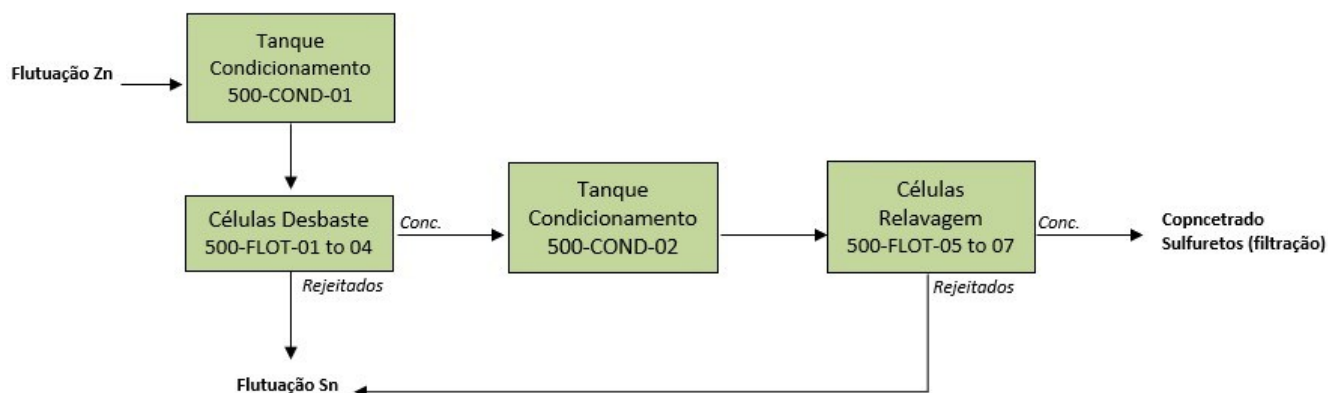


Figura 6: Diagrama de flutuação de sulfuretos

Toda a área será instalada numa bacia de betão com declive negativo em direção às bombas de fossa coletando qualquer derrame de polpa e devolvendo-a ao circuito.

1.2.2.6 FLUTUAÇÃO DE ESTANHO

A flutuação de estanho concentrará os minerais de estanho, combinando flutuação e tecnologias de concentração gravimétrica. O circuito de flutuação, com tanques de condicionadores e arejamento, flutuação de desbaste em duas células e cinco estágios de relavagem, uma célula cada, produzirá um concentrado intermediário de estanho que alimentará seção final de concentração gravimétrica. Quatro separadores multi-gravimétricos aumentarão o teor de estanho para um grau vendável, recirculando os rejeitados de volta para a cabeça do circuito de flutuação das relavagens, conforme se ilustra na figura seguinte.

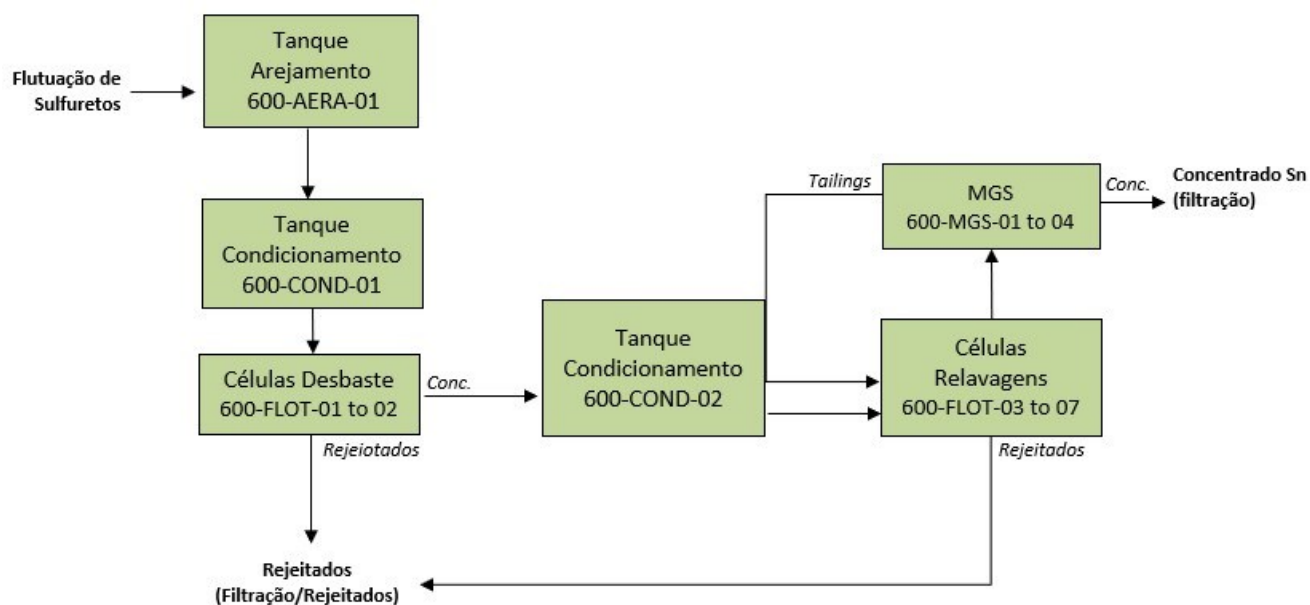


Figura 7: Diagrama de Flutuação de Sn

Toda a área será instalada numa bacia de betão com declive negativo em direção às bombas de fossa coletando qualquer derrame de polpa e devolvendo-a ao circuito.

1.2.2.7 LIXIVIAÇÃO

Esta área de processo recuperará Au e Ag presentes nos domínios Gossan e MS Transição, através de um processo convencional de lixiviação com cianeto seguido de um processo CCD (*Counter-Current Decantation*) e precipitação Merrill-Crowe. Todos os equipamentos que fazem parte desta seção serão implementados separadamente do edifício principal do processo.

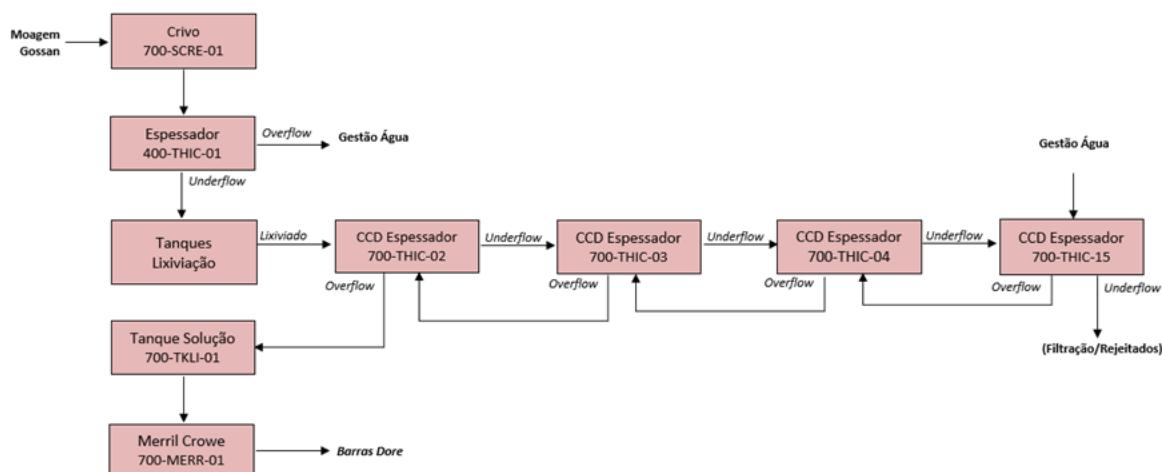


Figura 8: Diagrama de Lixiviação

O material que sair do circuito de moagem com um D80 nominal de 29 μm e aproximadamente 35% de sólidos (p/p) será bombeado para a área de lixiviação. A etapa começará com uma triagem com crivo vibratório (700-SCRE-01) para retirada de plásticos, madeiras ou outros elementos que prejudiquem o processo de lixiviação. O material do infra-crivo será descarregado por gravidade para o espessador (700-THIC-01), aumentando o teor de sólidos para 45% em peso. O *underflow* do espessador será bombeado (700-HPMP-01A/B) para os seis tanques de lixiviação (700-TKLE-01 a 06) conectados por gravidade, onde será adicionada uma solução de cianeto para lixiviar os metais de interesse.

A polpa do último tanque será descarregada por gravidade para o primeiro dos quatro espessadores CCD (700-THIC-02 a 05). O *underflow* de cada espessador será bombeado, avançando para o próximo enquanto o *overflow* será descarregado por gravidade para o anterior. O padrão de fluxo em contracorrente ajuda a maximizar a eficiência do processo de separação e garante que a maior concentração possível do mineral seja obtida do minério.

O primeiro *overflow* do espessador representará o licor rico que será acumulado num tanque de armazenamento (700-TKLI-01) alimentando a Merrill-Crowe final e a área da refinaria (700-MERR-01), onde a adição de zinco à solução permitirá a precipitação eficiente dos metais, ocorrendo um processo de fundição para a obtenção de barras de ouro.

Toda a área será implantada em numa bacia de betão com declive negativo em direção às bombas de fossa (700-SPMP-01A/B) coletando qualquer derrame de polpa e devolvendo a mesma ao circuito.

1.2.2.8 FILTRAGEM E REJEITADOS

Todos os fluxos de concentrados provenientes das áreas de flutuação de Cu, Pb, Zn e Sn alimentarão a área de filtragem de concentrados para recuperar parte da água contida, reduzindo o teor de humidade a um nível adequado para expedição por via rodoviária e/ou ferroviária. Todos os equipamentos que fazem parte deste processo serão implantados separadamente do edifício principal da unidade de beneficiação, em estrutura independente com filtros no nível superior, descarregando o filter cake no piso térreo para carregamento posterior de camiões com recurso a pá carregadora frontal. O processo decorre de acordo com o ilustrado na figura seguinte.

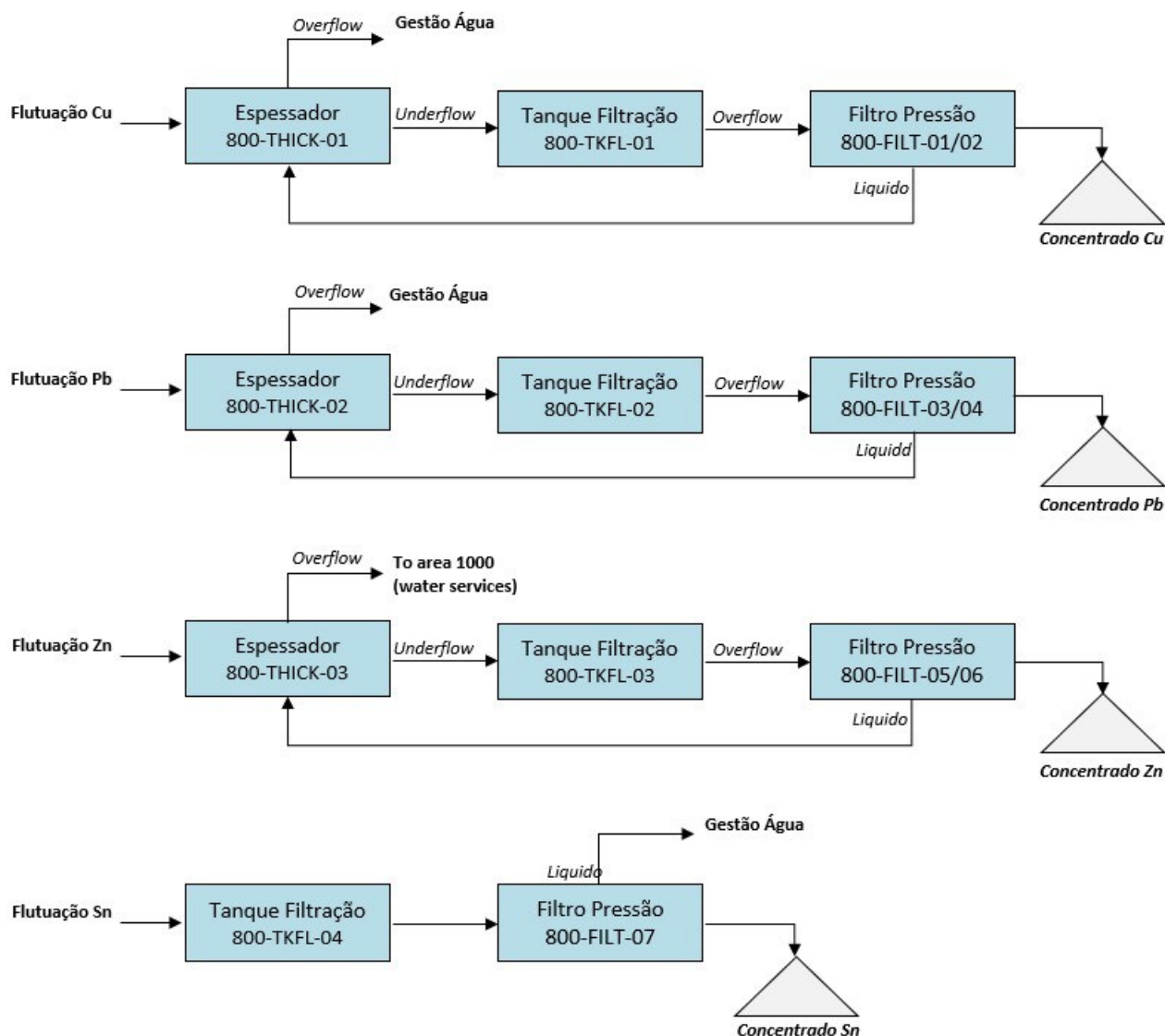


Figura 9: Diagrama da Filtração

1.2.3. REAGENTES

Os seguintes reagentes serão usados na lavaria.

- Cianeto de Sódio (NaCN):** O NaCN (cianeto de sódio) é comumente usado na lixiviação de minérios de ouro e prata. Ele é usado para dissolver e extrair os metais preciosos do minério num processo chamado lixiviação por cianeto. Este será fornecido sólido em big-bag de 1.000 kg preparado num tanque agitado (900-TKPT-03) e transferido para um tanque de dosagem (900-TKDT-11) de onde a



bomba de reagente (900-RPMP-21A/B) fornecerá o produto aos pontos de consumo. Estes tanques serão construídos em aço carbono, com revestimento de borracha no interior e bacias de retenção de 100% do volume armazenado;

- **Sulfato de zinco (ZnSO_4):** O ZnSO_4 (sulfato de zinco) é comumente usado como ativador na flutuação de minerais com sulfuretos como a esfalerite (ZnS) e galena (PbS). Este será fornecido em sólidos em big-bag de 1000 kg, preparado com recurso a um tanque agitador e transferido para um tanque doseador de onde a bomba de reagentes fornecerá o produto aos pontos de consumo. Estes tanques serão construídos em aço carbono, com revestimento de borracha no interior e bacias de retenção de 100% do volume armazenado;
- **Sulfato de cobre (CuSO_4):** O sulfato de cobre (CuSO_4) é comumente usado na flutuação de minerais com sulfuretos, particularmente minerais contendo cobre, como a calcopirite (CuFeS_2). Este será fornecido sólido em big-bag de 1000 kg, preparado com recurso a um tanque agitador e transferido para um tanque doseador de onde a bomba de reagentes fornecerá o produto aos pontos de consumo. Estes tanques serão construídos em aço carbono, com revestimento de borracha no interior e bacias de retenção de 100% do volume armazenado;
- **NASFROTH 250:** é um reagente espumante comumente utilizado em processos de flutuação mineral, particularmente na flutuação de minerais com sulfuretos como cobre, chumbo e sulfuretos de zinco. O NASFROTH 250 é uma mistura de álcoois alifáticos e glicóis, e é conhecido pelas suas boas propriedades de formação de espuma, estabilidade e seletividade. É frequentemente usado em combinação com outros reagentes espumantes para otimizar as propriedades da espuma para um determinado mineral e condições de flutuação. O produto será fornecido líquido em IBC de 1000 litros e transferido para um tanque doseador de onde as bombas de reagentes fornecerão o produto aos pontos de consumo;
- **DOWFROTH 200:** é um reagente espumante comumente utilizado em processos de flutuação mineral, particularmente na flutuação de minerais com sulfuretos como cobre, chumbo e sulfuretos de zinco. O DOWFROTH 200 é uma mistura de polipropileno glicóis e álcool, e é conhecido pelas suas boas propriedades de formação de espuma, estabilidade e seletividade. É frequentemente usado em combinação com outros reagentes espumantes para otimizar as propriedades da espuma para um determinado mineral e condições de flutuação. O produto será fornecido líquido em IBC de 1000 litros

e transferido para um tanque doseador de onde as bombas de reagentes fornecerão o produto aos pontos de consumo;

- **AERO 7249:** é um reagente coletor especializado utilizado em processos de flutuação mineral, particularmente na flutuação de minerais com sulfuretos como cobre, chumbo e sulfuretos de zinco. O AERO 7249 é um reagente coletor à base de mercaptano e é conhecido pela sua seletividade e eficácia na flutuação de cobre e outros minerais com sulfuretos. É frequentemente usado em combinação com outros reagentes coletores para otimizar a seletividade e recuperação do mineral alvo para um determinado minério e condições de flutuação. O produto será fornecido líquido em IBC de 1000 litros e transferido para um tanque doseador de onde as bombas de reagentes fornecerão o produto aos pontos de consumo;
- **AERO 845:** é um promotor ou coletor químico comumente utilizado no processo de flutuação de minerais de estanho. É um coletor de tionocarbamato, o que significa que contém átomos de enxofre e azoto na sua estrutura molecular que lhe conferem a capacidade de adsorver na superfície dos minerais. O AERO 845 é frequentemente usado em combinação com outros produtos químicos coletores, como xantatos ou ditiofosfatos, para melhorar a sua eficiência e seletividade. O produto será fornecido líquido em IBC de 1000 litros e transferido para um tanque doseador de onde as bombas de reagentes fornecerão o produto aos pontos de consumo;
- **SIBX:** é um reagente coletor comumente utilizado em processos de flutuação mineral, principalmente na flutuação de minerais com sulfuretos como cobre, chumbo e sulfuretos de zinco. O SIBX, também conhecido como isobutil xantato de sódio, é um reagente coletor à base de xantato e é conhecido pela sua seletividade e eficácia na flutuação de cobre e outros minerais com sulfuretos. É frequentemente usado em combinação com outros reagentes coletores para otimizar a seletividade e recuperação do mineral alvo para um determinado minério e condições de flutuação. O produto será fornecido sólido em Big bags de 1000 kg e transferido para um tanque doseador de onde as bombas de reagentes fornecerão o produto aos pontos de consumo;
- **CAL / Hidróxido de Cálcio (Ca(OH)_2):** A cal é frequentemente usada na flutuação de minerais com sulfuretos para ajustar o pH da polpa para a faixa ideal para a flutuação. A adição de cal na flutuação mineral de sulfuretos pode desempenhar um papel importante na otimização do pH da polpa e na melhoria da seletividade e recuperação do mineral alvo. O produto será recebido sólido em camiões

de 25 t. Um silo armazenará o produto e alimentará um tanque de preparação de onde a suspensão será bombeada para os pontos de consumo;

- **3814A:** O 3418A é um reagente coletor de alquil ditiofosfato e é conhecido pela sua eficácia na flutuação de minerais de cobre, chumbo e sulfureto de zinco. É frequentemente usado em combinação com outros reagentes coletores para otimizar a seletividade e recuperação do mineral alvo para um determinado minério e condições de flutuação. O produto será fornecido líquido em IBC de 1000 litros e transferido para um tanque doseador de onde as bombas de reagentes fornecerão o produto aos pontos de consumo;
- **SMBS:** O SMBS é um depressor comumente usado em processos de flutuação mineral. É usado para deprimir seletivamente minerais dos sulfuretos, como pirite, arsenopirite e pirrotite, e evitar que flutuem com os minerais valiosos. O SMBS reage com a superfície dos minerais do sulfureto, formando uma camada superficial que reduz a sua hidrofobicidade e os torna menos propensos a aderir às bolhas de ar e flutuar na superfície da célula de flotação. Esta depressão seletiva de minerais dos sulfuretos pode melhorar o teor e a recuperação do mineral alvo. O produto será fornecido líquido em IBC de 1000 litros e transferido para um tanque doseador de onde as bombas de reagentes fornecerão o produto aos pontos de consumo;
- **Silicato de sódio (NaSiO_3):** é um depressor comumente usado em processos de flutuação mineral. É usado para deprimir seletivamente certos minerais, como quartzo e minerais de ganga de silicatos, e evitar que flutuem com os minerais valiosos. O silicato de sódio reage com a superfície dos minerais de silicatos, formando uma camada superficial que reduz a sua hidrofobicidade e os torna menos propensos a aderir a bolhas de ar e flutuar na superfície da célula de flutuação. Esta depressão seletiva de minerais dos silicatos pode melhorar o teor e a recuperação do mineral alvo. Este será fornecido sólido em IBC de 1000 litros e transferido para um tanque doseador de onde as bombas de reagentes fornecerão o produto aos pontos de consumo;
- **Floculante:** são comumente utilizados em estações de tratamento mineral para auxiliar na sedimentação de sólidos e melhorar a eficiência dos processos de separação sólido-líquido. Floculantes são polímeros que são adicionados à polpa para auxiliar na formação de flóculos. Eles trabalham atraindo e unindo as partículas individuais, fazendo com que elas se agreguem e formem flóculos. Os flóculos sedimentam mais rapidamente do que as partículas individuais, melhorando a

eficiência do processo de sedimentação. O produto será entregue em sacos de 25 kg e preparado e doseado a partir de unidade flocculante.

1.3. Medidas de Prevenção e Mitigação

Em seguida apresentam-se as principais medidas de prevenção previstas para as instalações da Mina Lagoa Salgada. Ao longo da identificação de Perigos apresentam-se as medidas específicas de cada local.

A armazenagem de reagentes e outros produtos químicos, na forma de sólidos ou líquidos efetua-se num armazém próprio, constituído por uma estrutura metálica, semifechada com painéis metálicos e cobertura metálica. Este armazém possui muretes de cerca de 1m de altura, formando uma bacia de contenção. Os big-bags de sólidos (sobretudo de cianeto de sódio) são selados, de modo a evitar a formação de poeiras solúveis em água ou, o contacto com a humidade do ar.

Os líquidos são descarregados em IBC's com auxílio de empilhadores, no interior do armazém de reagentes, em área impermeabilizada, de modo a reter eventuais derrames na zona de descarga.

Para a prevenção de perdas de contenção nos processos de flutuação e lixiviação, os reagentes, os concentrados de flutuação, lixiviação e a polpa de rejeitados são transportados a partir de tanques de agitadores. As tubagens passam por racks de tubagem acima das bacias de contenção das áreas de processo. Nos locais de atravessamento de zonas sem contenção, as tubagens são constituídas por parede dupla de HDPE, que são compostas por um tubo interno de 6" (150 mm) DR 11 e um tubo externo de 10" (250 mm) DR 17. Em caso de perda de contenção, as substâncias perigosas são contidas na parede externa e, serão encaminhadas para uma área com bacia de contenção. As tubagens disporão de sensores de deteção de fugas, com monitorização contínua por quedas de pressão ou fugas de líquidos. Em caso de fuga, os detetores emitem um alarme na sala de controlo e, fecham automaticamente válvulas de corte, de modo a isolar a secção de tubagem afetada.

Para além dos detectores de nível dos tanques agitadores, são instalados sensores ultra-sónicos e sistemas de monitorização acústica ao longo das principais condutas e recipientes. Estes sensores podem detetar até pequenas fugas, identificando quedas de pressão ou variações de som causadas pela fuga de fluidos. Isto permite a deteção precoce de fugas antes de se tornarem incidentes de grande escala.

As áreas de contenção em torno dos tanques de lixiviação e espessadores, que são revestidas com PEAD para evitar a infiltração de químicos, estão também equipadas com sensores para monitorizar qualquer



acumulação de fluidos. Estes sistemas de contenção estão ligados à sala de controlo, alertando os operadores para qualquer violação nas camadas de contenção, assegurando que os sistemas de contenção primário e secundário permanecem intactos.

Para controlo do processo em tempo real, será implementado o sistema OSA (On Stream Analysis System). O sistema usará sensores on-line para medir as principais variáveis do processo, como as concentrações de minerais valiosos e produtos químicos de processo na polpa, à medida que ela flui pelo circuito de flutuação. Cada tanque possuirá um sensor de nível com alarme, que para automaticamente as bombas de água ou pasta, para evitar sobreenchimentos (ver desenho ANNEX IV. BASIC PID FOR THE LEACHING AND CCD AREA_00). Os dados dos sensores serão transmitidos para um sistema de computacional que usará algoritmos avançados para analisar os dados e tomar decisões de controlo de processo em tempo real. O sistema de computacional pode ajustar os principais parâmetros do processo, como a taxa de fluxo de ar e produtos químicos do processo, para otimizar o desempenho do processo de flutuação em tempo real. O sistema inclui os medidores de caudal e pressão nas linhas de transferência de produtos descritos anteriormente. Os sistemas OSA também podem fornecer aos operadores informações detalhadas sobre o desempenho do circuito de flutuação, como taxas de recuperação e teor do concentrado final, e podem alertar os operadores sobre quaisquer desvios das condições ideais de operação.

