



QUADRANTE



MADOQUA POWER2X

UNIDADES DE PRODUÇÃO DE NH₃ A PARTIR DE H₂ RENOVÁVEL

PROJETO DE EXECUÇÃO LICENCIAMENTO AMBIENTAL AVALIAÇÃO DE COMPATIBILIDADE DE LOCALIZAÇÃO

Revisão

Porto, 29 de abril de 2025





T2022-793-00-EX-ACL

Licenciamento Ambiental
AVALIAÇÃO DE COMPATIBILIDADE DE LOCALIZAÇÃO

Esta página foi deixada propositadamente em branco

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO
0	14/01/2025	Emissão inicial
1	29/04/2025	Revisão de acordo com o pedido de elementos adicionais

MADOQUA POWER2X

UNIDADES DE PRODUÇÃO DE NH₃ A PARTIR DE H₂ RENOVÁVEL

PROJETO DE EXECUÇÃO

LICENCIAMENTO AMBIENTAL

AVALIAÇÃO DE COMPATIBILIDADE DE LOCALIZAÇÃO

ÍNDICE GERAL

<u>1</u>	<u>CARACTERIZAÇÃO DO ESTABELECIMENTO</u>	<u>6</u>
1.1	INFORMAÇÃO SOBRE AS SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS PRESENTES NO ESTABELECIMENTO	7
1.2	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	8
1.2.1	PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE	9
1.2.2	UNIDADE DE PRODUÇÃO DE AMONÍACO	14
1.2.3	ATIVIDADES DE RECEÇÃO DE SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS	19
1.2.4	UTILIDADES	19
1.3	MEDIDAS DE PREVENÇÃO E MITIGAÇÃO	44
1.3.1	EDIFÍCIOS	45
1.3.2	PROTEÇÃO DE EQUIPAMENTOS	45
1.3.3	MEDIDAS DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIOS E EXPLOSÕES	47
1.3.4	SISTEMA DETECÇÃO DE INCÊNDIO E GÁS	53
1.3.5	INTERFACES DO SISTEMA DE DETECÇÃO DE INCÊNDIOS	56
1.3.6	INTERFACE COM SISTEMAS DE ALARME ACÚSTICO E VISUAL	57
1.3.7	GESTÃO DE RISCOS TÓXICOS	58
1.4	MEDIDAS DE CONTENÇÃO DE DERRAMES	59
1.4.1	ATIVIDADES DE RECEÇÃO DE SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS	60
1.4.2	MEIOS DE CONTENÇÃO FIXOS E MÓVEIS DE SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS	61
1.4.3	SISTEMA DE DRENAGEM	65
1.5	PLANTA GERAL DO ESTABELECIMENTO	67
<u>2</u>	<u>IDENTIFICAÇÃO, SELEÇÃO E ANÁLISE DOS POSSÍVEIS CENÁRIOS DE ACIDENTE</u>	<u>69</u>
2.1	ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS	70
2.1.1	IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE PERIGO INTERNAS	70
2.1.2	ANÁLISE DA PERIGOSIDADE DAS SUBSTÂNCIAS	77
2.2	IDENTIFICAÇÃO DOS POTENCIAIS CENÁRIOS DE ACIDENTE	81
2.3	ESTIMATIVA DE FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DOS CENÁRIOS DE ACIDENTE IDENTIFICADOS	83
2.4	SELEÇÃO DE CENÁRIOS DE ACIDENTE	91
2.4.1	ÁRVORES DE ACONTECIMENTOS	91
2.5	AVALIAÇÃO DAS CONSEQUÊNCIAS	116

2.5.1	INTRODUÇÃO	116
2.5.2	VALORES LIMITE – DEFINIÇÃO DE ZONAS DE IMPLANTAÇÃO	117
2.5.3	CRITÉRIOS GERAIS EMPREGUES.....	119
2.5.4	RESULTADOS DOS CENÁRIOS SELECIONADOS	121
2.6	SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS PARA OS ORGANISMOS AQUÁTICOS	133
3	<u>DETERMINAÇÃO DAS ZONAS DE PERIGOSIDADE</u>	137
4	<u>CARACTERIZAÇÃO DA VULNERABILIDADE DA ZONA ENVOLVENTE</u>	150
4.1	ELEMENTOS CONSTRUÍDOS	150
4.1.1	LOCALIZAÇÃO E ENVOLVENTE	150
4.2	RECETORES AMBIENTALMENTE SENSÍVEIS	153
4.3	USOS, CLASSIFICAÇÕES E QUALIFICAÇÕES DO SOLO	155
4.4	CARTA DA ENVOLVENTE	155
5	<u>CONCLUSÃO</u>	156