Na sala de controlo (a operar 24h por dia, 365 dias por ano), os operadores têm acesso a uma interface visual em tempo real que fornece uma representação gráfica de toda a instalação. Este sistema apresenta o estado de todo o equipamento chave, incluindo indicadores codificados por cores que mostram se os níveis de fluido estão dentro dos limites de segurança ou a aproximar-se de limites críticos. Isto permite aos operadores tomar decisões informadas rapidamente, assegurando que as medidas corretivas podem ser implementadas sem demora.

O sistema de monitorização contínua também é capaz de efetuar auto-diagnósticos regulares. Verifica a calibração dos sensores, a saúde da rede de comunicações e o desempenho do sistema.

O Aterro de Armazenagem de Rejeitados foi desenhado, tendo em conta o risco de rotura e perda de contenção de substâncias perigosas para os organismos aquáticos, caracterizando-se as medidas preventivas por:

- Dimensionamento do Aterro para exceder a capacidade máxima de rejeitados a armazenar ao longo do ciclo de vida da mina, de modo a reduzir a pressão de água na barreira do Aterro;

- Construção do Aterro em material compactado, de acordo com um método definido para aumentar a resistência da barreira;
- Sistema de impermeabilização por argila e geomembrana a envolver o solo e as paredes do Aterro, para prevenir a infiltração de água no solo e, consequentemente a deslocação de terras em caso de pressão excessiva de água;
- Sistema de recolha de água pluvial, formado por tubagem perfurada na camada acima da camada de argila, com ligação a um poço de recolha de água (135 000 m³ de capacidade).

1.4. Medidas de Contenção de Derrames

Em seguida apresentam-se as principais medidas de contenção previstas para as instalações da Mina Lagoa Salgada. Ao longo da identificação de Perigos apresentam-se as medidas específicas de cada local.

Nas áreas húmidas das instalações, tais como estações de lavagem de minério, zonas de processamento de minerais e áreas de manuseamento de lamas, as principais preocupações são a gestão da água e a prevenção de derrames de líquidos. A contenção adequada de derrames e os sistemas de gestão da água são cruciais para garantir a eficiência operacional e a conformidade ambiental, evitando a contaminação da água e garantindo o manuseamento seguro das lamas. A implementação de estratégias eficazes nestas áreas húmidas reduz os riscos associados ao transbordo de água, fugas de produtos químicos e derrames de lamas.

No apêndice 1 apresentam-se plantas relativas à distribuição das bacias de contenção (ANNEX I. CONTAINMENT BASINS DISTRIBUTION_00), o traçado das tubagens com os respetivos sistemas de prevenção e controlo (ANNEX II. PRINCIPAL PIPELINE ROUTES_00), edifício da área de armazenamento de reagentes com as bacias individuais para cada reagente químico (ANNEX III. REAGENT STORAGE AREA BUILDING_00), P&ID de base para a zona de lixiviação e CCD (ANNEX IV. BASIC PID FOR THE LEACHING AND CCD AREA_00), projeto de base da conduta de transporte de rejeitos (ANNEX V. TAILINGS TRANSPORT LINE_00), traçado da tubagem de transporte de rejeitados (ANNEX VI. TAILINGS TRANSPORT LINE ROUTE_00). Parte destas soluções já se encontra descrita no ponto 1.3.



QUADRANTE

1.4.1. *ARMAZENAGEM E ÁREAS DE PROCESSO*

No que diz respeito ao controlo de eventuais derrames importa ter em conta que as diversas etapas da lavaria ocorrem em bacias de retenção impermeabilizadas com declive negativo que permite a drenagem para bombas de fossa, que recolhem os derrames de polpa (minério e misturas de reagentes e água) para bombas de fossa, que as reencaminham novamente para o processo.

Uma das origens de substâncias perigosas para a saúde humana e o ambiente é a produção de poeiras. Assim, a recolha avançada de poeiras será instalada em locais da fábrica com elevada produção de poeiras, tais como correias transportadoras, pontos de descarga e estações de transferência. Cada pacote inclui sistemas de vácuo industrial, colectores de poeiras e unidades de filtragem de ar concebidos para capturar e remover partículas de poeiras do ar, evitando assim a sua propagação no ambiente. Ao captarem as poeiras na fonte, estes sistemas desempenham um papel crucial na manutenção da qualidade do ar e na minimização dos riscos de exposição dos trabalhadores. Os colectores de poeiras e as unidades de filtragem estrategicamente colocados captam eficazmente as partículas transportadas pelo ar, reduzindo significativamente o risco de propagação de poeiras.

Na fase de exploração a água residual gerada nas instalações sociais, produção de betão, lavagem de equipamentos e exploração mineira será encaminhada para a ETAR, e descarregada no meio natural, se se verificar o cumprimento dos requisitos legais aplicáveis.

Contudo, será dada preferência ao encaminhamento desta água tratada para o circuito de água industrial para reaproveitamento, para compensar perdas de água durante o processo. Apenas o excedente de água residual tratada, face às necessidades do processo industrial será enviado para o meio natural.

De realçar que não haverá água residual tratada encaminhada para o meio natural que resulte do processo industrial.

A armazenagem dos reagentes utilizados na lavaria ocorrerá em duas modalidades:

- Os produtos rececionados sob a forma de sólidos, normalmente em big-bags ou IBC's, são armazenados numa zona coberta dedicada, anexa ao parque de tanques dos reagentes. Este local possuirá piso impermeabilizado e muros impermeabilizados, de modo a conter um eventual derrame de substância perigosa de um contentor.
- Os produtos rececionados sob a forma de líquido e as soluções preparadas no estabelecimento são mantidas em reservatórios dedicados a cada produto. Esta zona é constituída por bacias de contenção

impermeabilizadas, com capacidade para conter um eventual derrame. Cada bacia terá uma bomba de emergência para encaminhamento de produto ao tanque de preparação ou diretamente para o processo.

Nas estações de lavagem de minério, zonas de processamento de minerais e áreas de manuseamento de lamas, as principais preocupações são a gestão da água e a prevenção de derrames de líquidos. A implementação de estratégias eficazes nestas áreas húmidas reduz os riscos associados ao transbordo de água, fugas de produtos químicos e derrames de lamas, ao mesmo tempo que promove a reutilização da água e reduz a pegada ambiental da fábrica.

De um modo geral a estratégia passa pela constituição de bacias de contenção em cada área de processo, devidamente impermeabilizadas. A tabela abaixo fornece uma visão geral da capacidade de contenção implementada com base no volume esperado de líquido e no maior tanque instalado em cada área de processo:

Tabela 2: Capacidades de armazenamento de líquidos e de bacias de contenção por área de processo (MINEPRO, 2024).

	Volume máximo armazenado (m) ³	Maior volume do reservatório (m) ³	Altura da parede da bacia de contenção de derrames (m)	Capacidade de contenção implementada (m) ³
Zona de fresagem	325	65	1	481
Zona de flutuação	1.755	100	1	1.710
Zona dos reservatórios de água	1.750	1.136	2	1.180
Edifício de preparação de reagentes	269	50	1	374
Área de lixiviação e CCD	6.650	1.250	2	2.869
Edifício de filtragem de concentrados	825	325	2	458

Cada área de processo, incluindo as que lidam com grandes volumes de líquidos, como as estações de lavagem de minério e as zonas de processamento de lamas, está equipada com sistemas de contenção de derrames que ultrapassam os limiares exigidos.



QUADRANTE

1.4.1.1 ZONA DE MOAGEM

A área de moagem é uma parte crítica da operação de processamento mineral, onde o minério é moído e misturado com água. Dada a utilização extensiva de água no processo de moagem, esta área apresenta um elevado risco de derrame de água e de lamas. Para fazer face a estes riscos, o pavimento da secção de moagem é impermeável, com sistemas de drenagem integrados concebidos para canalizar quaisquer derrames acidentais para uma zona de contenção designada. Para além disso, são colocados estrategicamente bacias à volta do equipamento de moagem para conter os derrames na fonte. São utilizadas bombas de depósito para gerir qualquer água acumulada no chão, assegurando que as operações podem continuar sem problemas e sem o risco de contaminação ambiental.

1.4.1.2 ZONA DE FLUTUAÇÃO

Na área de flutuação, os riscos de derrames de lamas e produtos químicos são elevados devido à utilização de água e reagentes químicos necessários para separar os minerais valiosos dos resíduos. Esta secção está equipada com pavimentos impermeáveis e sistemas de drenagem semelhantes para gerir potenciais derrames. São instaladas bacias à volta das células de flotação e do equipamento auxiliar para conter qualquer lama na fonte. Esta área é constituída por uma bacia de retenção com pavimento com declive negativo que permite a drenagem para bombas de fossa, que recolhem os derrames de polpa (minério e misturas de reagentes e água) para bombas de fossa, que as reencaminham novamente para o processo. Os sistemas avançados de gestão da água nesta área centram-se na reciclagem da água do processo, que é tratada e reutilizada para minimizar o consumo de água e a libertação de contaminantes. São instalados sensores de nível de líquido e alarmes de transbordo em tanques e equipamentos na área de flotação, proporcionando monitorização em tempo real e deteção precoce de qualquer potencial fuga ou transbordo.

Os grupos de medição, bombagem e dispensadores da área de lixiviação e flutuação serão instalados no interior das respetivas bacias de retenção, tal como os restantes equipamentos mencionados anteriormente.



QUADRANTE

1.4.1.3 ZONA DE RESERVATÓRIOS DE ÁGUA

A área dos tanques de água desempenha um papel fundamental no apoio às fases de processamento mineral, armazenando água limpa e água de processo. Esta zona está equipada com medidas robustas de contenção de derrames, incluindo grandes bacias de contenção concebidas para gerir quaisquer fugas ou transbordos dos tanques de armazenamento. Cada tanque está equipado com sensores de nível de líquido e alarmes de transbordo para monitorização em tempo real e resposta rápida a quaisquer potenciais derrames. O pavimento impermeável nesta área, juntamente com sistemas de drenagem dedicados, encaminha quaisquer libertações acidentais para áreas de contenção seguras. São realizadas inspeções regulares por pessoal qualificado para identificar sinais de desgaste, fugas ou derrames, garantindo um armazenamento de água seguro e eficiente em toda a fábrica. O objetivo é manter a segurança operacional e reduzir a pegada ambiental através de sistemas eficazes de gestão da água.

1.4.1.4 EDIFÍCIO DE PREPARAÇÃO DE REAGENTES

No edifício de preparação de reagentes, os produtos químicos utilizados no processamento de minerais, tais como floculantes, colectores e modificadores de pH, são misturados e preparados. O manuseamento destes reagentes envolve riscos potenciais de derrames e fugas de produtos químicos. Para mitigar estes riscos, o edifício possui pisos resistentes a produtos químicos e áreas isoladas especificamente concebidas para conter quaisquer libertações acidentais. Cada produto químico é manuseado e preparado em bacias individuais, que não só contêm potenciais derrames como também evitam o contacto entre diferentes produtos. As bacias são construídas com declives contínuos que conduzem a bombas de drenagem, permitindo a recolha eficiente e a recirculação de quaisquer líquidos derramados de volta ao processo. Os kits de derrame e os agentes neutralizantes estão estrategicamente colocados para permitir uma resposta rápida em caso de derrame de produtos químicos, evitando assim danos para o pessoal e para o ambiente.

Sistemas adequados de ventilação e extração de fumos gerem eficazmente as emissões voláteis durante a preparação de reagentes. Existem sistemas de monitorização automatizados para detetar prontamente fugas ou derrames, accionando alarmes e iniciando procedimentos de contenção. Os sensores de deteção de fugas são instalados perto de pontos críticos, como tanques de armazenamento e estações de mistura, para detetar a presença de líquido e desligar automaticamente o equipamento para evitar mais fugas.

Todas as capacidades de contenção implementadas nas áreas de processo da instalação excedem as recomendações mínimas descritas nas diretrizes das Melhores Técnicas Disponíveis (MTD). A tabela abaixo apresenta uma visão geral das capacidades das bacias para cada zona de reagentes, com base no volume esperado de líquido e no maior tanque instalado, garantindo uma contenção segura para quaisquer derrames potenciais.

Tabela 3: Capacidades das bacias de armazenagem e contenção de líquidos por reagente (MINEPRO, 2024)

	Volume máximo armazenado (m³)	Maior volume do reservatório (m³)	Altura da parede da bacia de contenção de derrames (m)	Capacidade de contenção implementada (m³)
CuSO₄	9	5	1	20
NaCN	40	20	2	40
3418	1	1	1	10
Nasfroth	1	1	1	10
NaSil	5	5	1	10
Dowfroth	2	1	1	10
7249	1	1	1	19
SMBS	50	50	2	64
SIBX	50	50	2	64
ZnSO₄	60	50	2	64
Cal	50	50	2	64
Total	269	234	-	374

1.4.1.5 ÁREA DE LIXIVIAÇÃO E CCD

A área de lixiviação e CCD é uma secção crucial onde ocorre a extração de metais valiosos do minério utilizando soluções químicas. Este processo gera grandes volumes de lama e requer uma gestão meticulosa da água e dos produtos químicos.

Os tanques de lixiviação e os espessadores CCD estão encerrados em áreas delimitadas, concebidas para conter derrames ou fugas. São utilizados revestimentos de polietileno de alta densidade (PEAD) para proporcionar uma camada adicional de contenção, evitando a infiltração de produtos químicos no solo. São instalados sensores de nível automatizados e alarmes de transbordo nos tanques para monitorizar os níveis de fluido e evitar transbordos.



Existem sistemas para recuperar e reciclar qualquer lama derramada, assegurando que não se perde material valioso e minimizando o impacto ambiental. A água do processo desta área também é tratada e reutilizada na fábrica, aumentando ainda mais a eficiência da água.

Os sistemas de sensores avançados monitorizam continuamente a integridade dos tanques e tubagens de lixiviação. Estes incluem sensores de pressão e detectores ultra-sónicos que podem identificar fugas com base em quedas de pressão ou alterações nas ondas sonoras. As inspecções regulares são realizadas utilizando verificações visuais e ferramentas de inspeção automatizadas, como câmaras e drones, que podem aceder a áreas de difícil acesso para deteção precoce de fugas.

1.4.1.6 EDIFÍCIO DE FILTRAGEM DE CONCENTRADOS

No edifício de filtragem de concentrado, o concentrado de minério é separado da lama através de filtragem, resultando num produto sólido pronto para processamento ou envio. Esta área envolve o manuseamento tanto do concentrado húmido como da água filtrada. A água filtrada é recolhida em tanques designados e tratada antes de ser reciclada de volta ao processo, reduzindo o consumo de água doce e melhorando o balanço hídrico da instalação. Qualquer potencial derrame é controlado por pisos inclinados e sistemas de drenagem que encaminham os líquidos para poços de recolha e tratamento, assegurando uma gestão eficaz dos derrames e a eficiência operacional.

Para além do equipamento de filtragem, os espessadores e os tanques que alimentam os filtros serão instalados em bacias de proteção destinadas a recolher qualquer derrame accidental. Estas bacias asseguram que qualquer transbordo ou fuga do equipamento é contido e gerido de forma segura, evitando a contaminação ambiental e danos no equipamento.

Embora se trate principalmente de uma área húmida, o edifício também se ocupa do controlo de poeiras à medida que o concentrado seca. Existem sistemas de ventilação e de supressão de poeiras para evitar a fuga de partículas transportadas pelo ar, mantendo um ambiente de trabalho limpo e seguro.



QUADRANTE

1.4.2. *ARMAZENAGEM TEMPORÁRIA DE MINÉRIOS*

Os minérios serão armazenados temporariamente em Parque próprio, constituídos por uma bacia impermeabilizada com betão e material geotêxtil, em três pilhas com 13,5m de altura com capacidade para conter no mínimo 74700 m³ de minérios.

As poeiras que possam estar em suspensão serão recolhidas e encaminhadas para a Estação de Tratamento de Efluentes.

Para evitar a formação de poeiras em suspensão, é normalmente aconselhado o uso de pulverizadores de água ou de nevoeiro para suprimir as poeiras. Para este locais a armazenagem de pilhas de minério segue as seguintes regras:

- Humedecimento regular das superfícies da pilha ou utilizar substâncias que retenham o pó.
- Aplicação de agentes de vedação como melaço e acetato de polivinilo em materiais finos.
- Alinhamento dos eixos longitudinais do amontoado paralelamente às direções predominantes do vento.
- Utilização de barreiras de proteção, vedações corta-vento ou suportes a favor do vento para reduzir a influência do vento.
- Sempre que possível, utilizar um único monte em vez de vários montes e construir muros de contenção para criar baías designadas.
- Utilização de transportadores fechados ou sistemas pneumáticos com equipamento de extração e filtragem para evitar a emissão de poeiras para o ambiente.
- Armazenamento de material não poeirento e insolúvel em superfícies impermeáveis, como o betão, com drenagem e recolha.

1.4.3. *ARMAZENAGEM DE REJEITADOS*

A mina processará vários domínios de minério e produzirá diferentes fluxos de rejeitados. Os rejeitados gerados a partir do depósito norte são potencialmente geradores de ácido (PAG), enquanto os rejeitados do depósito sul são esperados como não potencialmente geradores de ácido (não-PAG). Os rejeitados de PAG precisarão de ser mantidos num estado saturado para inibir a oxidação e evitar a geração de ácido.



A descarga de rejeitados espessados provenientes da Filtragem e não segregados ocorre por via tubagens em torno do Aterro de Resíduos.

Os critérios de projeto do aterro de resíduos seguiram as diretrizes da *Canadian Dam Association* (CDA) e cumprem com as Normas do Euro Código. Os critérios usados para o aterro são baseados na classificação de risco para as barragens de 'Muito Alto'.

O controlo de potencial infiltração de água contaminadas por escorrências da pasta será feito por um revestimento de geomembrana basal composto por poliuretano de alta densidade (HDPE) e recoberto por um revestimento de argila geossintética (GCL).

O aterro de resíduos está planeado para ser desenvolvido progressivamente em células. Dentro dessas células maiores, subcélulas menores serão construídas contendo bermas internas construídas com solo escavado ou rocha proveniente do desenvolvimento, fornecendo flexibilidade para a deposição dos rejeitados.

O aterro a céu aberto receberá a pasta de rejeitados de alta densidade, que será evaporada, restando os rejeitados em forma sólida, reduzindo-se o risco de infiltração no solo.

A água da filtragem dos rejeitados depositados e o escoamento da precipitação irão drenar passivamente para uma lagoa revestida e impermeabilizada de recuperação ("Reclaiming Pond"), de onde a água será recirculada para uso como água de reposição do processo de tratamento de minério.

A água sobrenadante tende a tornar-se cada vez mais ácida. Isso ocorre principalmente devido à oxidação dos minerais dos sulfuretos presentes no material dos rejeitados, que, ao serem expostos ao ar e à água, podem passar por reações químicas que geram ácido sulfúrico. Essa produção de ácido reduz o pH da água sobrenadante e pode levar à drenagem ácida, uma preocupação ambiental bem documentada conhecida como drenagem ácida de mina (DAM).

A recirculação da água do processo, que geralmente possui um pH mais básico devido à adição de reagentes neutralizantes durante o processamento do minério, oferece um meio eficaz para contrabalançar essa tendência natural de acidificação. Ao reintroduzir água de pH mais alto no sistema de rejeitados, essa recirculação atua como um tampão para a água sobrenadante, mantendo o pH num nível mais neutro ou ligeiramente alcalino. Essa capacidade de tamponamento é crucial, pois ajuda a estabilizar o pH no ambiente da barragem de rejeitados, retardando a taxa de geração de ácido e minimizando a solubilidade e mobilização de metais na água. Com pH mais baixo, metais como ferro, cobre e chumbo tendem a permanecer dissolvidos na água ácida, representando um perigo ambiental



significativo devido à sua potencial toxicidade. No entanto, à medida que o pH aumenta, muitos desses metais precipitam-se fora da solução como hidróxidos metálicos ou outras formas minerais, reduzindo efetivamente o teor de metais na água e mitigando a possível contaminação (ver tabela abaixo).

Para lidar com situações em que os níveis de pH possam cair repentinamente ou exigir correção adicional, será incorporado ao projeto um sistema constituído por um mecanismo de dosagem de cal posicionado entre a barragem de rejeitados e o reservatório de recuperação (*Reclaim Pond*). A cal, ou hidróxido de cálcio, é um alcalino poderoso que pode elevar o pH de maneira eficiente quando adicionado à água. O sistema é projetado para monitorizar continuamente os níveis de pH e administrar cal automaticamente quando o pH cair abaixo de um limite crítico, permitindo uma rápida neutralização da água. Ao garantir que o pH permaneça dentro de uma faixa aceitável, esse sistema oferece uma linha de defesa secundária, evitando condições ácidas que poderiam levar à solubilização de metais e mantendo a qualidade da água dentro de limites seguros tanto ambiental quanto operacionalmente.

1.4.4. CONDOTA DE TRANSPORTE DE REJEITADOS

A tubagem de transporte de rejeitos desempenha um papel crítico no transporte seguro dos resíduos da área de processamento mineral para a instalação de armazenamento de rejeitos (TSF). Esta conduta trata da transferência de rejeitos, que normalmente contêm uma mistura de partículas finas, água e produtos químicos residuais das fases de processamento do minério, tornando os sistemas robustos de contenção e monitorização essenciais para evitar a contaminação ambiental e garantir a segurança operacional.

As tubagens de transporte de rejeitados passam por um canal impermeabilizado, com revestimento a polietileno. A própria tubagem é construída com materiais resistentes à corrosão, como o polietileno de alta densidade (HDPE), especificamente escolhido para suportar a natureza abrasiva dos rejeitos e dos produtos químicos. Estes materiais reduzem significativamente o risco de desgaste e prolongam a vida operacional da conduta. São instaladas estruturas de suporte adequadas para evitar a flacidez ou danos, assegurando a integridade da conduta a longo prazo.

A tubagem está equipada com várias camadas de sistemas de proteção e monitorização. Os sistemas de deteção de fugas estão integrados ao longo de todo o comprimento a intervalos de 50m, monitorizando continuamente os diferenciais de pressão e caudal em tempo real. Estes sensores detectam irregularidades como fugas, bloqueios ou quedas de pressão. Quando é identificado um problema



potencial, são acionados alarmes e as válvulas de corte automáticas isolam imediatamente a secção afetada, minimizando o risco de mais derrames e assegurando uma rápida contenção do problema.

As medidas de contenção secundárias, como o canal impermeável e as bombas de drenagem intermédias, foram concebidas para captar quaisquer fugas ou roturas acidentais ao longo do percurso. O canal impermeável impede que os rejeitos ou os produtos químicos residuais se infiltrem no solo ou nas águas subterrâneas.

Inspeções e manutenção regulares, incluindo inspeções visuais, monitorização remota através de drones ou radar de penetração no solo e testes de pressão periódicos, garantem a integridade da conduta. Em áreas que atravessam estradas, rios ou infraestruturas críticas, as secções de tubos de parede dupla proporcionam uma contenção adicional, garantindo que quaisquer fugas no tubo interior são capturadas pela camada exterior.

1.4.5. *SISTEMAS DE PREVENÇÃO E CONTROLO DE CONDUTAS*

Os sistemas de prevenção e controlo de derrames das condutas da instalação foram concebidos para proporcionar uma proteção abrangente contra fugas e derrames à medida que os líquidos são transportados entre áreas críticas, incluindo estações de lavagem de minério, zonas de processamento de minerais e secções de manuseamento de lamas. A maioria das condutas é encaminhada diretamente para cima das bacias de contenção descritas, permitindo a captura imediata de derrames em caso de fuga, com áreas de contenção concebidas para recolher e gerir em segurança quaisquer libertações acidentais de líquidos.

Nas secções das condutas principais que atravessam áreas sem bacias de contenção, são implementadas medidas de proteção avançadas para garantir a máxima segurança. Uma solução fundamental é a utilização de condutas de parede dupla, que proporcionam uma camada adicional de proteção. Se o tubo interior falhar, a parede exterior contém a fuga, impedindo-a de chegar ao ambiente. Esta conceção reduz significativamente o risco de derrames, mesmo em áreas sem sistemas de contenção direta.

Além disso, a instalação utiliza uma rede de sensores de deteção de fugas instalados ao longo de todas as condutas. Estes sensores monitorizam continuamente quaisquer sinais de fugas, tais como quedas de pressão ou fuga de líquidos. Os sensores podem detetar precocemente até pequenas fugas, permitindo uma intervenção imediata antes que o problema se agrave. Ao detetar uma fuga, o sistema dispara um



alarme e ativa válvulas de fecho automáticas para isolar rapidamente a secção afetada da tubagem. Esta característica de contenção minimiza o volume de líquido que escapa, reduzindo o impacto potencial e permitindo uma reparação e limpeza rápidas.

Para aumentar ainda mais a segurança das condutas, os sistemas de deteção de pressão estão integrados em toda a rede para monitorizar a pressão interna das condutas em tempo real, garantindo que todas as condutas permanecem em condições de funcionamento seguras. Se for detectado um aumento ou diminuição anormal da pressão, o sistema assinala potenciais problemas como bloqueios, sobrepressão ou fugas. Nesses casos, o sistema de deteção de pressão funciona em conjunto com os sistemas de deteção de fugas e de fecho automático para evitar falhas nas condutas.

Estas salvaguardas combinadas asseguram que as condutas, quer estejam dentro de zonas de contenção ou a circular entre elas, são continuamente monitorizadas e protegidas. Através da utilização de sistemas avançados de deteção de fugas, monitorização da pressão, projectos de parede dupla e sistemas de fecho automático, a instalação minimiza o risco de derrames, aumenta a segurança operacional e assegura a conformidade ambiental.

1.4.6. *ARMAZENAGEM DE GASÓLEO*

Os derrames provenientes da área de abastecimento de Gasóleo serão recolhidos por canaletes e encaminhados para uma caixa separadora de hidrocarbonetos passando por uma caixa de retenção de areias e um separador de hidrocarbonetos. Este equipamento tem uma capacidade de tratar até 3 litros/segundo. A fase aquosa é encaminhada para a bacia de infiltração das águas pluviais passando por uma zona de recolha de amostras.

O reservatório, em si mesmo, está instalado numa bacia de retenção impermeabilizada com pendente para uma zona de recolha de eventuais derrames que serão encaminhados para a caixa separadora. A capacidade de retenção da bacia é superior a 10 m³, cumprindo com a exigência de capacidade para líquidos combustíveis de 2ª categoria nos termos do art.º 5º do Regulamento de segurança das instalações para armazenagem e tratamento industrial de petróleo bruto, seus derivados e resíduos, publicado pelo Decreto n.º 36 270, de 9 de maio de 1947.

O cais de descarga e abastecimento de gasóleo está circundado em todo o seu perímetro por caleiras de recolha tendo o piso, que é impermeabilizado, uma pendente para a zona de recolhas. Os derrames



QUADRANTE

recolhidos são enviados para caixa separadora de hidrocarbonetos sendo submetidos ao tratamento acima referido.

Não existe qualquer tubagem de ligação da instalação de descarga, armazenamento e abastecimento de gasóleo a qualquer outro utilizador no estabelecimento. Trata-se de um posto de abastecimento de gasóleo em que os utilizadores se deslocam ao local para abastecimento de combustível, não envia combustível para outro local ou reservatório.

A descarga de gasóleo é acompanhada pelo operador da empresa fornecedora e por um funcionário do estabelecimento. A ocorrência de um derrame descontrolado não é possível uma vez que o tempo de atuação sobre as válvulas de segurança será muito curto. Por outro lado, em caso de derrame a zona de descarga é equipada em todo o perímetro com drenagem ligada ao separador de hidrocarbonetos.

De forma a neutralizar e escoar as cargas eletrostáticas na descarga de combustível, existe uma ligação terra por meio de cabos de cobre.

1.4.7. *Drenagem pluvial*

O sistema de drenagem foi dimensionado de modo que fosse eficaz, que garanta a proteção da obra dos efeitos prejudiciais da água e proporcione uma circulação segura nas vias de acesso à mina bem como nas vias internas da mesma.

Um objetivo importante da drenagem das vias internas é encaminhar as águas de escoamentos, contaminadas com materiais prejudiciais das atividades mineiras, recolhidas pelas valas quer de plataforma quer de pé de talude e encaminhá-las para a bacia de retenção designada de “Runoff Pond” para posterior bombagem para a bacia de retenção maior designada de “Aging Pond”.

As águas de escoamento não sujeitas a contaminação com os materiais de exploração mineira serão drenadas naturalmente para as linhas de água e terrenos adjacentes à área da mina.

A conceção da rede de águas pluviais assegurará que não haja mistura de água contaminada e não contaminada devido a restrições ambientais.

1.4.8. GESTÃO DE ÁGUA CONTAMINADA

O projeto da Mina Lagoa Salgada integra um sistema de Gestão de Água Contaminada, que se descreve em seguida.

Água de contato (contaminada) é a água que esteve em contato com atividades de mineração, material extraído e/ou infiltração de minas subterrâneas. A água de contato será armazenada, tratada, testada e reutilizada para processamento e operações de mineração.

A água de contato superficial coletada será transferida para um reservatório de retenção (Aging Pond). O armazenamento de água subterrânea de contato e a retirada de água da mina serão geridas por meio de uma série de bombas e fossas que transferem a água para os reservatórios de retenção e decantação. Quatro reservatórios vão ser construídos à superfície para gerir a água de contato e de processo. Os detalhes dos reservatórios estão resumidos abaixo:

- Bacia de retenção – Uma bacia de retenção impermeabilizada com capacidade de aproximadamente 100 000 m³ será construída para armazenar o excesso de água proveniente da mina e da bacia de retenção de águas pluviais. Um descarregador de emergência permite o extravasamento controlado se a chuva de projeto considerada for ultrapassada;
- Bacia de decantação – Será construída uma bacia de decantação revestida com capacidade de aproximadamente 2 x 1 000 m³ para contenção, sedimentação e polimento de contato superficial e desaguamento de mina subterrânea. A bacia de decantação possui duas células separadas por uma estrada de acesso com descarregador de superfície. Um descarregador de emergência permite o extravasamento controlado se a chuva de projeto projetada for ultrapassada;
- Bacia de água limpa – Esta bacia está localizada perto da entrada da mina e terá uma capacidade de aproximadamente 1 000 m³. Esta bacia armazena água para uso nas operações de mineração dentro da mina;
- Bacia de retenção de águas pluviais – Será construída uma bacia de retenção impermeabilizada com capacidade de 10 000 m³ para reter e desviar a chuva que cai em áreas contaminadas. Terá uma estação de bombagem para transportar a água para a bacia de retenção maior. Um descarregador de emergência permite o extravasamento controlado se a chuva de projetado for ultrapassada.

A mina terá uma Estação de Tratamento de Água Residuais (ETAR) para tratar o efluente de água residual dos edifícios.

1.5. Planta geral do estabelecimento

No Apêndice 1 deste documento apresentam-se as seguintes plantas do estabelecimento:

- Planta do estabelecimento com a identificação das diferentes áreas/secções;
- Planta do estabelecimento com a localização das substâncias perigosas;
- Planta da rede de drenagem de águas residuais industriais e pluviais;

Para além das plantas do estabelecimento, encontram-se no Apêndice 1, os seguintes desenhos parciais do processo, que permitem auxiliar a descrição das medidas preventivas e de contenção de derrames:

- Desenho ANNEX I. CONTAINMENT BASINS DISTRIBUTION_00
- Desenho ANNEX II. PRINCIPAL PIPELINE ROUTES_00
- Desenho ANNEX III. REAGENT STORAGE AREA BUILDING_00
- Desenho ANNEX IV. BASIC PID FOR THE LEACHING AND CCD AREA_00
- Desenho ANNEX V. TAILINGS TRANSPORT LINE_00
- Desenho ANNEX VI. TAILINGS TRANSPORT LINE ROUTE_00

2. Identificação, seleção e análise dos possíveis cenários de acidente

O processo de Avaliação de Compatibilidade de Localização associadas ao estabelecimento PROJETO DA MINA DA LAGOA SALGADA, realiza-se através da seguinte metodologia, apresentada no *Guia de orientação para a Avaliação de Compatibilidade de Localização*, de dezembro de 2016:

1. Análise Preliminar de perigos, na qual se realiza uma análise dos acontecimentos e condições que podem ocasionar um acidente grave, identificando as medidas de prevenção existentes para dar resposta às circunstâncias identificadas. Para elaborar esta identificação utilizam-se as seguintes metodologias:

- **1.1 Fontes internas de risco:** Neste ponto realiza-se uma identificação geral dos perigos internos, que podem conduzir a acidentes graves no PROJETO DA MINA DA LAGOA SALGADA;
- **1.2 Análise da perigosidade das substâncias:** Posteriormente efetuou-se uma análise da perigosidade das substâncias presentes no PROJETO DA MINA DA LAGOA SALGADA após a conversão, com a finalidade de identificar os possíveis riscos associados à sua manipulação;

2. Identificação de cenários de acidente, a partir da materialização de eventos críticos representativos do estabelecimento e de todas as partes das instalações, onde se analisa a evolução de fugas de substâncias perigosas, em função das quantidades presentes.

Nestes eventos críticos representativos incluem-se:

- Roturas de diâmetro de 10 mm e de 100 mm e rotura total, nos reservatórios e cisternas de gasóleo
- roturas totais e de 10% do diâmetro nominal, nas tubagens/pipelines
- roturas totais e de 10% do diâmetro nominal, em mangueiras de descarga de substâncias perigosas

2. Estimativa da frequência de ocorrência dos cenários de acidente, a partir da frequência dos eventos, justificando os critérios utilizados.

4. Seleção de cenários de acidentes graves (evento crítico seguido de fenómeno perigoso) com frequência de ocorrência igual ou superior a 1×10^{-6} /ano.



Neste ponto aplica-se a técnica de **Árvores de Acontecimentos**, para poder determinar as diferentes evoluções que pode seguir um evento crítico, a partir da perda de contenção dos equipamentos (bola de fogo, jato de fogo, charco incendiado, dispersão, etc.) para decidir finalmente quais os diferentes cenários de acidentes graves a considerar.

5. Análise de consequências de acidentes. Cada um dos acidentes é analisado com o objetivo de determinar a gravidade e extensão das suas consequências, para as pessoas e os equipamentos, e realizar uma avaliação do impacto no meio ambiente. Os cenários são descritos quanto ao equipamento onde ocorre a perda de contenção, a quantidade libertada, os acontecimentos críticos passíveis de ocorrer com base na análise e seleção dos acidentes, as condições meteorológicas, etc. Para esta fase é utilizado o programa PHAST de conhecido prestígio internacional, para a simulação de resultados.

2.1. Identificação de Perigos

2.1.1. FONTES DE PERIGO INTERNAS

Neste capítulo realizar-se-á uma identificação dos perigos relacionados com os equipamentos que se encontram nas instalações da PROJETO DA MINA DA LAGOA SALGADA. Estas causas genéricas foram obtidas a partir de fontes internacionais e bases de dados de acidentes¹.

Assim, descrevem-se as diferentes causas que podem conduzir a acidentes. A análise efetuada é baseada, fundamentalmente, em perigos genéricos que podem ocorrer em infraestruturas, equipamentos e substâncias que se encontram nas instalações.

As fontes de perigo internas podem ter origem em falhas mecânicas ou falhas humanas. Foi efetuada a análise das fontes de perigo internas associadas às alterações objeto do presente estudo com origem nas falhas mecânicas aos seguintes equipamentos e zonas:

- Zonas de descarga de químicos (sólidos) e gasóleo;
- Armazenagem de químicos (sólidos) e gasóleo;

¹ Lees, Loss Prevention in the process industries

J.M. Storch de Gracia. Manual de seguridad industrial en plantas químicas y petroleras



QUADRANTE

- Preparação de soluções a partir de químicos sólidos;
- Armazenagem de Minérios;
- Linhas de Transporte e Equipamentos no Processo de Flutuação e Lixiviação;
- Armazenagem de Concentrados;
- Transporte e Armazenagem de Rejeitados;
- Abastecimento de veículos com gásóleo;
- Equipamentos de impulsão: bombas.

2.1.1.1 ZONAS DE DESCARGA

O processo de cargas/descargas consta essencialmente de atividades de movimentação mecânica de paletes de tambores, de IBC ou de big-bags.

As principais causas que podem dar origem a fugas de produtos são as seguintes:

- Queda de paleta do equipamento mecânico de movimentação de cargas
- Queda de IBC durante o processo de movimentação por meio mecânico
- Impacto de meio mecânico de movimentação de cargas com paleta de tambores ou com IBC.

Como medidas preventiva refira-se:

- A manutenção regular aos equipamentos de movimentação mecânica de cargas
- A formação dos operadores dos equipamentos mecânicos de movimentação de cargas
- A limitação da altura de armazenagem em função do tipo de embalagem/contentor
- No transporte da substância perigosa cianeto de sódio (NaCN) os big-bags são transportados acondicionados dentro de caixas de madeira, de modo a prevenir que ocorra uma perda de contenção do invólucro por ação externa (p.e. queda ou impacto contra superfície/elemento perfurante)



QUADRANTE

No caso da descarga de gásóleo as principais causas que podem originar perda de contenção são:

- Acidente com a cisterna de transporte
- Erro na manobra de descarga
- Falha de componente ou acessório (p.e. mangueira ou válvula) Como medidas mitigadoras refira-se:
 - O recurso a operadores autorizados a efetuar os transportes dos produtos transportados;
 - A utilização de veículos cisterna adequados aos produtos transportados operados por condutores devidamente habilitados a operar os veículos com os produtos transportados;
 - A existência de vias de circulação amplas, com curvas amplas e afastadas de obstáculos e equipamento fixo;
 - A minimização da existência de cruzamentos, sendo, sempre que possível optado por circulação em sentido único;
 - A sinalização rodoviária existente no interior da área da concessão;
- A formação e o treino dos operadores envolvidos e dos condutores dos veículos cisterna nas manobras associadas a cada operação;
- As operações serem efetuadas pelo condutor do veículo cisterna e acompanhada por operador do estabelecimento;
- A utilização de mangueiras adequadas aos produtos a transferir;
- A inspeção regular ao estado das mangueiras de acordo com a indicação do respetivo fabricante e a sua substituição no termo do prazo de validade;
- A manutenção regular aos equipamentos e acessórios envolvidos na operação (p.e. bombas e válvulas).

No caso específico do gásóleo, para além do anteriormente referido acresce:

- A existência de um sistema de recolha de eventuais derrames com encaminhamento para local seguro



QUADRANTE

2.1.1.2 ARMAZENAGEM DE QUÍMICOS SÓLIDOS

Na armazenagem de químicos sólidos (Armazém de Reagentes) os principais eventos que podem originar um acidente são:

- Queda de IBC, tambor ou big-bag durante o transporte
- Impacto de IBC, tambor ou big-bag contra superfície rígida ou perfurante

Nestes casos poderá ocorrer a perda de contenção de parte do conteúdo do big-bag com os produtos químicos sólidos, com contenção no pavimento ou a libertação de nuvens de poeiras, de produtos perigosas para a saúde humana ou para o ambiente.

Como medidas preventivas e mitigadoras refira-se:

- A organização dos espaços de armazenagem com a definição dos locais em que cada produto deverá ser armazenado;
- A definição das quantidades máximas de cada produto suscetíveis de serem armazenados;
- A manutenção regular aos equipamentos de movimentação mecânica de cargas;
- A formação dos operadores dos equipamentos mecânicos de movimentação de cargas;
- A limitação da altura de armazenagem em função do tipo de embalagem/contentor;
- A manutenção dos big-bags de cianeto de sódio (NaCN) no interior das caixas de madeira utilizadas no transporte até à sua utilização;
- Em caso de perda de contenção de produtos químicos sólidos (à exceção do cianeto de sódio), poder-se-á utilizar água pulverizada para evitar a formação de poeiras perigosas para a saúde humana. No caso de cianeto de sódio, uma solução de melaço ou acetato de polivinilo (PVA) pode ser usadas como alternativas.

Existe ainda a possibilidade de formação de uma atmosfera explosiva, no caso de rotura de big-bag com pó de zinco, uma vez que este produto tem capacidade para formar misturas explosivas com o ar. No entanto, esta nuvem ocorrerá num período muito curto, uma que o produto derramado assentará no chão formando uma camada. Uma vez que se trata de uma área de armazenagem com pé direito alto e,



QUADRANTE

não haverão equipamentos fixos, para além de um equipamento de movimentação mecânica de cargas e a iluminação, não se espera que ocorra uma explosão de poeiras no armazém de Reagentes.

Também se verifica que o pó de zinco poderá entrar em autocombustão, provocando um incêndio no interior do armazém de Reagentes.

Como medida preventiva refira-se:

- Armazenagem em quantidade limitada de zinco (5 big bags máximo) e em zona separada dos restantes reagentes;
- Zona arejada de modo a reduzir a temperatura no interior do armazém.

2.1.1.3 PREPARAÇÃO DE SOLUÇÕES A PARTIR DE QUÍMICOS SÓLIDOS

Na preparação de soluções a partir de químicos sólidos os principais eventos que podem originar um acidente são:

- Queda de IBC, tambor ou big-bag durante o transporte;
- Impacto de IBC, tambor ou big-bag contra superfície rígida ou perfurante;
- Erro humano que provoque um derrame de parte da solução.

Tal como no processo de armazenagem, durante a carga dos reservatórios de agitação com Reagentes, poderá ocorrer a perda de contenção de parte do conteúdo do big-bag com os produtos químicos sólidos, com contenção no pavimento ou a libertação de nuvens de poeiras, de produtos perigosos para a saúde humana ou para o ambiente.

Como medidas mitigadoras refira-se:

- O facto de os produtos se encontrarem no estado sólido. Em caso de perda de contenção pode ocorrer dano para os operadores presentes, mas sem impacto para além do perímetro do estabelecimento, isto é, trata-se de uma situação do domínio da saúde e segurança ocupacional, mas não da prevenção de acidentes graves;
- A manutenção regular aos equipamentos de movimentação mecânica de cargas;



QUADRANTE

- A formação dos operadores dos equipamentos mecânicos de movimentação de cargas;
- A formação e o treino dos operadores do estabelecimento;
- A existência de regras e procedimentos para a preparação de soluções de químicos;
- A utilização de equipamentos e materiais adequados aos produtos base e à solução a preparar;
- A existência de uma bacia de contenção por tipo de reagente impermeabilizada, com capacidade para conter o volume do maior tanque e, com uma bomba de emergência, de modo a encaminhar o produto para o processo ou para um outro tanque.

2.1.1.4 ARMAZENAGEM DE MINÉRIOS

O minério que é recolhido nos jazigos da mina e colocado nos pontos de stockagem da mina, são transportados e depositados via pás carregadoras para o parque de minérios.

Durante a sua descarga é possível que se formem nuvens de poeiras perigosas para os organismos aquáticos e para a saúde humana no caso dos minérios TMS e GOS, devido à fricção entre partículas sólidas. No entanto, estas poeiras tendencialmente iram assentar, uma vez que se tratam de partículas mais pesadas que o ar. As poeiras que possam estar em suspensão serão recolhidas.

Para prevenir a formação de poeiras durante o seu armazenamento, as pilhas de minério são humedecidas com água ou outro agente selante alternativo no caso de materiais finos. As pilhas são limitadas a muros de contenção e regularmente inspecionadas.

2.1.1.5 LINHAS DE TRANSPORTE E EQUIPAMENTOS NO PROCESSO DE FLUTUAÇÃO E LIXIVIAÇÃO

A perda de contenção no transporte por tubagens entre os equipamentos de processo de Flutuação e Lixiviação pode surgir como consequência dos seguintes efeitos:

- Corrosão interna, relacionada com as características químicas das substâncias transportadas, características do material da tubagem;
- Corrosão externa, relacionada com as condições atmosféricas do local;
- Falhas por fadiga ou por defeito do material;



QUADRANTE

- Rotura ou deformação devido a tensões térmicas;
- Roturas por sobrepressões provocadas por fecho rápido de válvulas;
- Rotura de juntas que se encontram nas uniões entre as tubagens e equipamentos;
- Mau aperto de flanges;
- Falhas operacionais, manutenção, etc.

Como medidas mitigadoras refira-se:

- A seleção de materiais adequados aos produtos a transportar;
- A existência de linhas de tubagem duplas em HDPE nos troços que passam em áreas não impermeabilizadas;
- A não coexistência no mesmo plano das linhas de transporte com as vias de circulação de veículos e equipamentos ou, quando não for possível, a existência de proteção física;
- A inspeção por entidades acreditadas e testes periódicos aos equipamentos utilizados no processo de movimentação de produtos incluindo juntas, mangueiras, braços e vedantes;
- A formação e treino dos operadores que executam as operações de transferência que incluem a sensibilização para os riscos envolvidos bem como os procedimentos de atuação em caso de falha;
- Os reservatórios de destino (tanques de armazenagem, flutuadores ou outros destinos) encontram-se instalados em bacias de retenção impermeabilizadas;
- O acesso ao estabelecimento faz-se através de portaria ocupada em permanência.

Os equipamentos de processo são constituídos por crivos, ciclones e tanques de condicionamento e células de relavagem. Estes equipamentos atmosféricos apresentam perigo para os organismos aquáticos em caso de perda de contenção ou sobre enchimento dos mesmos.

As falhas nos equipamentos atmosféricos que podem desencadear acidentes graves, podem ser provocadas pelas seguintes causas:

- Rotura por impacto de um equipamento móvel com suficiente energia



QUADRANTE

- Sabotagens
- Corrosão
- Falha de materiais e soldaduras
- Transbordamento: Risco de transbordamento por sobre enchimento de produto

As áreas de processo estão corretamente sinalizadas, protegidas da circulação de veículos, nomeadamente por bacias com muros, prevenindo-se assim a colisão de veículos.

Os equipamentos de processo são todos atmosféricos, e inseridos em bacias de retenção impermeabilizadas com pendente para o interior, na direção de uma fossa de recolha e reaproveitamento de produto ao processo, através de bombagem.

2.1.1.6 ARMAZENAGEM E CARGA DE CONCENTRADOS

Após o processo de filtragem dos produtos obtidos na flutuação, os concentrados produzidos são descarregados numa área aberta, para serem carregados posterior de camiões com recurso a pá carregadora frontal, para expedição. Esta área, tal como as restantes áreas processuais, possuem uma pendente para o interior, na direção de uma fossa de recolha e reaproveitamento de produto ao processo, através de bombagem.

Durante a sua descarga do topo do filtro é possível que se formem nuvens de poeiras perigosas os organismos aquáticos. No entanto, dado o grau de humidade dos concentrados (cerca de 8%) e o facto destas poeiras tendencialmente iram assentar, uma vez que se tratam de partículas mais pesadas que o ar, não haverá possibilidade de formação de um derrame fora da área impermeabilizada.

O processo de carga dos camiões pesados também poderá gerar a formação de poeiras, mas tal como nos outros processo, a nuvem de poeira terá tendência em assentar, podendo ser recolhida e encaminhada para o processo. A zona de carga será coberta e possuirá barreiras de proteção, que limitam a dispersão de poeiras.



QUADRANTE

2.1.1.7 ARMAZENAGEM DE REJEITADOS

Os rejeitados do processo são encaminhados por tubagem construída com materiais resistentes à corrosão em torno do Aterro a oeste da área de superfície da mina.

No que se refere à eventual rotura de linhas de rejeitado, os riscos são semelhantes às linhas de transporte dos processos produtivos.

A tubagem de transporte de rejeitados está equipada com várias camadas de sistemas de proteção e monitorização. Os sistemas de deteção de fugas estão integrados ao longo de todo o comprimento a intervalos de 50m, monitorizando continuamente os diferenciais de pressão e caudal em tempo real. Estes sensores detectam irregularidades como fugas, bloqueios ou quedas de pressão. Em caso de derrame, esta tubagem possui uma contenção secundária formada por um canal impermeável para captar eventuais derrames. Nalguns pontos do canal existe uma bomba de drenagem que envia os rejeitados para o processo.

Por outro lado, a área de aterro é constituída por uma área pouco inclinada, com pendente para norte, formada por uma bacia de contenção, com diferença de cotas de cerca de 20m. Toda a área será protegida por uma geomembrana, para prevenir escorrências e potenciais infiltrações no solo.

No caso de rotura da parede do aterro devido a falha nas fundações ou pressões elevadas de água do aterro (águas pluviais), poderá ocorrer uma escorrência de águas e rejeitados, formando lamas com concentrações elevadas de rejeitados, com possibilidade de danos em organismos aquáticos por águas ácidas e lixiviação de metais.

2.1.1.8 ABASTECIMENTO DE VEÍCULOS COM GASÓLEO

Na operação de abastecimentos de veículos com gasóleo os principais eventos que podem originar um acidente são:

- Erro na manobra
- Falha de componente ou acessório (p.e. mangueira ou válvula)

Como medidas mitigadoras refira-se:

- A formação e o treino dos operadores envolvidos nas manobras associadas a cada operação



QUADRANTE

- A simplicidade da operação de abastecimento (similar ao comum abastecimento de um veículo particular)
- A utilização de mangueiras de material compatível com o gasóleo
- A inspeção regular ao estado das mangueiras de acordo com a indicação do respetivo fabricante e a sua substituição no termo do prazo de validade
- A manutenção regular aos equipamentos e acessórios envolvidos na operação (p.e. bombas, válvulas e dispensadores)
- A existência de um sistema de recolha de eventuais derrames com encaminhamento para local seguro

2.1.1.9 EQUIPAMENTOS DE IMPULSÃO: BOMBAS

Os equipamentos de impulsão representam fontes potenciais de fugas e de variações de pressão ou de fluxo, como tal são considerados elementos críticos. Os riscos que apresentam estes equipamentos podem ser provocados por:

- Rotura de mangueira
- Falhas/ruturas no veio das bombas
- Falhas/ruturas do corpo das bombas
- Perda de contenção nos empanques mecânicos
- Falhas na operação: cavitação; válvula de compressão fechada (sobreaquecimento/falta de caudal)

Como medidas mitigadoras refira-se:

- Inspeção regular ao estado das mangueiras e cumprimento do seu prazo de validade
- Utilização do tipo de equipamentos adequados aos produtos com que trabalham
- A formação e treino dos operadores que executam as operações de transferência que incluem a sensibilização para os riscos envolvidos bem como os procedimentos de atuação em caso de falha



QUADRANTE

2.1.1.10 SERVIÇOS E UTILIDADES: REDE ELÉTRICA

A rede elétrica poderá estar na origem de fontes de ignição ou de falhas de operacionalidade de equipamentos e sistemas relevantes sob o ponto de vista da segurança.