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1.1 -Caracterização das substâncias perigosas Seveso.....	7
Quadro 1.2 - Análise de Água Industrial.	20
Quadro 1.3- Balanço de iões.	21
Quadro 1.4 - Características dos meios de contenção.	62
Quadro 2.1 - <i>Caraterísticas de inflamabilidade das substâncias perigosas presentes.</i>	80
Quadro 2.2 - Eventos iniciadores.	81
Quadro 2.3 - Frequências unitárias dos eventos críticos.	83
Quadro 2.4 - Frequências, e acontecimentos acidentais utilizados.	85
Quadro 2.5 - Descrição das categorias de inflamabilidade (BEVI).	100
Quadro 2.6 - Categorias de inflamabilidade (BEVI) e probabilidade de ignição imediate.	102
Quadro 2.7 - Categoria de inflamabilidade (BEVI) das substâncias perigosas.	102
Quadro 2.8 - Probabilidade de ocorrência dos fenómenos perigosos.	104
Quadro 2.9 - Frequências finais dos fenómenos perigosos.	114
Quadro 2.10 - Definição dos valores limite de radiação térmica, sobrepressão, inflamabilidade e toxicidade.	118
Quadro 2.11 - Valores limite de AEGL (60 min).	118
Quadro 2.12 - Condições meteorológicas utilizadas nas modelações.	120
Quadro 2.13 - Tempos de fuga considerados.	121
Quadro 2.14 - Descrição dos parâmetros dos cenários de acidentes (dados de entrada PHAST).	123
Quadro 2.15 - Resultados da modelação no programa PHAST.	129
Quadro 2.16 - Avaliação das consequências para o ambiente para os eventos críticos, que envolvem substâncias perigosas para o ambiente aquático.	135
Quadro 3.1 - Resultados incluídos no Formulário de Proposta de Zonas de Perigosidade.	138

Quadro 3.2 - Cenários de acidentes que definem as zonas de perigosidade.	148
Quadro 4.1 - Elementos de uso dedicado ao socorro da população em caso de acidente grave.....	152

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Estrutura Geral do Projeto.....	9
Figura 1.2 - Fluxograma geral da Unidade de Produção de hidrogénio.	11
Figura 1.3- Diagrama simplificado do processo de produção de amoníaco.....	15
Figura 1.4 - Fluxograma geral da Unidade de Produção de NH_3 , UPNH_3	15
Figura 1.5 - Volume de armazenamento de amoníaco.....	36
Figura 1.6 - Cortina de Água em L para Tanque de Amoníaco.....	52
Figura 2.1 - Esquema representativo dos possíveis comportamentos de uma fuga de uma substância perigosa.....	93
Figura 4.1 - Implantação das Fábricas de produção de hidrogénio e amoníaco verde da MADOQUA POWER 2X.....	150
Figura 4.2 - Localização dos Sítios de Interesse Comunitário, Zonas de Proteção Especial – Rede Natura 2000.	154
Figura 4.3 - Localização da Ribeira de Moinhos (Fonte: SNIAmb (Sistema Nacional de Informação de Ambiente).....	155

MADOQUA POWER2X

UNIDADES DE PRODUÇÃO DE NH₃ A PARTIR DE H₂ RENOVÁVEL

PROJETO DE EXECUÇÃO

LICENCIAMENTO AMBIENTAL

AVALIAÇÃO DE COMPATIBILIDADE DE LOCALIZAÇÃO

1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTABELECIMENTO

A MadoquaPower2X, S.A. e a Madoqua NH₃, S.A. pertencem a um consórcio composto pela Madoqua Renewables, Power2X e Copenhagen Infrastructure Partners (CIP). O consórcio está empenhado em desenvolver, instalar e operar um projeto líder mundial de hidrogénio verde e amoníaco renovável denominado MadoquaPower2X.

As Fábricas de produção de hidrogénio e amoníaco verde da MADOQUA POWER 2X serão implantadas na Zona Industrial e Logística de Sines (ZILS), na freguesia e concelho de Sines.

O projeto utilizará energia renovável para produzir hidrogénio verde e amoníaco verde como combustíveis renováveis de origem não biológica, em conformidade com a Diretiva da União Europeia relativa às Energias Renováveis RED (III) (*Renewable Energy Directive*)¹. A eletricidade será fornecida principalmente através de uma comunidade de energia renovável com acesso a ativos solares e eólicos dedicados em Portugal.

O projeto MadoquaPower2X consiste em duas fábricas de raiz, uma para produzir hidrogénio verde utilizando tecnologia de eletrólise estabelecida e outra para produzir amoníaco verde através do processo *Haber-Bosch*. O amoníaco verde será transportado por conduta para o Porto de Sines e carregado para exportação e/ou utilizado como combustível marítimo.