Os principais riscos da rede elétrica são:

- Pode ser origem de incêndio;
- Falha no sistema de fornecimento elétrico produzirá o não funcionamento de equipamentos necessários para o funcionamento normal das instalações, como alarmes, etc.

Para a alimentação dos diversos consumidores existem quadros elétricos de baixa tensão parciais em todos os setores e áreas adjacentes das instalações do estabelecimento.

Todos os quadros elétricos de força motriz de média ou de baixa tensão são metálicos.

A alimentação normal de energia elétrica dos edifícios e equipamentos de processo encontra-se assegurada através de rede de média tensão da entidade distribuidora a centros de consumo que serão equipados com um posto de transformação.

Como medidas mitigadoras refira-se:

- Dimensionamento e instalação dos componentes da rede por técnicos e entidades credenciadas;
- Inspeções regulares à rede elétrica e seus componentes com recurso a termografia;
- Política de exploração da rede elétrica que proíbe a sobre-exploração de circuitos.

2.1.1.11 PONTOS PERIGOSOS E PONTOS NEVRÁLGICOS

Consideram-se pontos perigosos, todos os espaços ou atividades desenvolvidas nesses mesmos espaços suscetíveis de causarem algum dano, quer às pessoas, ao ambiente e que em caso de dano prejudiquem o normal funcionamento do estabelecimento.

Estes são locais de risco acrescido, seja pela concentração de substâncias perigosas. Os locais considerados como perigosos pela alteração objeto do presente estudo são:

- Armazém de Reagentes;



QUADRANTE

- Bacia de armazenagem de gasóleo;
- Área do Armazém de Reagente com preparação de soluções a partir de químicos sólidos, incluindo reservatórios e tubagens;
- Parque de Armazenagem de Minérios;
- Linhas de Transporte e Equipamentos no Processo de Flutuação e Lixiviação;
- Armazém de Concentrados;
- Aterro de Armazenagem de Rejeitados;
- Zona de descarga de cisterna e abastecimento de veículos com gasóleo

Existem também locais ou instalações que devido à sua importância é necessário em caso de acidente, mantê-los operacionais, designando-se assim estes locais por pontos nevrálgicos.

No estabelecimento em questão os pontos nevrálgicos, sob o ponto de vista da segurança de pessoas e bens, da proteção ambiental e/ou da continuidade das operações são:

- Sala de quadros
- Sala de controlo da produção

Estes locais são os primeiros a preservar em caso de acidente, ou a recuperar em primeiro lugar se forem atingidos.

2.1.2. ANÁLISE DA PERIGOSIDADE DAS SUBSTÂNCIAS

Entre as substâncias e misturas do ponto de vista da regulamentação conhecida como Diretiva Seveso III (Dec. Lei nº 150/2015, no Anexo I) presentes na Mina Lagoa Salgada, estas classificam-se como perigosas nas seguintes categorias de perigo:

- Tóxicas;
- Perigosas para o Ambiente.



QUADRANTE

- Líquidos Inflamáveis;

Verifica-se que das #34 substâncias Seveso prevista estarem presentes no estabelecimento (total de 11.594.379,2 ton), #23 estão no estado sólido (1.252.438,5 ton), e apenas #11 no estado líquido (10.341.940,6 ton), sendo que destas, cinco são rejeitados em pasta, cujo teor de humidade se irá reduzindo ao longo do tempo por evaporação da água. O facto de uma parte significativa das substâncias serem sólidas, diminui a sua dispersão em caso de acidente.

Das substâncias sólidas presentes, também se verifica que a grande maioria é apenas perigosa para o ambiente, existindo 5 com perigosidade para a saúde humana (efeitos de toxicidade).

Seguidamente analisa-se a perigosidade das substâncias presentes da MINA LAGOA SALGADA tendo em conta as suas propriedades físico-químicas, a sua classificação de acordo com o Decreto-Lei nº150/2015 assim como as Fichas de Dados de Segurança.

2.1.2.1 TOXICIDADE

Substâncias tóxicas são aquelas que por inalação, ingestão ou penetração cutânea podem provocar efeitos agudos sobre as pessoas e/ou animais e inclusive a morte. Para definir a toxicidade das substâncias e misturas determinam-se diferentes Limites de Concentração característicos (AEGL, ERPG, PAC, TEEL, IDHL, CL50, DL50, etc.). A classificação de substâncias em muito tóxicas, tóxicas ou nocivas efetua-se através do Anexo I do Decreto-Lei n.º 150/2015, de 5 de Agosto, com as frases de perigo H300, H310, H330, H331, H301 e H370.

Os fatores mais importantes na identificação de uma substância tóxica passível de gerar acidentes graves são os seguintes:

- Valores de toxicidade por inalação (uma substância raramente poderá produzir um acidente grave por ingestão ou por absorção cutânea a menos que se atinja uma corrente de água e a mesma seja ingerida ou exista exposição dérmica das pessoas);
- A sua volatilidade (pressão de vapor).

Quanto mais baixo seja o seu valor de toxicidade e mais alta seja a sua pressão de vapor, mais perigosa será a substância, sendo os gases aqueles que poderão formar mais facilmente nuvens tóxicas. Assim, o



QUADRANTE

efeito negativo causado será diretamente proporcional à toxicidade das substâncias, à facilidade da substância em dispersar-se e à quantidade libertada.

Na MINA LAGOA SALGADA estão previstas armazenar como substância tóxicas:

- Cianeto de Sódio (estado sólido)
- Solução de Cianeto de Sódio (mistura 5%) (estado líquido)
- Minérios – TMS (estado sólido)
- Minérios – GOS (estado sólido)
- Minérios – GOS (estado sólido)
- Concentrado Pb - Transition MS (estado sólido)
- Concentrado Zn - Transition MS (estado sólido)

No caso do cianeto de sódio, o contacto desta substância com água ou a humidade do ar ou a solução de cianeto de sódio, pode gerar ácido cianídrico e hidróxido de sódio. O Ácido Cianídrico é um gás passível de formar uma nuvem tóxica, pelo que será considerado este o produto de uma perda de contenção de cianeto de sódio, com formação de uma nuvem tóxica.

2.1.2.2 SUBSTÂNCIAS E PREPARAÇÕES PERIGOSAS PARA O AMBIENTE

Para determinar se uma substância é perigosa para o ambiente existem diferentes parâmetros. A classificação destas substâncias realiza-se através do Anexo I do Decreto-Lei n.º 150/2015. Assim, as substâncias pertencentes a este grupo são as que têm as indicações de perigo H400 / H410 / H411.

As vias de contaminação podem ser várias:

- Substâncias que em caso de derrame sobre zonas vulneráveis (cursos de água), podem contaminá-las, com a morte de seres vivos aquáticos;
- Contaminação do solo;
- Contaminação do ar;

Para as infiltrações pode produzir-se a contaminação de águas de lençóis freáticos e subterrâneas.



QUADRANTE

Das substâncias perigosas para o ambiente presentes a maior tem perigosidade ambiental (E1), ou seja, frase de perigo H400 / H410 e 11 têm perigosidade ambiental (E2), ou seja, H411, tal como descrito na tabela 1.

Refere-se ainda que a maioria dos concentrados, rejeitados e minérios possui a mesma perigosidade e se encontram na mesma área de armazenagem, pelo que se considera como substância de referência para os eventos críticos que podem gerar acidente grave, aqueles com perigosidade H400/411 e o de maior quantidade presente.

Das 33 substâncias perigosas para os organismos aquáticos verifica-se que apenas as seguintes se encontram no estado líquido:

- Gasóleo
- Solução de sulfato de zinco, concentração 10%
- Solução Sulfato de cobre, concentração 25%
- Solução de Cianeto de sódio, concentração 5%
- Rejeitados PMS
- Rejeitados STR
- Rejeitados TMS
- Rejeitados STW
- Rejeitados Gosan

No interior das áreas de processo existem algumas misturas de substâncias perigosas em estado sólido (concentrados), onde são misturadas com água. No entanto, o perigo de contaminação ambiental é reduzido pela impermeabilização das áreas processuais e a existência de fossos com bombas de recuperação que encaminham os produtos para o processo. Assim, estas misturas de substâncias sólidas perigosas não serão consideradas como origem de acidentes graves.

Os sólidos perigosos para o ambiente em maior quantidade são os Minérios (STW, PMS, TMS, Gosan, STR), presentes no parque de minérios. O minério PMS é aquele que é mais perigosos e está presente em maior quantidade (335 000 ton). Os minérios são armazenados a céu aberto, em Parque devidamente impermeabilizado com membrana geotêxtil, não se prevendo danos ambientais sobre o meio hídrico.

2.1.2.3 INFLAMABILIDADE

As substâncias inflamáveis são as que em condições ambientais (em mistura com comburentes como pode ser o ar) são suscetíveis de sofrer combustão na presença de uma fonte de ignição.

A ignição só poderá ocorrer quando a mistura comburente-combustível se encontre num intervalo de concentração determinado. O intervalo de concentração é delimitado pelo Limite Inferior de Inflamabilidade (LII) e pelo Limite Superior de Inflamabilidade (LSI). Sob determinadas condições (quantidade, velocidade de combustão, grau de confinamento), a mistura pode chegar a explodir.

O parâmetro característico que define a inflamabilidade das substâncias ou preparações é o ponto de inflamação. Quanto mais baixo for, mais fácil poderá inflamar-se, sendo, mais perigosa a substância.

O ponto de inflamação está diretamente relacionado com a geração de vapores (pressão de vapor) por parte das substâncias envolvidas. Desta forma, os líquidos inflamáveis com alta pressão de vapor geram maior quantidade de vapores podendo alcançar zonas mais afastadas.

O efeito negativo causado (incêndios e/ou explosões) será diretamente proporcional à inflamabilidade da substância ou preparação, facilidade de dispersão e quantidade da fuga.

Substâncias ou preparações com pontos de inflamação superiores às temperaturas ambientes (máximo 45°C) não pressupõem, à priori, perigo de inflamação a não ser que sejam aquecidas até temperaturas superiores ao respetivo ponto de inflamação (condições de processo ou aquecimentos não esperados devido a, por exemplo, fogos externos).

Por outro lado, a probabilidade de explosão das substâncias ou preparações depende do grau de confinamento em que se encontre a nuvem no momento de ignição, aumentando com o confinamento e além disso depende da quantidade mássica da nuvem.

À priori, os acidentes expetáveis pela presença das substâncias inflamáveis são os seguintes:

- Incêndios de charco (confinados ou não, dependendo da existência de bacia);
- Jato incendiado (dependendo da pressão de saída do produto libertado).
- Explosões (dependendo da quantidade e confinamento da nuvem);



QUADRANTE

Na MINA LAGOA SALGADA está previsto armazenar o Gasóleo e o Aero 845 como substâncias inflamáveis. O Aero 845 contém apenas 5% de Etanol (substância inflamável da mistura), pelo que o gasóleo apresenta uma maior perigosidade.

No Apêndice 2 encontram-se a fichas de segurança dos produtos mencionados nesta análise de riscos.

2.2. Identificação de Cenários de Acidente

Uma vez identificadas as atividades, os equipamentos implicados, bem como as causas que podem conduzir a perdas de contenção de produto selecionaram-se os acontecimentos iniciadores de acidentes mais significativos.

Da análise preliminar de perigos podemos concluir que as infraestruturas e atividades de processo (Britagem, Moagem, Flutuações, Lixiviação e Filtração) do PROJETO DA MINA DA LAGOA SALGADA, se encontram afastadas das áreas de armazenagem e manuseamento de substâncias perigosas e possuem sistemas de controlo de processo em tempo real como os sensores de nível, sensores de líquido no interior das áreas processuais e, medidas de proteção ambiental, tais como as bacias de retenção impermeabilizadas com um fosso onde se encontra instalada uma bomba de emergência para reposição do produto no processo. Assim, não foram considerados cenários de acidente no interior das bacias de contenção dos processos de produção. Apenas se consideram as tubagens entre cada área de processo.

Selecionaram-se principalmente acidentes nas áreas de armazenagem, nas atividades de carga/descarga de substâncias perigosas e no parque de minérios e no aterro de rejeitados, como eventos passíveis de gerar acidentes grave. Nestes eventos críticos representativos incluem-se:

- Roturas totais de big bags de reagentes
- Roturas de diâmetro de 10 mm e de 100 mm e rotura total, em tanques misturadores
- Roturas totais e fugas de 10% do diâmetro de tubagem de transporte de substâncias perigosas
- Roturas totais e fugas de 10% do diâmetro de tubagem e mangueiras de descarga de cisterna
- Incêndio em armazém

Na tabela seguinte incluem-se os acontecimentos iniciadores selecionados (Eventos Críticos):



QUADRANTE

Evento crítico	Eventos propagadores	Fenómenos perigosos
Rotura de big-bag de cianeto de sódio	Derrame de cianeto de sódio Dispersão de NaCN	Possível formação de nuvem tóxica* Possível contaminação de solos
Rotura de big-bag de sulfato de zinco	Derrame de sulfato de zinco	Possível contaminação de solos
Rotura de big-bag de sulfato de cobre	Derrame de sulfato de cobre	Possível contaminação de solos
Colapso de reservatório com solução de cianeto de sódio	Derrame de solução de cianeto de sódio Vaporização Dispersão de NaCN	Possível formação de nuvem tóxica* Possível contaminação de solos*
Rotura (100 mm) de reservatório com solução de cianeto de sódio	Derrame de solução de cianeto de sódio Vaporização Dispersão de NaCN	Possível formação de nuvem tóxica* Possível contaminação de solos*
Rotura (10 mm) de reservatório com solução de cianeto de sódio	Derrame de solução de cianeto de sódio Vaporização Dispersão de NaCN	Possível formação de nuvem tóxica* Possível contaminação de solos*
Colapso de reservatório com solução de sulfato de zinco	Derrame de solução de sulfato de zinco	Possível contaminação de solos
Rotura (100 mm) de reservatório com solução de sulfato de zinco	Derrame de solução de sulfato de zinco	Possível contaminação de solos
Rotura (10 mm) de reservatório com solução de sulfato de zinco	Derrame de solução de sulfato de zinco	Possível contaminação de solos
Colapso de reservatório com solução de sulfato de cobre	Derrame de solução de sulfato de zinco	Possível contaminação de solos
Rotura (100 mm) de reservatório com solução de sulfato de cobre	Derrame de solução de sulfato de zinco	Possível contaminação de solos
Rotura (100 mm) de reservatório com solução de sulfato de cobre	Derrame de solução de sulfato de zinco	Possível contaminação de solos
Rotura total de tubagem de transporte de Rejeitados de Mineração	Lamas e Rejeitados de Mineração	Contaminação de solos



QUADRANTE

Evento crítico	Eventos propagadores	Fenómenos perigosos
Fuga de 10% do diâmetro de tubagem de transporte de Rejeitados de Mineração	Lamas e Rejeitados de Mineração	Contaminação de solos
Colapso de parede do Aterro de Rejeitados	Lamas e Rejeitados de Mineração	Contaminação de solos
Colapso de reservatório de gasóleo	Derrame	Contaminação de solos
	Energia de ativação	Incêndio
Rotura (100 mm) de reservatório de gasóleo	Derrame	Contaminação de solos
	Energia de ativação	Incêndio
Rotura (10 mm) de reservatório de gasóleo	Derrame	Contaminação de solos
	Energia de ativação	Incêndio
Colapso de cisterna abastecedora de gasóleo	Derrame	Contaminação de solos
	Energia de ativação	Incêndio
Rotura (100 mm) de cisterna abastecedora de gasóleo	Derrame	Contaminação de solos
	Energia de ativação	Incêndio
Rotura (10 mm) de cisterna abastecedora de gasóleo	Derrame	Incêndio
	Energia de ativação	Contaminação de solos
Rotura total de mangueira de abastecimento de gasóleo	Derrame	Incêndio
	Energia de ativação	Contaminação de solos
Rotura (10%) de mangueira de abastecimento de gasóleo	Derrame	Incêndio
	Energia de ativação	Contaminação de solos
Incêndio na armazenagem de químicos sólidos/concentrados	Derrame	Contaminação de solos
	Energia de ativação	Emissão de gases poluentes/tóxicos
Rotura total de tubagem de transporte de solução de cianeto de sódio	Derrame de solução de cianeto de sódio Vaporização Dispersão de NaCN	Possível formação de nuvem tóxica* Possível contaminação de solos*



QUADRANTE

Evento crítico	Eventos propagadores	Fenómenos perigosos
Fuga de 10% do diâmetro de tubagem de transporte de solução de cianeto de sódio	Derrame de solução de cianeto de sódio Vaporização Dispersão de NaCN	Possível formação de nuvem tóxica* Possível contaminação de solos*
Rotura total de tubagem de transporte de solução de sulfato de zinco	Derrame de solução de sulfato de zinco	Possível contaminação de solos
Fuga de 10% do diâmetro de tubagem de transporte de solução de sulfato de zinco	Derrame de solução de sulfato de zinco	Possível contaminação de solos
Rotura total de tubagem de transporte de solução de sulfato de cobre	Derrame de solução de sulfato de cobre	Possível contaminação de solos
Fuga de 10% do diâmetro de tubagem de transporte de solução de sulfato de cobre	Derrame de solução de sulfato de cobre	Possível contaminação de solos

* As substâncias perigosas identificadas como perigosas para a saúde humana (tóxicas), à exceção da solução de cianeto de sódio encontram-se na totalidade na forma de pó, no interior do Armazém de Reagentes. Os acidentes em que se veriam envolvidos estes produtos teriam origem na perda de contenção dos big bags onde se encontram; o derrame de produto suporia a formação de nuvens de pó, que ao ocorrer no interior do armazém (ausência de ventos), em conjunto com o elevado peso das partículas, em comparação com os líquidos, provocaria o rápido depósito dos mesmos no solo e, em princípio, não parece provável a possibilidade de afetar zonas significativas de terreno. Atualmente não existem modelos matemáticos de reconhecido prestígio internacional que simulem este tipo de acidentes, pelo que as substâncias em pó não foram consideradas nos cenários de avaliação de efeitos toxicidade. Em relação à solução de cianeto de sódio, em caso de evaporação, o cianeto de sódio precipitar-se-á e ficará no estado sólido, dispersando-se como os demais produtos tóxicos.

Independentemente da justificação anterior, uma fuga destas substâncias tóxicas poderá provocar efeitos irreversíveis para a saúde, por exposição prolongada a estas substâncias por parte do pessoal presente no armazém ou que manuseie estes produtos.

No caso do cianeto de sódio, o contacto desta substância com água ou a humidade do ar ou a solução de cianeto de sódio, pode gerar ácido cianídrico e hidróxido de sódio. O Ácido Cianídrico é um gás passível de formar uma nuvem tóxica, pelo que será considerado este o produto de uma perda de contenção de cianeto de sódio.

Assim, de acordo com o anterior, formularam-se os seguintes Eventos Iniciadores, tendo começado por aqueles que têm possibilidade de afetar a saúde humana, seguindo-se aqueles que têm potencial para afetar os organismos aquáticos:

Nº Evento	Evento
1	Rotura de reservatório de gasóleo
2	Fuga de 100 mm de reservatório de gasóleo

Nº Evento	Evento
3	Fuga de 10 mm de reservatório de gasóleo
4	Rotura de cisterna abastecedora de gasóleo
5	Fuga de 100 mm de cisterna abastecedora de gasóleo
6	Fuga de 10 mm de cisterna abastecedora de gasóleo
7	Rotura total de mangueira de abastecimento de gasóleo
8	Fuga de 10% do diâmetro de mangueira de abastecimento de gasóleo
9a	Incêndio no armazém de reagentes, com libertação de nuvem tóxica de SO ₂
9b	Incêndio no armazém de reagentes, com libertação de nuvem tóxica de NO ₂
9c	Incêndio no armazém de reagentes, com libertação de nuvem tóxica de HCN
10	Rotura de big-bag de cianeto de sódio
11	Rotura de big-bag de sulfato de zinco
12	Rotura de big-bag de sulfato de cobre
13	Rotura de reservatório com solução de cianeto de sódio
14	Fuga de 100 mm num reservatório com solução de cianeto de sódio
15	Fuga de 10 mm num reservatório com solução de cianeto de sódio
16	Colapso de reservatório com solução de sulfato de zinco
17	Rotura (100 mm) de reservatório com solução de sulfato de zinco
18	Rotura (10 mm) de reservatório com solução de sulfato de zinco
19	Colapso de reservatório com solução de sulfato de cobre
20	Rotura (100 mm) de reservatório com solução de sulfato de cobre
21	Rotura (100 mm) de reservatório com solução de sulfato de cobre

Nº Evento	Evento
22	Colapso da barreira do Aterro de Rejeitados
23	Rotura total de tubagem de transporte de solução de cianeto de sódio
24	Fuga de 10% do diâmetro de tubagem de transporte de solução de cianeto de sódio
25	Rotura total de tubagem de transporte de solução de sulfato de zinco
26	Fuga de 10% do diâmetro de tubagem de transporte de solução de sulfato de zinco
27	Rotura total de tubagem de transporte de solução de sulfato de cobre
28	Fuga de 10% do diâmetro de tubagem de transporte de solução de sulfato de cobre
29	Rotura total de tubagem de transporte de rejeitados
30	Fuga de 10% do diâmetro de tubagem de transporte de rejeitados

2.3. Estimativa da frequência de ocorrência de cenários de acidente

Para cada um dos eventos críticos identificam-se os diferentes cenários acidentais que poderão ocorrer.

A combinação da probabilidade de cada evento crítico (tendo em conta o número de equipamentos, comprimento das tubagens, etc., de cada acontecimento) com a probabilidade de cada cenário acidental que pode ocorrer (charco incendiado, explosão, etc.), resulta na probabilidade total de cada cenário acidental.

Os dados e referências empregues na determinação das probabilidades foram obtidos da bibliografia e das bases de dados de referência².

² Referências:

- Loss prevention in the process industries. Hazard identification, Assessment and control. Frank P. Lees, 2nd edition, 1996, Great Britain..
- Guidelines for quantitative risk assessment "Purple Book", report CPR 18E , Committee for the Prevention of Disasters, 1999, Netherlands.

2.3.1. FREQUÊNCIA DO EVENTO CRÍTICO

A cada evento crítico atribui-se uma frequência base de ocorrência obtida das referências.

Para cada acontecimento este dado é calculado e personalizado em função do número de equipamentos, metros de tubagem ou horas de operação, segundo a sua correspondência.

As frequências bases adotadas apresentam-se na tabela seguinte:

Tipo Evento	Frequência unitária	Unidade base	Referência Bibliográfica
Rotura catastrófica tanque atmosférico	5,00E-06	ano	BEVI, 2009 Tabela 17 – pág. 37
Fuga de 100 mm. de tanque atmosférico	1,20E-05	ano	ARAMIS D1C_APPENDIX 10, Table 9, Note 4
Fuga de 10 mm. de tanque atmosférico	1,00E-04	ano	BEVI, 2009 Tabela 17 – pág. 37
Rotura catastrófica tanque atmosférico (parede dupla)	1,25E-08	ano	BEVI, 2009, Tabela 19 - pág. 38 e Purple Book, tabela 3.5 (G.1 a)
Fuga de 100 mm. de tanque atmosférico (parede dupla)	2,50E-08	ano	ARAMIS D1C_APPENDIX 10, Table 9, Note 4
Fuga de 10 mm. de tanque atmosférico (parede dupla)	1,00E-05	ano	ARAMIS D1C_APPENDIX 10, Table 9, Note 4
Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-06	m*ano	BEVI, 2009 Tabela 27 – pág. 42
Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	m*ano	BEVI, 2009 Tabela 27 – pág. 42
Rotura tubagem parede dupla diâmetro > 150 mm	1,00E-06*0,1 ³ 1,00E-07	m*ano	BEVI, 2009 Tabela 27 – pág. 42 RISK CALCULATIONS MANUAL
Fuga tubagem parede dupla diâmetro > 150 mm	5,00E-07*0,1 ³ 5,00E-08	m*ano	BEVI, 2009 Tabela 27 – pág. 42 RISK CALCULATIONS MANUAL
Fuga mangueira de cisterna	4,00E-05	h*ano	BEVI, 2009 Tabela 50 – pág. 59

³ De acordo com o RISK CALCULATIONS MANUAL Guidelines for quantitative risk analysis, indirect risks and environmental risk analysis – versão 2.0 de 01 / 04 / 2019, página 9-2, as frequências de fuga podem ser reduzidas por um fator de 100 se uma tubagem possuir parede dupla e a parede externa tiver uma resistência mecânica e construção equivalente à interna e, um fator de 10 se não cumprir com este critério (tendo em consideração que o material da tubagem é HDPE – interior e exterior, considerou-se um fator de 10).



Tipo Evento	Frequência unitária	Unidade base	Referência Bibliográfica
Rotura total mangueira de cisterna	4,00E-06	h*ano	BEVI, 2009 Tabela 50 – pág. 59
Rotura de cisterna	1,00E-05	ano	BEVI, 2009 Tabela 42 – pág. 55
Fuga 100 mm de cisterna	1,20E-05	ano	ARAMIS D1C_APPENDIX 10, Table 13, Note 9
Fuga 10 mm de cisterna	1,00E-04	ano	ARAMIS D1C_APPENDIX 10, Table 13, Note 9
Dispersão de pós na armazenagem	1,00E-05	op.*ano	Purple Book, LOC. table 3.15 – G1 (Dispersion of respirable powder)
Incêndio num Armazém (nível 3)	1,80E-04	ano	Purple Book tab.3.15. - S1
Colapso de Barreira de Rejeitados	1,20E-04	ano	Tailings Dam Failures: A Review of the Last One Hundred Years, Waste Geo Technics

Para atribuir o índice de frequência obtêm-se as probabilidades base do evento crítico e multiplicam-se por um fator para atribuir o valor de probabilidade mais real possível ao cenário, contemplado para isso, comprimento de tubagem aproximada, horas de operação, etc.

De seguida incluem-se para cada evento crítico as frequências, os fatores e frequências de acontecimentos acidentais utilizados:

Nº Evento	Evento	Tipo acidente simulado	Frequência unitária	Número unidades	Unidade base	Frequência acontecimento acidental
1	Rotura de reservatório de gasóleo	Rotura catastrófica tanque atmosférico	5,00E-06	1	ano	5,00E-06
2	Fuga de 100 mm de reservatório de gasóleo	Fuga de 100 mm. de tanque atmosférico	1,20E-05	1	ano	1,20E-05
3	Fuga de 10 mm de reservatório de gasóleo	Fuga de 10 mm. de tanque atmosférico	1,00E-04	1	ano	1,00E-04
4	Rotura de cisterna abastecedora de gasóleo	Rotura de cisterna	1,00E-05	0.009 *	ano	8,90E-08



QUADRANTE

Nº Evento	Evento	Tipo acidente simulado	Frequência unitária	Número unidades	Unidade base	Frequência acontecimento accidental
5	Fuga de 100 mm de cisterna abastecedora de gasóleo	Fuga 100 mm de cisterna	1,20E-05	0.009 *	ano	1,07E-07
6	Fuga de 10 mm de cisterna abastecedora de gasóleo	Fuga 10 mm de cisterna	1,00E-04	0.009 *	ano	8,90E-07
7	Rotura total de mangueira de abastecimento de gasóleo	Rotura total mangueira de cisterna	4,00E-06	52 **	h*ano	2,08E-04
8	Fuga de 10% do diâmetro de mangueira de abastecimento de gasóleo	Fuga mangueira de cisterna	4,00E-05	52 **	h*ano	2,08E-03
9a	Incêndio no armazém de reagentes, com libertação de nuvem tóxica de SO ₂	Incêndio num Armazém (nível 3)	1,80E-04	1	ano	1,80E-04
9b	Incêndio no armazém de reagentes, com libertação de nuvem tóxica de NO ₂	Incêndio num Armazém (nível 3)	1,80E-04	1	ano	1,80E-04
9c	Incêndio no armazém de reagentes, com libertação de nuvem tóxica de HCN	Incêndio num Armazém (nível 3)	1,80E-04	1	ano	1,80E-04
10	Rotura de big-bag de cianeto de sódio	Dispersão de pós na armazenagem	1,00E-05	1440	op.*ano	1,44E-02
11	Rotura de big-bag de sulfato de zinco	Dispersão de pós na armazenagem	1,00E-05	600	op.*ano	6,00E-03
12	Rotura de big-bag de sulfato de cobre	Dispersão de pós na armazenagem	1,00E-05	1800	op.*ano	1,80E-02
13	Rotura de reservatório com solução de cianeto de sódio	Rotura catastrófica tanque atmosférico	1,25E-08	1	ano	1,25E-08



QUADRANTE

Nº Evento	Evento	Tipo acidente simulado	Frequência unitária	Número unidades	Unidade base	Frequência acontecimento accidental
14	Fuga de 100 mm num reservatório com solução de cianeto de sódio	Fuga de 100 mm. de tanque atmosférico	2,50E-08	1	ano	2,50E-08
15	Fuga de 10 mm num reservatório com solução de cianeto de sódio	Fuga de 10 mm. de tanque atmosférico	1,00E-05	1	ano	1,00E-05
16	Colapso de reservatório com solução de sulfato de zinco	Rotura catastrófica tanque atmosférico	5,00E-06	1	ano	5,00E-06
17	Rotura (100 mm) de reservatório com solução de sulfato de zinco	Fuga de 100 mm. de tanque atmosférico	1,20E-05	1	ano	1,20E-05
18	Rotura (10 mm) de reservatório com solução de sulfato de zinco	Fuga de 10 mm. de tanque atmosférico	1,00E-04	1	ano	1,00E-04
19	Colapso de reservatório com solução de sulfato de cobre	Rotura catastrófica tanque atmosférico	5,00E-06	1	ano	5,00E-06
20	Rotura (100 mm) de reservatório com solução de sulfato de cobre	Fuga de 100 mm. de tanque atmosférico	1,20E-05	1	ano	1,20E-05
21	Rotura (100 mm) de reservatório com solução de sulfato de cobre	Fuga de 10 mm. de tanque atmosférico	1,00E-04	1	ano	1,00E-04
22	Colapso da barreira do Aterro de Rejeitados	Colapso de Barreira de Rejeitados	1,20E-04	1	ano	1,20E-04
23	Rotura total de tubagem de transporte de solução de cianeto de sódio	Rotura tubagem parede dupla diâmetro > 150 mm	1,00E-08	15 ***	m*ano	1,50E-07



QUADRANTE

Nº Evento	Evento	Tipo acidente simulado	Frequência unitária	Número unidades	Unidade base	Frequência acontecimento accidental
24	Fuga de 10% do diâmetro de tubagem de transporte de solução de cianeto de sódio	Fuga tubagem parede dupla diâmetro > 150 mm	5,00E-08	15 ***	m*ano	7,50E-07
25	Rotura total de tubagem de transporte de solução de sulfato de zinco	Rotura tubagem parede dupla diâmetro > 150 mm	1,00E-08	15 ***	m*ano	1,50E-07
26	Fuga de 10% do diâmetro de tubagem de transporte de solução de sulfato de zinco	Fuga tubagem parede dupla diâmetro > 150 mm	5,00E-08	15 ***	m*ano	7,50E-07
27	Rotura total de tubagem de transporte de solução de sulfato de cobre	Rotura tubagem parede dupla diâmetro > 150 mm	1,00E-08	15 ***	m*ano	1,50E-07
28	Fuga de 10% do diâmetro de tubagem de transporte de solução de sulfato de cobre	Fuga tubagem parede dupla diâmetro > 150 mm	5,00E-08	15 ***	m*ano	7,50E-07
29	Rotura total de tubagem de transporte de rejeitados	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	412 ****	m*ano	4,12E-05
30	Fuga de 10% do diâmetro de tubagem de transporte de rejeitados	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	412 ****	m*ano	2,06E-04

Notas:

* Número de horas em que uma cisterna de gasóleo está presente no estabelecimento, considerando 78 descargas, onde a cisterna demora 1 hora no estabelecimento (78h / 8760 horas do ano).

** Número de horas de descarga de cisternas de gasóleo, considerando 78 descargas, com duração de 40 minutos cada.



QUADRANTE

*** Os troços de tubagem dupla atravessam áreas não impermeabilizadas. Entre o edifício de reagentes e a área de flutuação e, entre a área de flutuação e a área de lixiviação estimam-se 15 metros de rack em área não impermeabilizada (atravessamento de vias de circulação).

**** O troço de tubagem de transporte de rejeitados entre a secção de pasta e o aterro estima-se em 412m de comprimento.

Como se pode verificar os eventos 4, 5, 13 e 14 têm frequência inferior a 10^{-6} , pelo que não serão considerados na avaliação de consequências.

2.4. Seleção de Cenários de Acidentes

De acordo com a análise da tabela anterior, verifica-se que à exceção dos eventos nº 4, 5, 6, 13, 14, 22, 23, 24, 25, 26, 27 e 28, todos os potenciais eventos de críticos possuem uma **frequência maior ou igual a 10^{-6}** , pelo que serão considerados numa **fase inicial** de Avaliação de Consequências, como eventos de acidente relevantes.

Os cenários – fenómeno perigoso, dos eventos críticos com consequências previsíveis para a saúde humana (eventos 1 a 9c, com possibilidade de pool fire, jet fire, nuvem tóxica, explosão) serão avaliados em função da sua frequência. Os fenómenos perigosos que tiverem **frequência menor que 10^{-6} , não serão considerados para a Avaliação de Compatibilidade de Localização.**

Para cada um dos acontecimentos iniciadores identificam-se os diferentes cenários acidentais que poderão ocorrer, tendo em conta as respetivas árvores de acontecimentos.

A combinação da probabilidade de cada acontecimento iniciador (tendo em conta o número de equipamentos, comprimento das tubagens, etc., de cada acontecimento) com a probabilidade de cada cenário acidental que pode ocorrer (charco incendiado, explosão, etc.), resulta na probabilidade total de cada cenário acidental.

Para determinar as diferentes evoluções que podem seguir os produtos, uma vez libertados a partir da perda de contenção dos equipamentos (fireball, jato de fogo, charco incendiado, dispersão, etc.) aplica-se a metodologia de Árvore de Acontecimentos.



2.4.1. ÁRVORES DE ACONTECIMENTOS

A Árvore de Acontecimentos ou Análise de Sequências de Acontecimentos é um método indutivo que descreve a evolução de um acontecimento iniciador sobre a base de resposta de distintos sistemas tecnológicos ou condições externas, portanto, a sua finalidade é identificar as diferentes possibilidades de evolução a partir do acontecimento inicial.

Posteriormente, é necessário identificar a ocorrência (sim / não) de cada um deles. Colocam-se em cada uma das Árvores n condições identificadas como cabeçalhos e partindo do acontecimento inicial desenvolvem-se sistematicamente, para cada uma delas, duas possibilidades: na parte superior reflete-se a evolução no sentido de que sim, se dá a condição, enquanto que na parte inferior reflete-se que não se apresenta tal condição.

A disposição horizontal dos cabeçalhos efetua-se por ordem cronológica da evolução do acidente, se bem que, este critério pode não ser aplicável nalguns casos.

Com a Análise através da Árvore de Acontecimentos pretende-se determinar as possíveis evoluções das perdas de contenção de equipamentos, com emissão de substâncias perigosas.

Partindo de um acontecimento iniciador obter-se-á uma série de acidentes em função dos acontecimentos que podem ocorrer a partir desse instante (presença de pontos de ignição, proximidade de equipamentos, corte de fuga, etc.).

2.4.1.1 COMPORTAMENTO DAS FUGAS

As fugas devem-se a perdas de contenção de equipamentos, a partir de uma ou várias causas. Dependendo do tipo de produto e das condições em que se encontra, assim como do tipo de fuga, a evolução das mesmas será diferente. A seguir efetua-se uma análise do comportamento das fugas.

A natureza das substâncias manuseadas (inflamáveis, explosivas, tóxicas), as características dos processos realizados (pressões e temperaturas elevadas), assim como o grande volume de produtos, determinam a existência de riscos com um potencial elevado de perdas em caso de acidentes graves.

Dependendo das substâncias e condições iniciais a que estão submetidas (em armazenagem, processo, etc.) obtêm-se diferentes comportamentos devido às suas fugas.



QUADRANTE

Em primeiro lugar é importante distinguir entre uma fuga instantânea, que corresponderia ao colapso do recipiente ou ao esvaziamento rápido do mesmo pela formação de um orifício de consideráveis dimensões e uma fuga sem contínua, produto da perfuração ou fissura suficientemente pequena para que a duração do processo de descarga seja significativa.

No caso de uma fuga instantânea supõe-se que todo o fluido está imediatamente disponível para a dispersão na atmosfera quando se trata de gases, ou para a extensão sobre o terreno e evaporação, no caso de uma fuga de um líquido. No caso de uma fuga sem contínua, de um modo geral, as condições irão alterando-se ao longo do tempo.

Na descarga por rotura de um recipiente, parte do líquido ao estar submetido a temperatura e pressão ambiente pode sofrer uma evaporação flash, o que aumentaria a proporção de vapor formado.

- Incêndios

Se a fuga for de um líquido inflamável produzir-se-á um charco que se poderá inflamar, dando origem ao que se designa por “pool-fire”. As dimensões do charco dependem da existência de bacia de retenção, da orografia do terreno e da quantidade de produto libertado.

A temperatura das chamas poderá alcançar os 1100 °C e a altura das mesmas 2,5 a 3 vezes o diâmetro. A radiação térmica gerada pela combustão pode propiciar a afetação de outras áreas.

No caso de fugas com pressão, poderá formar-se um dardo de fogo (jet-flame) se ocorrer uma ignição imediata. Entretanto, se a ignição se atrasa, o jorro de gás dispersa-se formando uma nuvem de gás. No caso de encontrar um ponto de ignição incendiar-se-á. Dependendo do tamanho da nuvem, da velocidade do produto queimado, das condições de confinamento junto com outros parâmetros, a inflamação dos gases será de forma explosiva (quando a propagação da frente de chama acelera, alcançando velocidades supersónicas e originando altos níveis de sobrepressão) ou de tipo labareda (flash-fire).

O fenómeno “BLEVE” ocorre quando a temperatura do líquido contido num recipiente é superior à temperatura de ebulição, para a pressão atmosférica. Ao romper-se o recipiente, por não suportar a pressão interior gerada, produz-se uma depressurização súbita, tendo lugar uma evaporação massiva de líquido fervente que se transforma rapidamente numa nuvem de vapor em expansão. A ignição da massa de gases a alta temperatura é conhecida por “bola de fogo”. O efeito principal deste acontecimento é basicamente térmico e manifesta-se através de uma intensidade de radiação térmica muito elevada e de curta duração.

- Explosões

Como se indicou anteriormente, as explosões produzem-se quando a velocidade de produto queimado supera valores estabelecidos, chegando a velocidades supersónicas, ocorrendo o fenómeno de UVCE (unconfined vapor cloud explosion). Outro fator importante é o grau de confinamento. Quando este aumenta a probabilidade de explosões também o faz, de tal forma que é mais provável uma explosão em zonas com grande quantidade de equipamentos (unidades de processo) onde há uma congestão apreciável, do que em zonas onde não há quase equipamentos (zonas de armazenagem).



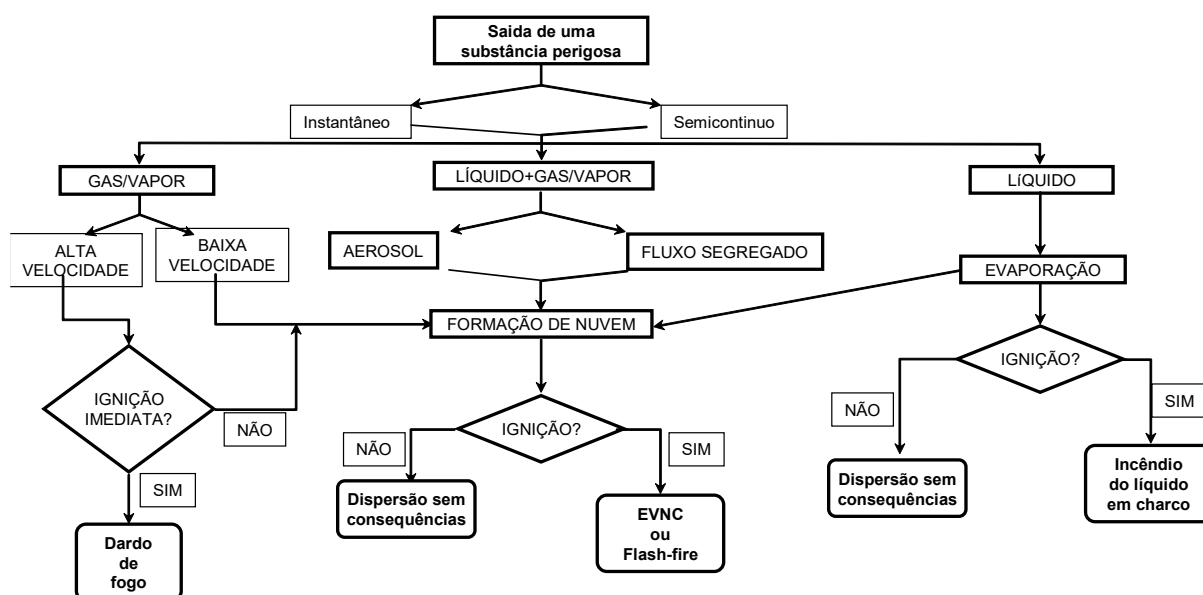
QUADRANTE

- Dispersões

Se os gases e os vapores de líquidos voláteis não encontram um ponto de ignição, a nuvem por eles formada dispersar-se-á até níveis de concentração não perigosos.

No caso de perdas de contenção de cianeto de sódio, o contacto desta substância com água ou a humidade do ar ou a solução de cianeto de sódio, pode gerar ácido cianídrico e hidróxido de sódio. O ácido cianídrico é um gás passível de formar uma nuvem tóxica, pelo que será considerado este o produto de uma perda de contenção de cianeto de sódio, com formação de uma nuvem tóxica.

A seguir inclui-se um esquema com os possíveis comportamentos devido a fuga de um produto.



2.4.1.2 DESCRIÇÃO DAS ÁRVORES DE ACONTECIMENTOS

A seguir apresentam-se as diferentes Árvore de Acontecimentos, que conduzem aos acidentes que foram considerados.

Figura 1: Arvore de acontecimentos nº 1.

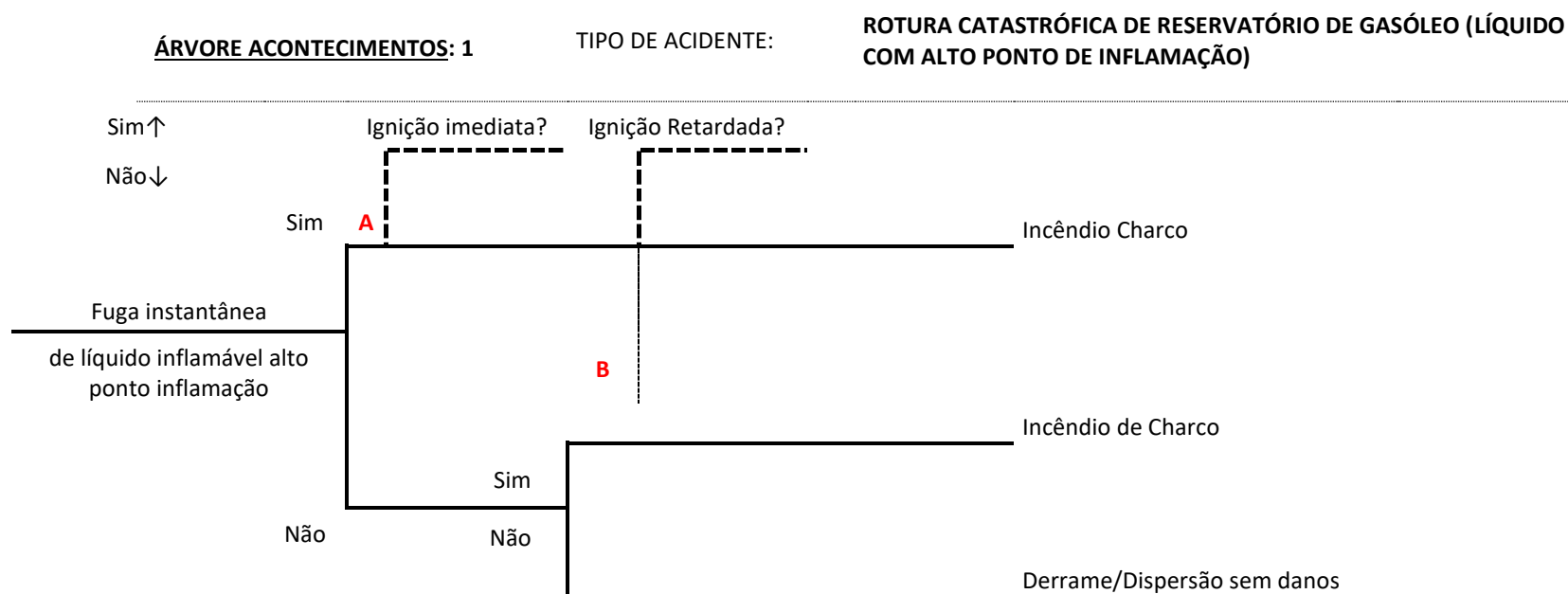
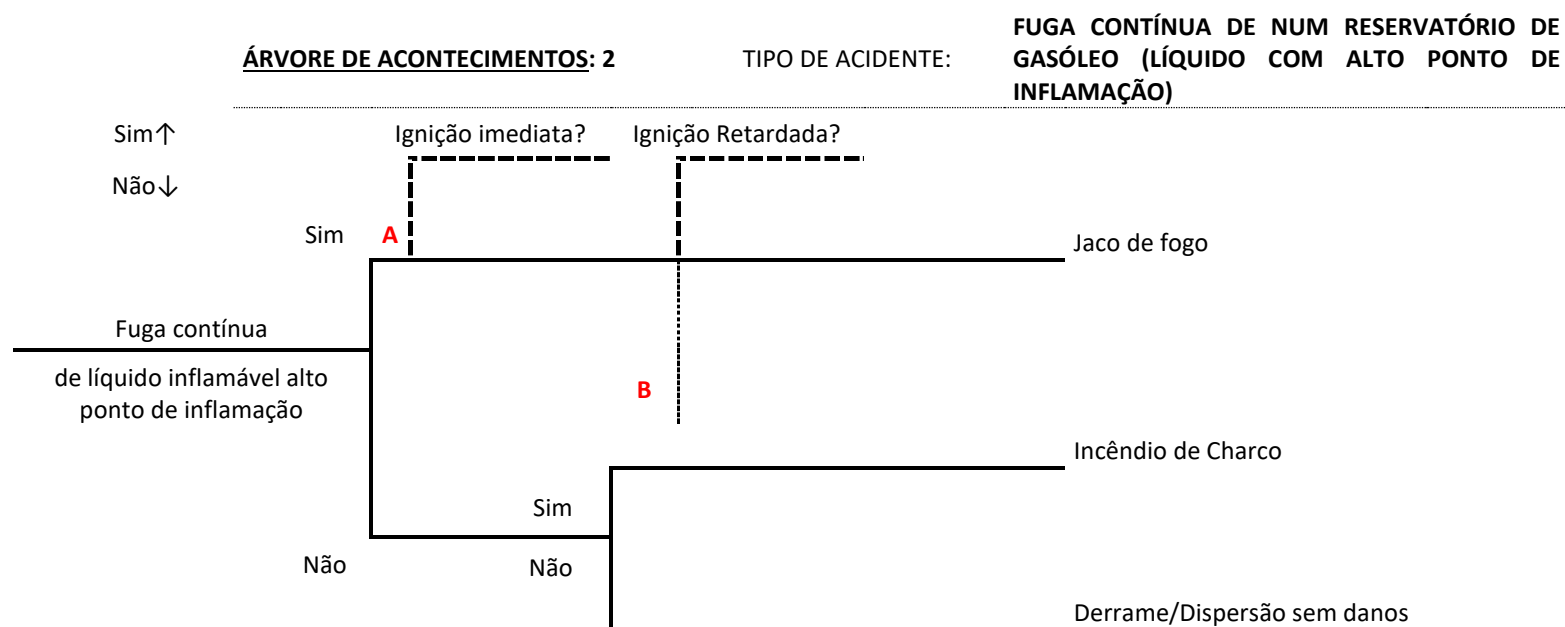


Figura 2: Arvore de acontecimentos nº 2.



2.4.2. PROBABILIDADE DOS CENÁRIOS ACIDENTAIS

O cálculo da probabilidade dos cenários acidentais (Incêndio de jato, charco incendiado, flashfire, explosão), associados à árvore de acontecimentos é baseado na bibliografia de referência (*“Reference Manual BEVI Risk Assessment- the netherlands”*, 2009).

Para aplicar os dados de referência apresentados na bibliografia ao cálculo da probabilidade dos cenários acidentais (incêndio de jato, charco incendiado, flashfire, explosão) é necessário agrupar os produtos usados nas modelizações em Categorias de substâncias inflamáveis:

- Descrição das categorias de inflamabilidade (BEVI)

Categoria		Descrição
Categoria 0	Extremamente inflamáveis	Substâncias ou preparações líquidas com ponto de inflamação inferior a 0 °C e um ponto de ebulição inferior ou igual a 35°C.
Categoria 1	Facilmente inflamáveis	Substâncias ou preparações líquidas com ponto de inflamação inferior a 21 °C, mas que não são extremamente inflamáveis
Categoria 2	Inflamáveis	Substâncias ou preparações líquidas com ponto de inflamação superior ou igual a 21 °C e inferior a 55 °C
Categoria 3	Combustíveis	Substâncias ou preparações líquidas com ponto de inflamação superior ou igual a 55 °C e inferior a 100 °C
Categoria 4	Combustíveis	Substâncias ou preparações líquidas com ponto de inflamação superior a 100 °C

As seguintes considerações foram tidas em conta ao definir os grupos de inflamabilidade e as probabilidades de ocorrência dos diferentes cenários acidentais:



QUADRANTE

- **A:** Probabilidade de ignição imediata (PII) - teve-se em conta a classificação e os dados obtidos nas referências bibliográficas⁴ para líquidos inflamáveis, gases pouco reativos e gases de reatividade média ou alta.
- **B:** Probabilidade de ignição retardada (PIR) adotou-se o valor de 0.5 apresentado nas referências, para muitas fontes de ignição. Assim a probabilidade de ignição retardada é igual a $PIR = (1 - PII) * 0.5$.
- A probabilidade de Incêndio de Jaco ou Jetfire (PJet) e de Pool Fire ou incêndio de charco (PCharco) assumem-se iguais à probabilidade de ignição imediata.
- **C:** Segundo as referências, na ignição de uma nuvem de vapor inflamável não confinada, a probabilidade de Flashfire (PFlashfire) ou de explosão (PExp) é de 0.6 e 0.4 respetivamente. Assim, a probabilidade destes cenários será $PFlashfire = PIR * 0.6$ e $PExp = PIR * 0.4$.

Nas duas tabelas seguintes, resumem-se os dados e critérios de probabilidade de ignição imediata, para cada categoria de inflamabilidade e, as categorias de inflamabilidade adotadas para as substâncias empregues nas modelizações:

⁴ Reference Manual BEVI Risk Assessment- the Netherlands, 2009

Tabela 4: Categorias de inflamabilidade (BEVI) e probabilidade de ignição imediata

Categoria de Inflamabilidade	Fuga Inst. (kg)	Fuga Cont. (kg/s)	Pii
Categoria 0, reatividade média/alta	< 1000	< 10	0,2
	1000 a 10000	10 a 100	0,5
	> 10000	> 100	0,7
Categoria 0, reatividade baixa	< 1000	< 10	0,02
	1000 a 10000	10 a 100	0,04
	> 10000	> 100	0,09
Categoria 1	Todas as quantidades	Todos os caudais	0,065
Categoria 2	Todas as quantidades	Todos os caudais	0,01
Categoria 3 ⁵	Todas as quantidades	Todos os caudais	0

Tabela 5: Categoria de inflamabilidade das substâncias perigosas

Produto	Categoria de Inflamabilidade
Gasóleo	Categoria 2

Frequências dos Eventos Críticos:

Para determinar as frequências de cada cenário acidental final, é necessário conhecer a frequência de ocorrência do acontecimento iniciador base (Evento Crítico):

- rotura catastrófica;
- fuga em tanque;

⁵ Valor estimado para a categoria 3. As substâncias ou preparações de Categoria 4 têm probabilidade de ignição imediata igual a 0.



QUADRANTE

- fuga em mangueira (rotura parcial);
- rotura (total) de mangueira.

Também é necessário conhecer a probabilidade de cada um dos acontecimentos acidentais / cenários que podem dar origem (flashfire, bleve, jet, poolfire, sobrepressão).

A próxima tabela resume:

- Probabilidades de Ignição imediata (P_{ii});
- Ignição retardada (P_{ir});
- Frequências iniciais de cada cenário.

Desta forma podem-se determinar as frequências finais de cada cenário de acidente:

- F jato final
- F charco final;
- F flashfire final (inflamabilidade);
- F toxicidade final.

Tabela 6: Probabilidades dos Eventos Críticos

Nº Evento	Evento	Código inflamabilidade	Árvore de Acontecimentos	Frequência acontecimento accidental	Pii	Pir	Pjet	Ppool	Pflashfire	Ptox.
1	Rotura de reservatório de gasóleo	Categoria 2 C	1	5,00E-06	0,010	0,495	0	0,505	0	0
2	Fuga de 100 mm de reservatório de gasóleo	Categoria 2 B	1	1,20E-05	0,010	0,495	0,010	0,495	0	0
3	Fuga de 10 mm de reservatório de gasóleo	Categoria 2 A	1	1,00E-04	0,010	0,495	0,010	0,495	0	0
7	Rotura total de mangueira de abastecimento de gasóleo	Categoria 2 A	1	2,08E-04	0,010	0,495	0,010	0,495	0	0
8	Fuga de 10% do diâmetro de mangueira de abastecimento de gasóleo	Categoria 2 A	1	2,08E-03	0,010	0,495	0,010	0,495	0	0
9a	Incêndio no armazém de reagentes, com libertação de nuvem tóxica de SO ₂	Categoria 4 A	1	1,80E-04	0	0	0	0	0	1
9b	Incêndio no armazém de reagentes, com libertação de nuvem tóxica de NO ₂	Categoria 4 A	1	1,80E-04	0	0	0	0	0	1
9c	Incêndio no armazém de reagentes, com libertação de nuvem tóxica de HCN	Categoria 4 A	1	1,80E-04	0	0	0	0	0	1
10	Rotura de big-bag de cianeto de sódio	Categoria 4 A	1	1,44E-02	0	0	0	0	0	1
15	Fuga de 10 mm num reservatório com solução de cianeto de sódio	Categoria 4 A	1	1,00E-04	0	0	0	0	0	1

Tabela 7: Frequências Finais dos Cenários Acidentais

Nº Evento	Evento	Fjet final	Fcharco final	Fflashfire final	Ftoxicidade final
1	Rotura de reservatório de gasóleo	0	2,53E-06	0	0
2	Fuga de 100 mm de reservatório de gasóleo	1,20E-07	5,94E-06	0	0
3	Fuga de 10 mm de reservatório de gasóleo	1,00E-06	4,95E-05	0	0
7	Rotura total de mangueira de abastecimento de gasóleo	2,08E-06	1,03E-04	0	0
8	Fuga de 10% do diâmetro de mangueira de abastecimento de gasóleo	2,08E-05	1,03E-03	0	0
9a	Incêndio no armazém de reagentes, com libertação de nuvem tóxica de SO ₂	0	0	0	1,80E-04
9b	Incêndio no armazém de reagentes, com libertação de nuvem tóxica de NO ₂	0	0	0	1,80E-04
9c	Incêndio no armazém de reagentes, com libertação de nuvem tóxica de HCN	0	0	0	1,80E-04
10	Rotura de big-bag de cianeto de sódio	0	0	0	1,44E-02
15	Fuga de 10 mm num reservatório com solução de cianeto de sódio	0	0	0	1,00E-04

NOTAS SOBRE AS PROBABILIDADES:

A negrito encontram-se os cenários de acidente cujas probabilidades de ocorrência são superiores ou iguais a 10^{-6} . Verifica-se que todos os cenários de acidente contribuirão para a determinação de Zonas de Perigosidade.

2.5. Avaliação das Consequências

2.5.1. INTRODUÇÃO

O controlo e a planificação perante o risco de um acidente grave para instalações industriais fundamentam-se na avaliação das consequências sobre elementos vulneráveis (pessoas, ambiente e bens materiais) dos fenómenos perigosos que podem produzir os acidentes graves.

A aplicação da análise histórica de acidentes, que resulta da experiência em unidades similares, juntamente com os resultados obtidos da aplicação das diferentes metodologias descritas nos pontos anteriores, permitem efetuar uma seleção de cenários representativos, que pretendem identificar, especialmente, os acidentes com maior gravidade para a envolvente da Instalação.

Os diferentes tipos de acidentes a considerar podem produzir os seguintes fenómenos perigosos para as pessoas, os bens e o meio ambiente:

- de tipo mecânico;
- de tipo térmico;
- de tipo químico (toxicidade).

Estes fenómenos podem ocorrer, isolada, simultânea ou sequencialmente.

2.5.2. VALORES LIMITES PARA A DEFINIÇÃO DE ZONAS DE PLANIFICAÇÃO

Para cada um dos fenómenos perigosos estabelecem-se variáveis físicas cujas magnitudes se possam considerar suficientemente representativas para a avaliação do alcance do fenómeno perigoso considerado.

As zonas potencialmente afetadas pelos fenómenos perigosos que derivem dos acidentes que possam ocorrer nas instalações, determinam-se com base nas distâncias a que determinadas variáveis físicas representativas alcançam valores limite, delimitando as diferentes Zonas de Efeitos para Equipamentos, Pessoas ou para o Ambiente.

A definição de zonas realizou-se seguindo os valores recomendados pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA).

Estas zonas são definidas para o controlo e planificação face ao risco de acidentes graves, nos quais intervêm substâncias perigosas.

Distância 1, limiar da possibilidade de ocorrência de letalidade, no interior da qual são esperados danos graves para praticamente a totalidade de pessoas não protegidas.

Distância 2, limiar da possibilidade de ocorrência de efeitos irreversíveis na saúde humana.

Na tabela seguinte apresenta-se a definição das zonas:

		Distância 1	Distância 2
Radiação Térmica	(kW/m ²)	7	5
Sobrepresão	(bar)	0.14	0.05
Flash-fire	(%)	LFL/2	---
Toxicidade	(ppm)	AEGL-3	AEGL-2

Os valores AEGL são função do tempo de exposição. Os valores que se empregaram são de 60 minutos, tempo máximo de exposição que se considera para a exposição de um recetor na direção ótima de dispersão da fuga, antes de evacuar a zona:

Tabela 8: Valores de AEGL-para o Dióxido de Enxofre

Dióxido de Enxofre ppm (final)					
	10 min	30 min	60 min	4 hr	8 hr
AEGL 1	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
AEGL 2	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
AEGL 3	30	30	30	19	9.6

Tabela 9: Valores de AEGL-para o Dióxido de Azoto

Dióxido de Azoto ppm (final)					
	10 min	30 min	60 min	4 hr	8 hr
AEGL 1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
AEGL 2	20	15	12	8.2	6.7

<i>Dióxido de Azoto ppm (final)</i>					
	10 min	30 min	60 min	4 hr	8 hr
AEGL 3	4	25	20	14	11

Tabela 10: Valores de AEGL-para o Ácido Cianídrico

<i>Ácido Cianídrico ppm (final)</i>					
	10 min	30 min	60 min	4 hr	8 hr
AEGL 1	2.5	2.5	2.0	1.3	1.0
AEGL 2	17	10	7.1	3.5	2.5
AEGL 3	27	21	15	8.6	6.6

2.5.3. CRITÉRIOS GERAIS EMPREGUES

Para determinar as condições de cálculo dos acidentes considerados, empregaram-se os seguintes critérios, considerados como “conservadores” ou “pessimistas”, de forma a estabelecer em qualquer caso um limite superior dos alcances das zonas objeto de planificação:

A escolha destes critérios baseou-se na literatura técnica da matéria (p.e. Purple Book – Committee for the Prevention of Disasters in The Netherlands. Guidelines for Quantitative Risk Assessment, 1ª Ed. 1999).

A seguir enumeram-se estes critérios:

- Os cálculos realizados para os acidentes considerados foram realizados com o programa informático PHAST v. 9.0 de DNV Technica. O programa PHAST encadeia os modelos em função das características do produto, da descarga e condições ambientais / atmosféricas, dando resultados para as evoluções possíveis.
- Nos acidentes que envolvem tanques de armazenagem, considerou-se que estes se encontram na sua capacidade máxima.
- Os cálculos efetuados obtiveram-se mediante a utilização dos seguintes modelos:
 - Fuga de gás tóxico
 - Fuga de líquido;
 - Nuvem inflamável;

- Incêndio de charco (Pool Fire);
 - Incêndio em armazém.
4. Para a concentração de substância inflamável utilizou-se o L.I.E./2 (50% do limite inferior de explosividade) para efeitos indicativos de alcance, com uma certa margem de segurança, prevendo-se concentrações locais superiores às calculadas, na zona onde possa ocorrer a hipotética ignição.
 5. No caso de ignição retardada de uma nuvem inflamável, tomar-se-á como ponto de ignição o centro da nuvem, quando alcança o L.I.E./2, com uma certa margem de segurança.
 6. As condições meteorológicas utilizadas nos cálculos efetuados, foram as mais frequentes da zona:

CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS	
Categoria de estabilidade	E
Velocidade do vento (m/s)	1.5
Temperatura (°C)	16
Humidade relativa (%)	75

7. Relativamente ao risco de incêndio para o caso particular do armazém de químicos sólidos ou concentrados seguiu-se a metodologia descrita no documento Reference Manual BEVI Risk Assessment, version 3.2, produzido pelo National Institute of Public Health and the Environment (RIVM) - edição julho 2009.

De acordo com esta publicação um cenário de incêndio é definido por uma combinação de fatores, que determinam a taxa de combustão, designadamente:

- A dimensão de um cenário de incêndio, determinada por:
 - Área do incêndio
 - A taxa de ventilação do espaço
 - A duração do incêndio (máximo 30 minutos)
 - A probabilidade de ocorrência do cenário de incêndio, cujo cálculo será descrito adiante, é determinada por:
 - A dimensão do compartimento de incêndio

8. O equipamento de combate a incêndio existente no compartimento de incêndio (agrupados em 3 níveis de proteção)

Tendo em conta a variação dos produtos produzidos e armazenados ao longo do ano, de modo a acompanhar as diversas etapas do ano não existe um inventário definido para cada área processual e/ou de armazenagem. Assim, foi seguido o processo descrito no documento *Risk Analysis Methodology for CPR15 Establishments* produzido pelo TNO nomeadamente a secção 4.2 que visa determinar a fórmula estrutural média do conteúdo dos espaços que se descreve em seguida.

2.5.3.1 DETERMINAÇÃO DA FÓRMULA ESTRUTURAL TÍPICA DO CONTEÚDO DOS ESPAÇOS

O ponto de partida para a formação de produtos tóxicos resultantes da combustão/decomposição de agroquímicos é a fórmula estrutural média dos materiais armazenados. A fórmula estrutural média contém tipicamente elementos carbono (C), hidrogénio (H), oxigénio (O), e ainda enxofre (S), cloro (Cl), fluor (F) e bromo (Br), entre outros. É assumido que os materiais de embalagem, solventes e outros aditivos arderão à mesma velocidade que os químicos, assumindo-se que a fórmula estrutural é a mesma. Os índices de cada um dos elementos que integram a fórmula estrutural típica são determinados conforme mostrado em seguida a partir da quantidade (em kmol) e das fórmulas de estrutura de todos as substâncias ativas armazenadas e o seu peso relativo em termos de quantidades armazenadas.

$$N_{med} = \frac{\sum n_i N_i}{\sum N_i}$$

em que:

N_{med} - número médio de átomos de um elemento na fórmula estrutural média

N_i – quantidade máxima armazenada passível de estar presente na instalação em instalação (ton) de uma substância ativa [i] em particular.

n_i - número de átomos de um elemento na fórmula estrutural do material [i]

Da aplicação deste processo foram obtidas as fórmulas estruturais típicas para o Armazém de Reagentes é o seguinte:





No apêndice 3 apresentam-se os resultados das modelações dos cenários e a descrição exaustiva das suas consequências.

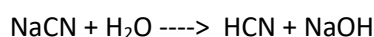
Numa primeira fase foi desenvolvido o modelo “warehouse” considerando a totalidade de produto no interior do Armazém de Reagentes (70 000kg), tendo-se considerado um incêndio num Armazém de 300 m² (probabilidade de 78%), com ventilação infinita.

A taxa de combustão calculada pelo modelo foi de 7,5kg/s, tendo-se obtido uma taxa de conversão de 1,61 kg/s de produtos de combustão tóxicos, sendo que: 99.4% se convertem em Dióxido de Enxofre (SO₂), pelo que os restantes 0.6% serão Dióxido de Azoto (NO₂) ou Ácido Cianídrico (HCN). De acordo com capítulo 8.5.3 do Bevi, a taxa de conversão de átomos de Azoto em NO₂ ou HCN é idêntica, pelo que se usou mesmo valor para a taxa de conversão.

A partir dos resultados do modelo Warehouse: taxa de combustão, taxa de conversão dos poluentes e velocidade da pluma tóxica, desenvolveu-se um modelo de dispersão, para calcular a dispersão e dose tóxica da diluição de cada um dos componentes tóxicos do incêndio.

2.5.3.2 CONVERSÃO DO CIANETO DE SÓDIO EM ÁCIDO CIANÍDRICO

Os cenários de toxicidade dos eventos críticos nº 10, 13, 14 e 15, envolvendo cianeto de sódio (substância em estado sólido) e as suas soluções, foram modelizados com ácido cianídrico (substâncias em fase gasosa). O cianeto de sódio em contacto com a água ou a humidade do ar ou a solução de cianeto de sódio, podem gerar ácido cianídrico e hidróxido de sódio. A reação é obtida através da seguinte fórmula química:



Cada átomo de sódio é substituído por um átomo de hidrogénio. Esta conversão faz com que o peso molecular do ácido cianídrico (P_{mi} = 27.026 g/mol) seja menor que o cianeto de sódio (P_{mf} = 49.008 g/mol). Assim, a conversão mássica é obtida por P_{mf}/P_{mi} = 0.55.

Tabela 11: Conversão mássica de Cianeto de Sódio em ácido cianídrico

Nº Evento	Evento	Quantidade disponível NaCN (kg)	Quantidade simulada de HCN (kg)
10	Rotura de big-bag de cianeto de sódio	1000	550
15	Fuga de 10 mm num reservatório com solução de cianeto de sódio (5%)	20000	552

Para o evento de Rotura de big-bag de cianeto de sódio, considera-se que este se encontra armazenado numa área própria fechada com 2m de altura e 7,5 m² dentro do armazém de Reagentes.

2.5.3.3 TEMPOS DE FUGA DE PRODUTO CONSIDERADOS

Os tempos de fuga de produto, considerados nos cenários de acidentes graves no estabelecimento, dependem da localização da fuga (se o ponto de fuga pode ser isolado por válvulas da fonte de produto), dos meios técnicos de identificação existentes (instrumentos), dos sintomas esperados do acontecimento (ruído, odor, etc.), da presença de um operador junto do local onde ocorra o acontecimento acidental e dos meios de isolamento.

Tabela 12: Tempos de fuga considerados

Tipo de acidentes	Tempo máximo até isolamento da fuga	Justificação
Acidente de rotura catastrófica de reservatórios	até esvaziamento total (rotura instantânea)	Não se considera possível a interrupção do derrame. Uma vez que as consequências alcançam toda a superfície da bacia de retenção, são praticamente independentes da quantidade de produto libertado.
Fugas/Rotura de 100 mm e 10 mm em reservatórios e cisterna	1 hora (3600 s)	De acordo com o “Guia de orientação para a elaboração do Relatório de Segurança” da APA, considerar 3600 s. Sem possibilidade de interrupção do derrame.
Incêndio em armazém	30 minutos	De acordo com a tabela 66 do Bevi, para incêndios com ventilação infinita (portas abertas), onde os produtos de combustão estabilizam.



QUADRANTE

2.5.4. *DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS SELECIONADOS*

Em seguida inclui-se a tabela de dados de entrada no modelo de simulação, que caracterizam os cenários de acidente selecionados.

Tabela 13: Dados de Entrada no Modelo de Simulação

Nº Evento	Evento	Localização	Temperatura (°C)	Diâm. Tubagem (mm)	Diâm. Equiv. Orifício (mm)	Quant. máx. disp. (kg)	Área Bacia (m²)	Duração da fuga (s)
1	Rotura de reservatório de gasóleo	Reservatório de gasóleo	20	-	-	17200	252,0	3600
2	Fuga de 100 mm de reservatório de gasóleo	Reservatório de gasóleo	20	-	100	17200	252,0	3600
3	Fuga de 10 mm de reservatório de gasóleo	Reservatório de gasóleo	20	-	10	17200	252,0	3600
7	Rotura total de mangueira de abastecimento de gasóleo	Local de Abastecimento de reservatório de gasóleo	20	76,2	76,2	15600	1500,0	3600
8	Fuga de 10% do diâmetro de mangueira de abastecimento de gasóleo	Local de Abastecimento de reservatório de gasóleo	20	76,2	7,62	15600	1500,0	3600
9a	Incêndio no armazém de reagentes, com libertação de nuvem tóxica de SO ₂	Armazém de Reagentes	600	-	-	70000*	600	1800



QUADRANTE

Nº Evento	Evento	Localização	Temperatura (°C)	Diâm. Tubagem (mm)	Diâm. Equiv. Orifício (mm)	Quant. máx. disp. (kg)	Área Bacia (m²)	Duração da fuga (s)
9b	Incêndio no armazém de reagentes, com libertação de nuvem tóxica de NO ₂	Armazém de Reagentes	600	-	-	70000*	600	1800
9c	Incêndio no armazém de reagentes, com libertação de nuvem tóxica de HCN	Armazém de Reagentes	600	-	-	70000*	600	1800
10	Rotura de big-bag de cianeto de sódio	Bacia de reagentes	25	-	-	550	110	3600
15	Fuga de 10 mm num reservatório com solução de cianeto de sódio (5%)	Bacia do tanque de solução NaCN	25	-	10	552	26	3600

* Material no interior do armazém de Reagentes

Inclui-se a seguir uma Tabela-Resumo com os acidentes postulados e as zonas calculadas para cada fenómeno produzido, para a condição meteorológica mais frequente.

Tabela 14: Resumo dos Resultados do programa PHAST

Nº Evento Crítico	Evento Crítico	Toxicidade AEGL-3	Toxicidade AEGL-2	Jet Fire 7 kW/m²	Jet Fire 5 kW/m²	Pool Fire 7 kW/m²	Pool Fire 5 kW/m²	Flash Fire LIE/2
1	Rotura de reservatório de gasóleo	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	15	17	N.S.
2	Fuga de 100 mm de reservatório de gasóleo	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	15	17	N.S.
3	Fuga de 10 mm de reservatório de gasóleo	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	15	17	N.S.
7	Rotura total de mangueira de abastecimento de gasóleo	N.S.	N.S.	0	0	26	31	N.S.
8	Fuga de 10% do diâmetro de mangueira de abastecimento de gasóleo	N.S.	N.S.	0	0	25	29	N.S.
9a	Incêndio no armazém de reagentes, com libertação de nuvem tóxica de SO ₂	5	267	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
9b	Incêndio no armazém de reagentes, com libertação de nuvem tóxica de NO ₂	0	0	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
9c	Incêndio no armazém de reagentes, com libertação de nuvem tóxica de HCN	0	1	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
10	Rotura de big-bag de cianeto de sódio	0	0	-	-	-	-	-
15	Fuga de 10 mm num reservatório com solução de cianeto de sódio (5%)	445	689	-	-	-	-	-

Nota: N.S. - cenários com valores inferiores a 10^{-6} (não significativos).

2.6. Substâncias Perigosas para os Organismos Aquáticos

Relativamente aos cenários de libertação de «substâncias perigosas» para os organismos aquáticos todas as substâncias consideradas no presente estudo têm características de toxicidade para os organismos aquáticos.

De referir que, com exceção do gasóleo e dos Rejeitados, as substâncias perigosas encontram-se em solução aquosa, ou em sólido a aguardar a preparação da solução aquosa.

Os reagentes (Cianeto de Sódio, Sulfato de Cobre, Sulfato de Zinco Heptahidrato, Pó de Zinco) e as soluções de Cianeto de Sódio, Sulfato de Cobre, Sulfato de Zinco Heptahidrato são armazenadas no Armazém de Reagentes. A área de armazenagem de reagentes é constituída por uma bacia de contenção em betão de 596 m² e um 1m de altura impermeabilizada. Cada equipamento de mistura e distribuição de solução será instalado em bacias de contenção impermeabilizadas com 1m de altura, sendo depois recolhidos e encaminhados para o processo em caso de derrame.

Em relação à ocorrência de um incêndio no armazém de Reagentes, dado que o pó de Zinco e o Cianeto de Sódio poderão gerar gases inflamáveis em contacto com a água, o uso de agentes extintor húmidos não é aconselhado, pelo que se deve optar por um agente do tipo pó químico seco no combate ao incêndio, eliminando-se assim o impacte ambiental do incêndio no meio hídrico.

O cais de descarga/abastecimento de gasóleo constitui igualmente uma plataforma impermeável circundada em todo o perímetro por dispositivos de recolha de eventuais derrames ligados a caleiras com ligação à bacia de retenção designada de “Runoff Pond”.

No caso dos rejeitados da mineração, estes serão encaminhados para o Aterro da Mina Lagoa Salgada por meio de tubagens instaladas em canal impermeabilizado, com revestimento a polietileno. A própria tubagem é construída com materiais resistentes à corrosão, como o polietileno de alta densidade (HDPE), especificamente escolhido para suportar a natureza abrasiva dos rejeitos e dos produtos químicos. O aterro possui risco de colapso devido a forças sísmicas exercidas nas paredes do mesmo ou à pressão elevada de águas pluviais acumuladas em situações de grandes cheias, tendo sido tidos em conta no projeto, segundo as diretrizes do *Canadian Dam Association* (CDA) e as Normas do Euro Código, considerando a classificação de risco para as barragens de ‘Muito Alto’.

Neste ponto analisam-se as consequências ambientais dos acidentes postulados que envolvem substâncias perigosas para os organismos aquáticos (com frases de perigo H400 / H410 / H411), nomeadamente os eventos críticos cuja frequência é inferior a 10^{-06} .

A avaliação dos efeitos sobre o ambiente foi efetuada através da aplicação dum índice de dano ambiental, que considera os seguintes aspetos:

- Quantidade da substância;
- Tipo de meio envolvente da instalação (vulnerabilidade do meio);
- Extensão da zona afetada;
- Perigosidade da substância;

Estes fatores foram avaliados numa base qualitativa de 1 até 4 (menor a maior risco). A partir da soma destes fatores, segundo a seguinte fórmula:

$$\text{Gravidade sobre a envolvente natural} = \text{quantidade} + 2 \times \text{perigosidade} + \text{extensão} + \text{qualidade do meio}$$

NOTA: Se o Meio recetor não for sensível a um impacto ambiental ou um acidente não gerar um acidente grave, considera-se a gravidade sobre a envolvente natural nula.

A avaliação global da gravidade das consequências, sobre o ambiente, tem um intervalo entre 0 e 20, dividindo-se numa série de categorias de acordo com o seguinte quadro:

Tabela 15: Categorias da gravidade (consequências) sobre o ambiente.

Categoria	Valor de dano Ambiental	Índice de dano Ambiental
Insignificante	< 5	1
Não relevante	5 a 7	2
Leve	8 a 11	3
Moderado	12 a 15	4
Grave	16 a 18	5
Crítico	> 18	6

A metodologia aplicada está fundamentada nos requisitos enumerados anteriormente e na metodologia da norma UNE 150 008: 2008 “*Análise e Avaliação de Risco Ambiental*”, elaborada pelo comité técnico 150 Gestão Ambiental da AENOR, onde se define uma metodologia para especificar critérios de identificação, análise e avaliação de risco ambiental.

Este risco é definido como o caso particular do risco, no qual se avalia o perigo de causar danos ao ambiente, ou a pessoas ou bens, como consequência de danos no ambiente.

2.6.1. ÍNDICE DE QUANTIDADE DE PRODUTO CONTAMINANTE

A quantidade de produto que se difunde / infiltra no meio recetor dependerá das propriedades físico-químicas do meio, da substância envolvida e do local onde ocorre cada cenário de risco. A distribuição posterior das substâncias no meio recetor final irá depender das propriedades do meio e das substâncias envolvidas, entre estas: a solubilidade, a densidade, a pressão de vapor, etc.

Os Índices de Quantidade de produto contaminante são:

Tabela 16: Índices de quantidade de produto contaminante.

Quantidade (kg)	Valor
100 – 1000	1
1000 – 10 000	2
10 000 – 100 000	3
> 100 000	4

Abaixo de 1000 kg, considera-se que a quantidade é insignificante provocando um impacte ambiental pouco significativo, pelo que o evento não provoca um acidente grave.

2.6.2. ÍNDICE DE PERIGOSIDADE DE PRODUTO CONTAMINANTE

O fator de perigosidade da substância está relacionado com o grau de perigosidade, obtida pela classificação apresentada nas Fichas de Dados de Segurança:

Tabela 17: Índice de Perigosidade ambiental das Substâncias.

Classificação de Perigosidade da Substância	Frase de Risco	Valor
Gases, Líquidos, e sólidos não perigosos para o Ambiente	---	1
Nocivo para os organismos aquáticos, podendo causar efeitos nefastos a longo prazo no ambiente aquático.	H412	2
Tóxico para os organismos aquáticos, podendo causar efeitos nefastos a longo prazo no ambiente aquático	H411	3
Muito Tóxico para os organismos aquáticos, podendo causar efeitos adversos a longo prazo no ambiente aquático	H410 / H400	4

Serão apenas avaliadas as substâncias de perigosidade ambiental H400 / H410 / H411.

2.6.3. ÍNDICE DE EXTENSÃO

Os índices de extensão permitem determinar os efeitos dimensionais das substâncias que penetram nos meios recetores naturais. Os Índice de Extensão de contaminante são:

Tabela 18: Índice de Extensão.

Quantidade (m ²)	Valor
< 100	1
100 a 1000	2
1000 a 10 000	3
> 10 000	4

As áreas de derrame consideradas correspondem a uma extensão do volume de produto libertado, com um filme de 10 mm de altura, correspondente à rugosidade do terreno plano e num solo industrial (segundo a bibliografia⁶).

O índice de extensão é considerado sempre no caso de haver bacia de retenção ou não. No caso de bacias de retenção, a extensão é dada pela área da bacia.

Como descrito no ponto 2.6.4 – *Análise da Vulnerabilidade da Envolvente* a contenção e impermeabilização que impede que o derrame atinja o meio natural, é introduzida no Índice de

⁶ Methods for the calculation of physical effects – due to release of hazardous materials (liquids and gases) “Yellow Book”, report CPR 14E, Committee for the Prevention of Disasters, 1996, Netherlands.



QUADRANTE

Vulnerabilidade do meio como valor zero, ou seja, a impermeabilização do pavimento e a contenção de derrame impede que os mesmos atinjam o meio natural, nomeadamente o solo.

2.6.4. ANÁLISE DA VULNERABILIDADE DA ENVOLVENTE

A aplicação da metodologia de Avaliação dos Efeitos sobre o Ambiente requer a revisão das principais características da envolvente da Mina Lagoa Salgada.

A avaliação da vulnerabilidade do meio realiza-se, atribuindo uma pontuação num intervalo de 0 a 4, para cada um dos compartimentos ambientais (meios que podem ser atingidos por um derrame acidental de produto perigosos), tendo em consideração os seguintes critérios:

Tabela 19: Classificação geral da qualidade da envolvente

Qualificação da envolvente/compartimento ambiental	Valor
O meio recetor não é afetado por um impacte ambiental face à libertação de produto libertado ou este acontecimento não provoca um acidente grave.	0
Área com terrenos na envolvente tratados ou definidos para uso urbano ou industrial, em que acidentes tenham baixo impacte ambiental no meio recetor.	1
O meio recetor caracteriza-se por um meio aquático, sensível a um impacte ambiental, podendo causar danos significativos na fauna ou flora.	2
O meio recetor caracteriza-se por um ecossistema marinho, sensível a um impacte ambiental, causando danos muito significativos na fauna ou flora.	3
Área de Reserva Natural protegida, cujo meio é muito sensível a um impacte ambiental, causando danos graves na fauna e flora.	4

No estabelecimento da Mina Lagoa Salgada tiveram-se em contas os seguintes aspetos:

- Os pavimentos das bacias de retenção dos reservatórios fixos e dos misturadores são impermeabilizados, assim como a área envolvente destas;
- O armazém de reagentes, bem como a área de armazenagem de cianeto de sódio são pavimentados (impermeabilizado) e com bacia de contenção, que permite a recolha de contaminantes.
- Não foram consideradas as ligações das tubagens de envio de rejeitados ao aterro, uma vez que são devidamente canalizadas em caleiras impermeabilizadas e com pontos de recolha a cada 50m.

A fim de alcançar um maior grau de profundidade na análise das consequências potenciais sobre o ambiente, este foi dividido em diferentes compartimentos específicos: massa de água e solo como diferentes tipos de proteção, obtendo um índice de valorização para cada um.

A análise da vulnerabilidade da envolvente natural da Mina Lagoa Salgada teve em conta os seguintes elementos: A sul e a norte do aterro de rejeitados encontram-se um afluente do rio Sado e o ribeiro do Arcão. Na área de implantação da Mina Lagoa Salgada existem um conjunto de furos e poços para captação de águas para rega. A classificação de vulnerabilidade dos aquíferos à poluição, na área em estudo foi considerada como média (Aquíferos em sedimentos não consolidados sem ligação hidráulica com a água superficial).

Seguidamente apresenta-se o resumo / caracterização ambiental da envolvente:

Tabela 20: Classificação da qualidade da envolvente

Índices de Qualidade da Envolvente	
Massa de água	2
Solo pavimentado (impermeabilizado)	0
Bacia de retenção	0
Solo (zona não pavimentada)	1

2.6.5. RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DOS EFEITOS SOBRE O AMBIENTE

Na avaliação do risco foi considerado um valor de zero no Índice de Vulnerabilidade do meio, tendo em conta a envolvente, considerando a eficácia da contenção ou impermeabilização do pavimento das áreas anteriormente referidas, de forma a que as substâncias perigosas não afetem o meio natural.

Os resultados obtidos na Avaliação ambiental apresentam-se nas seguintes tabelas:

Tabela 21: Dados de entrada da avaliação de dano ambiental

Nº Evento	Evento (ambiental)	Localização	Produto	Diâm. Orifício (mm)	Diâm. Equiv. Orifício (mm)	Quant. máx. aprox. (kg)	Área contenção (m2)	Duração (s)	Diâmetro máx. massa derramada (m)	Altura tanque (m)	Caudal fuga (m3/h)	Caudal fuga (kg/s)	Massa envolvida (kg)	Meio Recetor
1	Rotura de reservatório de gasóleo	Reservatório de gasóleo	Gasóleo	-	-	17200	252	3600	17,9	2,0	0,0	0,00	17200	Bacia impermeabilizada
2	Fuga de 100 mm de reservatório de gasóleo	Reservatório de gasóleo	Gasóleo	-	100	17200	252	3600	17,9	2,0	224,8	56,21	17200	Bacia impermeabilizada
3	Fuga de 10 mm de reservatório de gasóleo	Reservatório de gasóleo	Gasóleo	-	10	17200	252	3600	16,9	2,0	2,2	0,56	2023	Bacia impermeabilizada
7	Rotura total de mangueira de abastecimento de gasóleo	Local de Abastecimento de reservatório de gasóleo	Gasóleo	76,2	76,2	15600	1500	3600	43,7	3,0	159,9	39,97	15600	Bacia impermeabilizada
8	Fuga de 10% do diâmetro de mangueira de abastecimento de gasóleo	Local de Abastecimento de reservatório de gasóleo	Gasóleo	76,2	7,62	15600	1500	3600	14,3	3,0	1,6	0,40	1439	Bacia impermeabilizada
10	Rotura de big-bag de cianeto de sódio	Bacia de reagentes	Cianeto de sódio	-	-	1000	7,5	3600	3,1	1,0	0,0	0,00	1000	Bacia impermeabilizada



QUADRANTE

Estudo ACL_Lagoa Salgada_Fev2025
Estudo de Avaliação de Compatibilidade de Localização

Nº Evento	Evento (ambiental)	Localização	Produto	Diâm. Orifício (mm)	Diâm. Equiv. Orifício (mm)	Quant. máx. aprox. (kg)	Área contenção (m2)	Duração (s)	Diâmetro máx. massa derramada (m)	Altura tanque (m)	Caudal fuga (m3/h)	Caudal fuga (kg/s)	Massa envolvida (kg)	Meio Recetor
11	Rotura de big-bag de sulfato de zinco	Bacia de reagentes	Sulfato de zinco	-	-	1000	596	3600	8,0	1,0	0,0	0,00	1000	Bacia impermeabilizada
12	Rotura de big-bag de sulfato de cobre	Bacia de reagentes	Sulfato de cobre	-	-	1000	596	3600	5,9	1,0	0,0	0,00	1000	Bacia impermeabilizada
13	Rotura de reservatório com solução de cianeto de sódio	Bacia do tanque de solução NaCN	Solução de cianeto de sódio	-	-	20000	26	3600	50,5	2,0	0,0	0,00	20000	Bacia impermeabilizada
14	Fuga de 100 mm num reservatório com solução de cianeto de sódio	Bacia do tanque de solução NaCN	Solução de cianeto de sódio	-	100	20000	26	3600		2,0	224,8	62,45	20000	Bacia impermeabilizada
15	Fuga de 10 mm num reservatório com solução de cianeto de sódio	Bacia do tanque de solução NaCN	Solução de cianeto de sódio	-	10	20000	26	3600		2,0	2,2	0,62	2248	Bacia impermeabilizada
16	Colapso de reservatório com solução de sulfato de zinco	Armazém de Reagentes	Solução de sulfato de zinco	-	-	50000	26	3600	72,8	2,0	0,0	0,00	50000	Bacia impermeabilizada
17	Rotura (100 mm) de reservatório com solução de sulfato de zinco	Armazém de Reagentes	Solução de sulfato de zinco	-	100	50000	26	3600	72,8	2,0	224,8	74,94	50000	Bacia impermeabilizada
18	Rotura (10 mm) de reservatório com solução de sulfato de zinco	Armazém de Reagentes	Solução de sulfato de zinco	-	10	50000	26	3600	16,9	2,0	2,2	0,75	2698	Bacia impermeabilizada



QUADRANTE

Nº Evento	Evento (ambiental)	Localização	Produto	Diâm. Orifício (mm)	Diâm. Equiv. Orifício (mm)	Quant. máx. aprox. (kg)	Área contenção (m2)	Duração (s)	Diâmetro máx. massa derramada (m)	Altura tanque (m)	Caudal fuga (m3/h)	Caudal fuga (kg/s)	Massa envolvida (kg)	Meio Recetor
19	Colapso de reservatório com solução de sulfato de cobre	Armazém de Reagentes	Solução de sulfato de cobre	-	-	5000	26	3600	23,0	2,0	0,0	0,00	5000	Bacia impermeabilizada
20	Rotura (100 mm) de reservatório com solução de sulfato de cobre	Armazém de Reagentes	Solução de sulfato de cobre	-	100	5000	26	3600	23,0	2,0	224,8	74,94	5000	Bacia impermeabilizada
21	Rotura (100 mm) de reservatório com solução de sulfato de cobre	Armazém de Reagentes	Solução de sulfato de cobre	-	10	5000	26	3600	16,9	2,0	2,2	0,75	2698	Bacia impermeabilizada
22	Colapso da barreira do Aterro de Rejeitados	Aterro de Rejeitados	Rejeitados	-	-	2,437E+09	-	3600	5084,7	20	0	0	2436719000	Massa de água
29	Rotura total de tubagem de transporte de rejeitados	Canal de transporte de rejeitados	Rejeitados	250	250	9166,7	412	120	9,9	-	-	76,4	9167	Bacia impermeabilizada
30	Fuga de 10% do diâmetro de tubagem de transporte de rejeitados	Canal de transporte de rejeitados	Rejeitados	250	25	9166,7	412	120	3,1	-	-	7,6	917	Bacia impermeabilizada

Tabela 22: Resultados da avaliação de dano ambiental

Nº Evento	Evento (ambiental)	Localização	Produto	Meio Recetor	Densidade (kg/m3)	Volume (L)	Área derrame (m2)	Índice Quantidade	Índice Área	Índice Perigosidade Substância	Índice Sensibilidade Envolv.	Valor dano ambiental	Índice dano ambiental	Avaliação dano ambiental
1	Rotura de reservatório de gasóleo	Reservatório de gasóleo	Gasóleo	Bacia impermeabilizada	900	19111	252	3	2	3	0	0	1	Insignificante



QUADRANTE

Estudo ACL_Lagoa Salgada_Fev2025
Estudo de Avaliação de Compatibilidade de Localização

Nº Evento	Evento (ambiental)	Localização	Produto	Meio Recetor	Densidade (kg/m3)	Volume (L)	Área derrame (m2)	Índice Quantidade	Índice Área	Índice Perigosidade Substância	Índice Sensibilidade Envolv.	Valor dano ambiental	Índice dano ambiental	Avaliação dano ambiental
2	Fuga de 100 mm de reservatório de gasóleo	Reservatório de gasóleo	Gasóleo	Bacia impermeabilizada	900	19111	252	3	2	3	0	0	1	Insignificante
3	Fuga de 10 mm de reservatório de gasóleo	Reservatório de gasóleo	Gasóleo	Bacia impermeabilizada	900	2248	225	2	2	3	0	0	1	Insignificante
7	Rotura total de mangueira de abastecimento de gasóleo	Local de Abastecimento de reservatório de gasóleo	Gasóleo	Bacia impermeabilizada	900	17333	1500	3	3	3	0	0	1	Insignificante
8	Fuga de 10% do diâmetro de mangueira de abastecimento de gasóleo	Local de Abastecimento de reservatório de gasóleo	Gasóleo	Bacia impermeabilizada	900	1599	160	2	2	3	0	0	1	Insignificante
10	Rotura de big-bag de cianeto de sódio	Bacia de reagentes	Cianeto de sódio	Bacia impermeabilizada	1600	625	8	1	1	4	0	0	1	Insignificante
11	Rotura de big-bag de sulfato de zinco	Bacia de reagentes	Sulfato de zinco	Bacia impermeabilizada	1980	505	51	1	1	4	0	0	1	Insignificante
12	Rotura de big-bag de sulfato de cobre	Bacia de reagentes	Sulfato de cobre	Bacia impermeabilizada	3600	278	28	1	1	4	0	0	1	Insignificante
13	Rotura de reservatório com solução de cianeto de sódio	Bacia do tanque de solução NaCN	Solução de cianeto de sódio	Bacia impermeabilizada	1000	20000	2000	3	3	3	0	0	1	Insignificante



QUADRANTE

Estudo ACL_Lagoa Salgada_Fev2025
Estudo de Avaliação de Compatibilidade de Localização

Nº Evento	Evento (ambiental)	Localização	Produto	Meio Recetor	Densidade (kg/m3)	Volume (L)	Área derrame (m2)	Índice Quantidade	Índice Área	Índice Perigosidade Substância	Índice Sensibilidade Envolv.	Valor dano ambiental	Índice dano ambiental	Avaliação dano ambiental
14	Fuga de 100 mm num reservatório com solução de cianeto de sódio	Bacia do tanque de solução NaCN	Solução de cianeto de sódio	Bacia impermeabilizada	1000	20000	2000	3	3	3	0	0	1	Insignificante
15	Fuga de 10 mm num reservatório com solução de cianeto de sódio	Bacia do tanque de solução NaCN	Solução de cianeto de sódio	Bacia impermeabilizada	1000	2248	225	2	2	3	0	0	1	Insignificante
16	Colapso de reservatório com solução de sulfato de zinco	Armazém de Reagentes	Solução de sulfato de zinco	Bacia impermeabilizada	1200	41667	4167	3	3	3	0	0	1	Insignificante
17	Rotura (100 mm) de reservatório com solução de sulfato de zinco	Armazém de Reagentes	Solução de sulfato de zinco	Bacia impermeabilizada	1200	41667	4167	3	3	3	0	0	1	Insignificante
18	Rotura (10 mm) de reservatório com solução de sulfato de zinco	Armazém de Reagentes	Solução de sulfato de zinco	Bacia impermeabilizada	1200	2248	225	2	2	3	0	0	1	Insignificante
19	Colapso de reservatório com solução de sulfato de cobre	Armazém de Reagentes	Solução de sulfato de cobre	Bacia impermeabilizada	1200	4167	417	2	2	4	0	0	1	Insignificante



QUADRANTE

Estudo ACL_Lagoa Salgada_Fev2025
Estudo de Avaliação de Compatibilidade de Localização

Nº Evento	Evento (ambiental)	Localização	Produto	Meio Recetor	Densidade (kg/m3)	Volume (L)	Área derrame (m2)	Índice Quantidade	Índice Área	Índice Perigosidade Substância	Índice Sensibilidade Envolv.	Valor dano ambiental	Índice dano ambiental	Avaliação dano ambiental
20	Rotura (100 mm) de reservatório com solução de sulfato de cobre	Armazém de Reagentes	Solução de sulfato de cobre	Bacia impermeabilizada	1200	4167	417	2	2	4	0	0	1	Insignificante
21	Rotura (100 mm) de reservatório com solução de sulfato de cobre	Armazém de Reagentes	Solução de sulfato de cobre	Bacia impermeabilizada	1200	2248	225	2	2	4	0	0	1	Insignificante
22	Colapso da barreira do Aterro de Rejeitados	Aterro de Rejeitados	Rejeitados	Massa de água	1200	2030599167	20305992	4	4	4	2	18	6	Crítico
29	Rotura total de tubagem de transporte de rejeitados	Canal de transporte de rejeitados	Rejeitados	Bacia impermeabilizada	1200	7639	76	2	1	4	0	0	1	Insignificante
30	Fuga de 10% do diâmetro de tubagem de transporte de rejeitados	Canal de transporte de rejeitados	Rejeitados	Bacia impermeabilizada	1200	764	8	1	1	4	0	0	1	Insignificante

2.6.6. CONCLUSÕES DOS EFEITOS SOBRE O AMBIENTE

Os resultados obtidos na análise dos cenários com substâncias perigosas para os organismos aquáticos identificados para o estabelecimento, tiveram-se em conta as condições de impermeabilização e as bacias de retenção existentes.

Assim, verifica-se que a maioria dos eventos críticos estão classificados como “insignificantes”. Isto deve-se ao fato de as áreas de derrame ficarem contidas nas áreas de contenção (bacias de retenção, pavimentação impermeabilizadas) consideradas, não sendo esperado que haja dano ambiental em caso de derrame no estabelecimento.

A única exceção é o Colapso da barreira do Aterro de Rejeitados (Evento nº 22), uma vez que a quantidade de contaminante (rejeitados e águas pluviais acumuladas) é muito elevada. Este cenário foi considerado, tendo em conta o histórico acumulado de acidentes em instalações de armazenagem de rejeitados de minas similares. Um derrame destas áreas terá o potencial para abranger uma área estimada de cerca de 20,3 km², podendo afetar as águas superficiais dos afluentes do rio Sado e o ribeiro do Arcão. O derrame de águas poderá atingir em extensão (diâmetro de derrame de cerca de 5085m), as populações de Água Derramada ou Cilha Pascoal (com cerca de 300 habitantes cada).

Como identificado no capítulo de Fontes de Perigos Internas, num evento de rotura da barreira do Aterro de Rejeitados espera-se que as lamas de água e rejeitados possam mover-se e atingir o meio hídrico. No entanto, o Aterro foi desenhado, tendo em conta este risco, caracterizando-se as medidas preventivas por:

- Dimensionamento do Aterro para exceder a capacidade máxima de rejeitados a armazenar ao longo do ciclo de vida da mina, de modo a reduzir a pressão de água na barreira do Aterro;
- Construção do Aterro tendo em conta os critérios de projeto segundo as diretrizes da *Canadian Dam Association* (CDA) e as Normas do Euro Código. Os critérios usados para o aterro são baseados na classificação de risco para as barragens de ‘Muito Alto’, sendo construído em material compactado, de acordo com um método definido para aumentar a resistência da barreira;
- Sistema de impermeabilização por argila e geomembrana a envolver o solo e as paredes do Aterro, para prevenir a infiltração de água no solo e, consequentemente a deslocação de terras em caso de pressão excessiva de água;



QUADRANTE

- Sistema de recolha de água pluvial, formado por tubagem perfurada na camada acima da camada de argila, com ligação a um poço de recolha de água (135 000 m³ de capacidade).

Apresenta-se na tabela seguinte uma avaliação sistematizada das consequências para o ambiente, para os eventos críticos seleccionados mais relevantes para a ocorrência de acidentes graves. Na avaliação que se apresenta de seguida analisou-se o meio de contenção existente no local de ocorrência dos cenários de acidente, as ligações existentes ao sistema de efluentes do estabelecimento, quais os procedimentos de controlo de uma potencial contaminação da rede de águas pluviais. Com base nesta informação foi analisada a possibilidade de contaminação de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, quer pelo não confinamento de um eventual derrame, quer pela utilização de grandes quantidades de água/espuma no combate a incêndios.

Tabela 23: Avaliação sistematizada das consequências para o ambiente, para os eventos críticos selecionados mais relevantes

Nº	Evento	Tipo de meio de contenção	Ligações ao sistema de águas residuais	Procedimentos de controlo contaminação da rede pública de águas pluviais	Contaminação dos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, tendo em conta a vulnerabilidade do meio envolvente	Não confinamento de efluentes contaminados provenientes da utilização em grandes quantidades de água/espuma no combate a incêndios
1	Rotura de reservatório de gasóleo	Bacia de retenção impermeabilizadas, com válvula de ligação à rede de águas residuais do estabelecimento normalmente fechada.	A bacia de retenção possuirá uma válvula de ligação à rede de águas residuais, encontrará normalmente na posição fechada.	Se o derrame ocorrer fora de uma bacia de retenção, este será encaminhada para a Estação de Tratamento de Águas Residuais, que contém um Separador de Hidrocarbonetos.	Não se considera credível tendo em consideração que: - em caso de derrame este ocorrerá numa bacia de retenção impermeabilizada onde o produto ficará retido, sendo posteriormente efetuada a recolha do produto e a limpeza da bacia de retenção; - as bacias terão válvulas de ligação à rede de efluente que poderão ser abertas manualmente para encaminhamento encaminhada para a Estação de Tratamento de Águas Residuais, que contém um Separador de Hidrocarbonetos - Os terrenos são impermeabilizados e betumados, pelo que não se prevê igualmente a infiltração de produto no terreno.	No caso de produção de grandes quantidades de água/espuma resultantes do combate a incêndio, que poderá constituir um efluente potencialmente contaminado, será encaminhado encaminhada para a Estação de Tratamento de Águas Residuais, que contém um Separador de Hidrocarbonetos.
2	Fuga de 100 mm de reservatório de gasóleo					
3	Fuga de 10 mm de reservatório de gasóleo					

Nº	Evento	Tipo de meio de contenção	Ligações ao sistema de águas residuais	Procedimentos de controlo contaminação da rede pública de águas pluviais	Contaminação dos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, tendo em conta a vulnerabilidade do meio envolvente	Não confinamento de efluentes contaminados provenientes da utilização em grandes quantidades de água/espuma no combate a incêndios
7	Rotura total de mangueira de abastecimento de gasóleo	Área impermeabilizada e com caleiras com ligação ao sistema de recolha de águas pluviais potencialmente contaminadas.	A bacia de retenção possuirá uma válvula de ligação à rede de águas residuais, encontrará normalmente na posição fechada.	Se o derrame ocorrer fora de uma bacia de retenção, este será encaminhado para a Estação de Tratamento de Águas Residuais, que contém um Separador de Hidrocarbonetos.	Não se considera credível tendo em consideração que: - em caso de derrame este ocorrerá numa bacia de retenção impermeabilizada onde o produto ficará retido, sendo posteriormente efetuada a recolha do produto e a limpeza da bacia de retenção; - as bacias terão válvulas de ligação à rede de efluente que poderão ser abertas manualmente para encaminhamento encaminhado para a Estação de Tratamento de Águas Residuais, que contém um Separador de Hidrocarbonetos - Os terrenos são impermeabilizados e betumados, pelo que não se prevê igualmente a infiltração de produto no terreno.	No caso de produção de grandes quantidades de água/espuma resultantes do combate a incêndio, que poderá constituir um efluente potencialmente contaminado, será encaminhado encaminhado para a Estação de Tratamento de Águas Residuais, que contém um Separador de Hidrocarbonetos.
8	Fuga de 10% do diâmetro de mangueira de abastecimento de gasóleo					

Nº	Evento	Tipo de meio de contenção	Ligações ao sistema de águas residuais	Procedimentos de controlo contaminação da rede pública de águas pluviais	Contaminação dos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, tendo em conta a vulnerabilidade do meio envolvente	Não confinamento de efluentes contaminados provenientes da utilização em grandes quantidades de água/espuma no combate a incêndios
10	Rotura de big-bag de cianeto de sódio	Armazém de Reagentes com piso rebaixado e impermeabilizado de modo a conter cerca de 120 m ³ .	Não possui, uma vez que não se prevê o uso de água neste local.	Se o derrame ocorrer, este será em estado sólido e, por isso será recolhido por meio de pás ou outros equipamentos para o interior de contentores, para serem encaminhados para um sistema de tratamento de resíduos ou para integrarem o processo de lavaria.	Não se considera credível tendo em consideração que: - em caso de derrame, que possa entrar em contacto com a rede de águas pluviais, este será encaminhado para a bacia "Runoff Pond" - Os terrenos são impermeabilizados e betumados, pelo que não se prevê igualmente a infiltração de produto no terreno.	Não se prevê o uso de água ou espuma, dado a formação de gases inflamáveis de alguns dos produtos em contacto com a água.
11	Rotura de big-bag de sulfato de zinco					
12	Rotura de big-bag de sulfato de cobre					

Nº	Evento	Tipo de meio de contenção	Ligações ao sistema de águas residuais	Procedimentos de controlo contaminação da rede pública de águas pluviais	Contaminação dos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, tendo em conta a vulnerabilidade do meio envolvente	Não confinamento de efluentes contaminados provenientes da utilização em grandes quantidades de água/espuma no combate a incêndios
13	Rotura de reservatório com solução de cianeto de sódio	Armazém de Reagentes com piso rebaixado e impermeabilizado de modo a conter cerca de 120 m ³ . Equipamentos com parede de grande espessura e tubagens de ligação em parede dupla reduzem o risco de derrame.	Tubagem de ligação do reservatório, com um tabuleiro de ligação à lavaria, local pendente para o interior, na direção de uma fossa de recolha e reaproveitamento de produto ao processo, através de bombagem.	Em caso de derrame, que possa entrar em contacto com a rede de águas pluviais, este será encaminhado para a bacia "Runoff Pond".	Não se considera credível tendo em consideração que: - em caso de derrame, que possa entrar em contacto com a rede de águas pluviais, este será encaminhado para a bacia "Runoff Pond" - Os terrenos são impermeabilizados e betumados, pelo que não se prevê igualmente a infiltração de produto no terreno.	Não se prevê o uso de água ou espuma, dado a formação de gases inflamáveis de alguns dos produtos em contacto com a água.
14	Fuga de 100 mm num reservatório com solução de cianeto de sódio					
15	Fuga de 10 mm num reservatório com solução de cianeto de sódio					

Nº	Evento	Tipo de meio de contenção	Ligações ao sistema de águas residuais	Procedimentos de controlo contaminação da rede pública de águas pluviais	Contaminação dos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, tendo em conta a vulnerabilidade do meio envolvente	Não confinamento de efluentes contaminados provenientes da utilização em grandes quantidades de água/espuma no combate a incêndios
16	Colapso de reservatório com solução de sulfato de zinco	Armazém de Reagentes com piso rebaixado e impermeabilizado de modo a conter cerca de 120 m³. Equipamentos com parede de grande espessura e tubagens de ligação em parede dupla reduzem o risco de derrame.	Tubagem de ligação do reservatório, com um tabuleiro de ligação à lavaria, local pendente para o interior, na direção de uma fossa de recolha e reaproveitamento de produto ao processo, através de bombagem.	Em caso de derrame, que possa entrar em contacto com a rede de águas pluviais, este será encaminhado para a bacia "Runoff Pond".	Não se considera credível tendo em consideração que: - em caso de derrame, que possa entrar em contacto com a rede de águas pluviais, este será encaminhado para a bacia "Runoff Pond" - Os terrenos são impermeabilizados e betumados, pelo que não se prevê igualmente a infiltração de produto no terreno.	Não se prevê o uso de água ou espuma, dado a formação de gases inflamáveis de alguns dos produtos em contacto com a água.
17	Rotura (100 mm) de reservatório com solução de sulfato de zinco					
18	Rotura (10 mm) de reservatório com solução de sulfato de zinco					
19	Colapso de reservatório com solução de sulfato de cobre					
20	Rotura (100 mm) de reservatório com solução de sulfato de cobre					
21	Rotura (100 mm) de reservatório com solução de sulfato de cobre					

Nº	Evento	Tipo de meio de contenção	Ligações ao sistema de águas residuais	Procedimentos de controlo contaminação da rede pública de águas pluviais	Contaminação dos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, tendo em conta a vulnerabilidade do meio envolvente	Não confinamento de efluentes contaminados provenientes da utilização em grandes quantidades de água/espuma no combate a incêndios
22	Colapso da barreira do Aterro de Rejeitados	Sistema de impermeabilização por argila e geomembrana a envolver o solo e as paredes do Aterro	Não se dispõe.	Sistema fechado com impermeabilização por argila e geomembrana a envolver o solo e as paredes do Aterro. Tratamento de águas ácidas em "Reclaim Pond", enviando as mesmas para o processo.	Sistema de recolha de água pluvial, formado por tubagem perfurada na camada acima da camada de argila, com ligação a um poço de recolha de água (135 000 m3 de capacidade)	Não se aplica. Não se prevê a ocorrência de incêndios.

3. Determinação das zonas de perigosidade

Para avaliar as consequências derivadas dos acontecimentos acidentais aplicaram-se diferentes modelos matemáticos que permitem calcular:

- Magnitude e duração da fuga;
- Duração e intensidade da radiação térmica, em função da distância;
- Sobrepressão devida a uma explosão, em função da distância.

Na tabela seguinte apenas indicam-se os cenários de acidentes com probabilidade superior a 10^{-6} .

Estes resultados serão incluídos no Formulário de proposta de Zonas de Perigosidade disponibilizado no sítio na internet da Agência Portuguesa do Ambiente.

No Apêndice 3 do presente documento de Proposta fundamentada para a Avaliação de Compatibilidade de Localização, incluem-se os resultados dos acidentes modelizados, obtidos nas simulações realizadas com o programa PHAST 9.0.

Cenário	Evento Crítico	Tipo de Fenómeno	Substância perigosa	Distância 1 (m)	Distância 2 (m)
1	1	Incêndio Charco	Gasóleo	15	17
2	2	Incêndio Charco	Gasóleo	15	17
3	3	Incêndio Charco	Gasóleo	15	17
4	7	Incêndio Jato	Gasóleo	0	0
5	7	Incêndio Charco	Gasóleo	26	31
6	8	Incêndio Jato	Gasóleo	0	0
7	8	Incêndio Charco	Gasóleo	25	29
8	9a	Toxicidade	Dióxido de Enxofre	5	267
9	9b	Toxicidade	Dióxido de Azoto	0	0
10	9c	Toxicidade	Ácido Cianídrico	0	1
11	10	Toxicidade	Cianeto de sódio	0	0
12	15	Toxicidade	Solução de cianeto de sódio	445	689

4. Caracterização da vulnerabilidade da envolvente

4.1. Elementos construídos

A área de concessão ficará implantada numa zona classificada na Planta de condicionantes da Carta de Ordenamento do Plano Diretor Municipal de Grândola como sendo **povoamentos de sobreiros e azinheiras**, não se verificando a existência de qualquer edificado de habitação, comercial ou que se possa considerar como local de concentração significativa de pessoas num raio de mais de trezentos metros.

A 200m do limite da área de concessão do projeto, a Oeste, encontra-se um Edifício de apoio agrícola, formado por um piso único em alvenaria. Este edifício não constitui uma habitação própria e permanente. A Sul, a cerca de 460m do Aterro de Rejeitados encontra-se uma outra estrutura de apoio à produção agropecuária constituída por um edifício devoluto de um piso e, um outro de construção mais recente também de um piso, mas que também não é uma habitação própria e permanente.

A 950m a Oeste do limite da área de concessão do projeto da Mina Lagoa Salgada encontra-se a povoação de Cilha Pascoal e, a 750m para Sudeste a povoação de Água Derramada.

Estas distâncias são superiores ao alcance previsível da generalidade dos efeitos relevantes dos cenários representativos do estabelecimento.

Na figura abaixo apresenta-se localização esquemática da área de concessão com indicação da área da área da envolvente próxima.

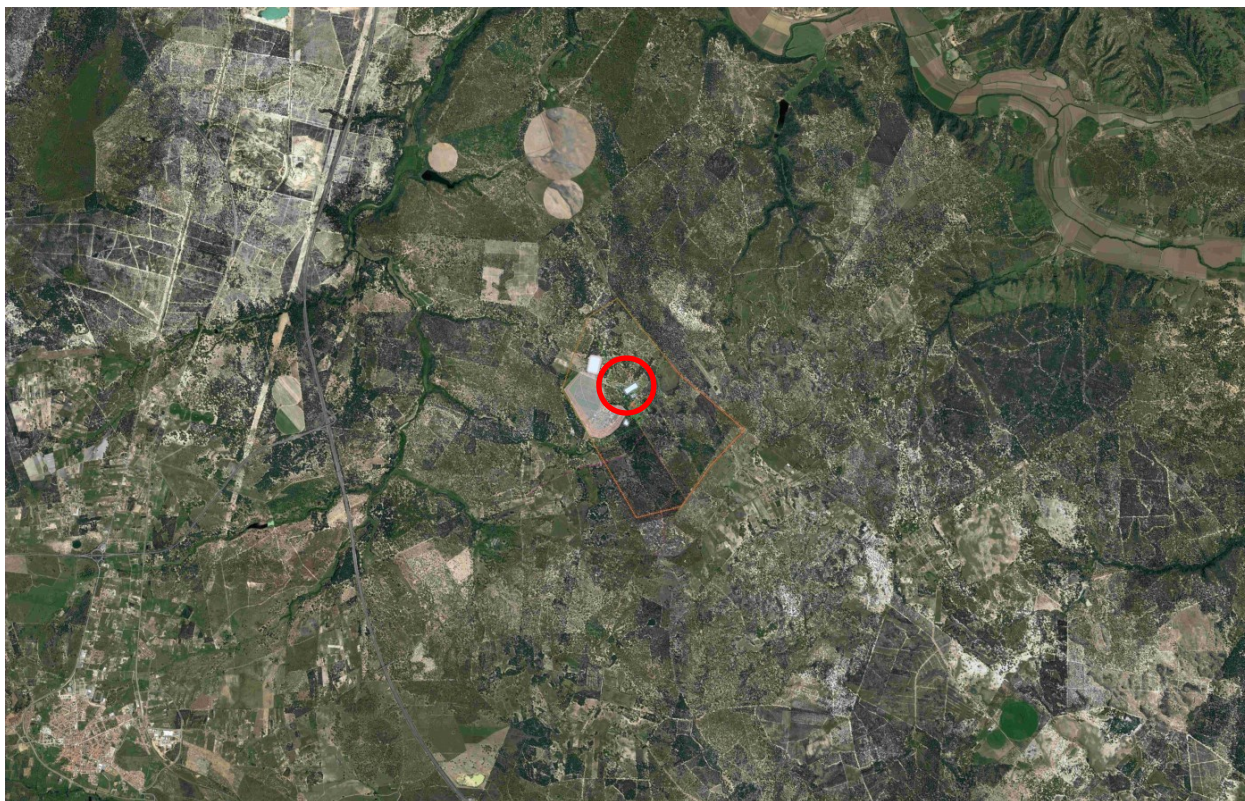


Figura 3: Localização do estabelecimento da Área de Concessão do Projeto da Mina da Lagoa Salgada e representação da área envolvente. Em evidência a área de tratamento dos minérios (lavaria) onde se encontram as substâncias perigosas

No que se refere a vias de circulação rodoviária, os cenários considerados envolvendo as substâncias perigosas não têm o potencial para afetar a via rodoviária de acesso à zona industrial onde se encontra o estabelecimento da Mina da Lagoa Salgada. Esta via é, em regra, utilizada apenas por veículos que acedem à área da concessão, pelo que não é espectável a afetação relevante de outros veículos. Acresce que os efeitos da exposição a concentrações se referem a uma hora de exposição ou a tempos de exposição de, no mínimo, 30 segundos (exposição a radiação térmica) e que as zonas potencialmente afetadas são vias de circulação rodoviária em que os utilizadores se encontram em circulação sem paragens, pode concluir-se que os efeitos potenciais sobre os ocupantes de veículos que transitem nos troços afetados venham a sofrer qualquer tipo de efeito nocivo, uma vez que o tempo de exposição é de apenas alguns segundos.

A área envolvente à concessão está delimitada por espaços com coberto vegetal e de alguns terrenos agrícolas dispersos.

Na área contígua, nomeadamente num raio de mais de 2 km, não estão identificadas interfaces de transporte de passageiros, vias de comunicação importantes, escolas, lares e centros de dia para idosos ou para pessoas com deficiência, hospitais e outros estabelecimentos de saúde com internamento.

No que diz respeito aos elementos de uso dedicado ao socorro da população em caso de acidente grave, não se identificaram na envolvente próxima corpos de bombeiros, postos de forças de segurança ou estabelecimentos de saúde. Acresce que o povoamento mais próximo é a povoação de Água Derramada que dista do local onde ficará a instalação de processamento do minério cerca de 2,5 km.

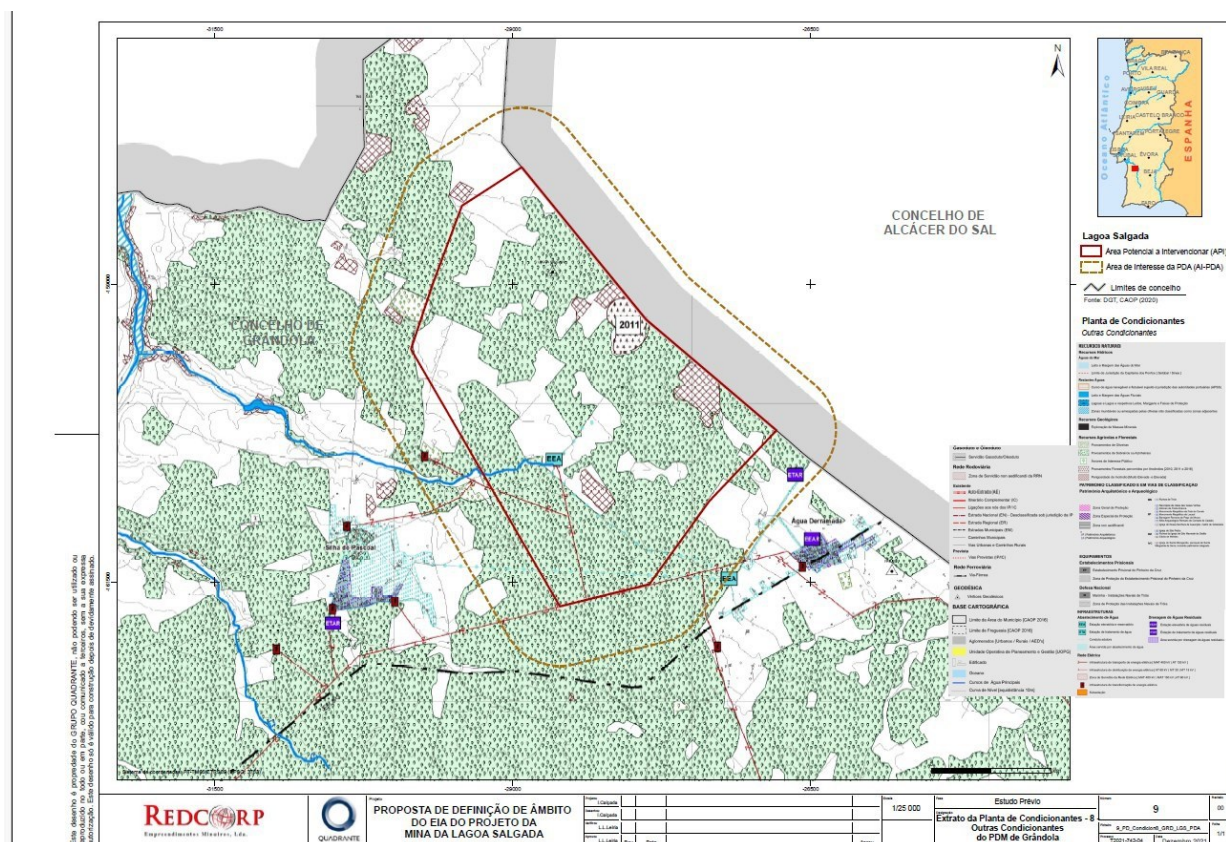


Figura 4: Extrato da carta de ordenamento e de condicionantes

4.2. Recetores ambientalmente sensíveis

Não foram identificados recetores ambientalmente sensíveis, na envolvente próxima da área de concessão do Projeto da Mina da Lagoa Salgada.

4.3. Usos, Classificações e Qualificação dos Solos

No Apêndice 1 encontram-se os extratos das cartas de solos e uso de solos, do Plano Diretor Municipal (PDM).

4.4. Carta da envolvente

As cartas da envolvente, à escala 1:10 000, estão incluídas no Apêndice 1.

5. Conclusão

Nesta Avaliação de Compatibilidade de Localização, foram identificados e analisados 28 eventos críticos, que resultaram em 14 cenários de acidente significativos, para a saúde humana.

As Zonas de Perigosidade correspondem ao conjunto das distâncias abrangidas pelos cenários de acidente, relativamente ao limiar de possibilidade de ocorrência de letalidade e o limiar de possibilidade de ocorrência de efeitos irreversíveis na saúde humana.

A avaliação de Consequências dos cenários de acidentes identificados e analisados, indica que a maior distância para o limiar de possibilidade de ocorrência de letalidade são 445 metros, devido ao Evento nº 15 - Fuga de 10 mm num reservatório com solução de cianeto de sódio, com libertação de nuvem tóxica de HCN (resultante da conversão de cianeto de sódio) e, danos irreversíveis de 689 metros, resultantes do mesmo evento.

De acordo com as representações gráficas dos cenários de acidente, para além dos edifícios do estabelecimento não haverá mais nenhum edifício ou zona de uso sensível, abrangido pelos efeitos perigosos do estabelecimento.

Relativamente aos cenários de acidentes com consequências ambientais, da análise da estimativa da frequência dos eventos iniciadores, importa realçar que o projeto referente ao Projeto da Mina da Lagoa Salgada, em Grândola não tem impacte significativo em termos do risco para a envolvente, à exceção do risco de rotura de barreira do Aterro de Armazenagem de Rejeitados, cujos danos para os organismos aquáticos podem ser críticos, uma vez que as lamas de água e rejeitados possam mover-se e atingir o meio hídrico da envolvente (afluente do Rio Sado e ribeiro do Arcão).

Para este evento, foram desenvolvidos em fase de projeto um conjunto de medidas de controlo da resistência das paredes do Aterro e recolha de águas de drenagem e pluviais, que possam provocar uma rotura por pressão nas paredes ou deslizamento de terras. A construção do aterro terá em conta os critérios de projeto segundo as diretrizes da *Canadian Dam Association* (CDA) e as Normas do Euro Código. Os critérios usados para o aterro são baseados na classificação de risco para as barragens de 'Muito Alto', sendo construído em material compactado, de acordo com um método definido para aumentar a resistência da barreira.

Tendo como base a análise de riscos realizada, conclui-se que a generalidade dos eventos relevantes resultantes da perda de contenção de reservatórios ou contentores de substâncias perigosas na lavaria



QUADRANTE

do Projeto da Mina da Lagoa Salgada que apresentam um valor de probabilidade de ocorrência acima do limiar de interesse definido apresentam alcances dos efeitos muito pouco relevantes que permitem considerar que não serão afetados locais de concentração significativa de pessoas, nomeadamente locais onde ocorram acontecimentos desportivos, espetáculos ou zonas comerciais de elevada concentração de pessoas.

No que concerne à vulnerabilidade da envolvente, conclui-se:

- A área de implantação do estabelecimento da lavaria do Projeto da Mina da Lagoa Salgada apresenta uma envolvente terrestre caracterizada por uma ocupação florestal e rural, sem condicionantes, sobretudo sensíveis. As áreas das zonas de perigosidade que atualmente não se encontram ocupadas, enquadram-se no PDM, pelo que a ocupação prevista será dedicada à exploração rural e florestal, sendo que, na generalidade, os efeitos dos cenários de acidente em causa ficarão contidas dentro dos limites do estabelecimento. Acresce que a área de lavaria será impermeabilizada e possuirá pendente para pontos de recolha de produtos, que serão incorporados no processo.
- As zonas de perigosidade não têm qualquer impacto em habitações, edifícios que recebam público, edifícios escolares, edifícios públicos, infraestruturas, linhas elétricas de alta tensão ou património arquitetónico e arqueológico;
- Os elementos construídos abrangidos ficam, em regra, confinados no interior do perímetro da instalação não se identificando qualquer outra edificação num raio superior a 2,5 km, com exceção de alguns (poucos) barracões para arrumos de ferramentas agrícolas;
- As zonas de perigosidade decorrentes da alteração prevista não têm impacto sobre recetores ambientalmente sensíveis, nomeadamente REN, cursos de água e respetivos leitos e margens;

Em conclusão, tendo em consideração o exposto, considera-se que o projeto em estudo, nomeadamente os elementos e as operações que integram o Projeto da Mina da Lagoa Salgada, em Grândola, tem um reduzido impacto no nível de risco de acidentes graves.

Neste sentido, tendo em conta os cenários considerados e os seus efeitos, bem como a ocupação da envolvente, considera-se que o estabelecimento objeto do presente estudo é compatível com a envolvente.



QUADRANTE

Refere-se ainda que os eventos associados à perda de contenção de soluções de sulfato de Zinco e sulfato de cobre estão confinadas às respectivas bacias de contenção, mas tal como no caso da solução de cianeto de sódio, estes tanques também se pode equacionar em fase de projeto de execução a construção do tanques de mistura e distribuição em parede dupla.