Decorrente da sua atividade, existirão no estabelecimento substâncias perigosas em quantidades que o enquadram no Nível Superior de Perigosidade, no âmbito do Decreto-Lei n.º 150/2015, de 05 de agosto, procedendo-se à apresentação da presente Avaliação de Compatibilidade de Localização.

¹ DIRETIVA (UE) 2023/2413 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 18 de outubro de 2023 que altera a Diretiva (UE) 2018/2001, o Regulamento (UE) 2018/1999 e a Diretiva 98/70/CE no que respeita à promoção de energia de fontes renováveis e que revoga a Diretiva (UE) 2015/652 do Conselho

1.1 INFORMAÇÃO SOBRE AS SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS PRESENTES NO ESTABELECIMENTO

No Apêndice 2 incluem-se as Ficha de Dado de Segurança (FDS) das substâncias perigosas armazenadas, movimentadas e manuseadas no estabelecimento, onde se encontram descritas todas as suas características relevantes.

A Quadro 1.1 apresenta a identificação das substâncias perigosas que estarão presentes nas Fábricas de produção de hidrogénio e amoníaco verde e respetivos inventários.

Quadro 1.1 -Caracterização das substâncias perigosas Seveso

Equipamento	Identificação em planta	Uso do equipamento (Armazenagem /Processo /Transporte)	Tipo de equipamento	Condições (Pressão e Temperatura)	Estado físico	«Substância perigosa»	Classificação	Categorias de perigo Seveso	Quantidade (tonelada)
Unidade de Tratamento de Água Industrial – 53/54/55/68	Utilidades	Processo	IBC	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Líquido	Hipoclorito 12%	Aquatic Chronic 1, H410	E1	4,88
Utilidades – Armazém - 66	Fábrica de H2 Fábrica de NH3	Processo	IBC 1000 L	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Líquido	NALCO 77352	Aquatic Chronic 1, H410	E1	1,55
Unidade de Tratamento de Água Industrial – 53/54/55/68	Utilidades	Processo	IBC 1000 L	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Líquido	NALCO PC-11	Aquatic Chronic 2, H411	E2	15,6
Tanques de hidrogénio - 27	Fábrica de H2	Processo/Armazenagem	34 Reservatórios horizontais pressurizados	Temperatura: Min:0°C e Máx: 50°C Pressão: Min:17 bar(g) e Máx: 131 bar(g)	Gasoso	Hidrogénio	Flam. Gas 1, H220	P2	80
Tanques de amoníaco - 21	Fábrica de NH3	Armazenagem	1 Reservatório atmosférico refrigerado	Temperatura: - 33°C Pressão: 0,01 barg	Liquefeito	Amoníaco Anidro	Flam. Gas 2, H221 Acute Tox. 3, H331 Aquatic Acute 1, H400	P2 H2 E1	30 808,4

Equipamento	Identificação em planta	Uso do equipamento (Armazenagem /Processo /Transporte)	Tipo de equipamento	Condições (Pressão e Temperatura)	Estado físico	«Substância perigosa»	Classificação	Categorias de perigo Seveso	Quantidade (tonelada)
H2 – Subestação 400kV – 79 H2 – Subestação – 43 NH3 – Bombas Incêndio – 11 NH3 – Subestação – 5 Utilities – Bombas Incêndio – 51 Utilities – Subestação – 73	Fábrica de H2 Fábrica de NH3 Utilidades	Processo (Utilidades)	2 Reservatórios atmosféricos e reservatórios individuais de equipamento	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Líquido	Gasóleo	Flam. Liq. 3, H226 Aquatic Chronic 2, H411	P5c E2	7,25
Utilidades – Armazém – 66 (Big-bag)	Fábrica de NH3	Processo	3 IBC	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Líquido	NALCO 1800	Flam. Liq. 3, H226	P5c	3

1.2 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

O presente projeto utilizará energia renovável, proveniente da rede elétrica de serviço público (RESP) com recurso a contratos PPA (*Power Purchase Agreement*) com garantias de Origem GO-FER, para produzir hidrogénio verde e consequentemente amoníaco verde, como Combustíveis Renováveis de Origem Não Biológica (RFNBO), em conformidade com a Diretiva de Energia Renovável da União Europeia RED(II).

O Projeto é assim dividido em duas fábricas de base, uma para produzir hidrogénio verde a partir da eletrólise da água, e outra para produzir amoníaco verde, utilizando o hidrogénio produzido na primeira fábrica. O amoníaco verde será transportado por conduta até ao Porto de Sines e carregado para exportação e/ou utilizado como combustível marítimo.

A estrutura geral do projeto está representada na Figura 1.1.

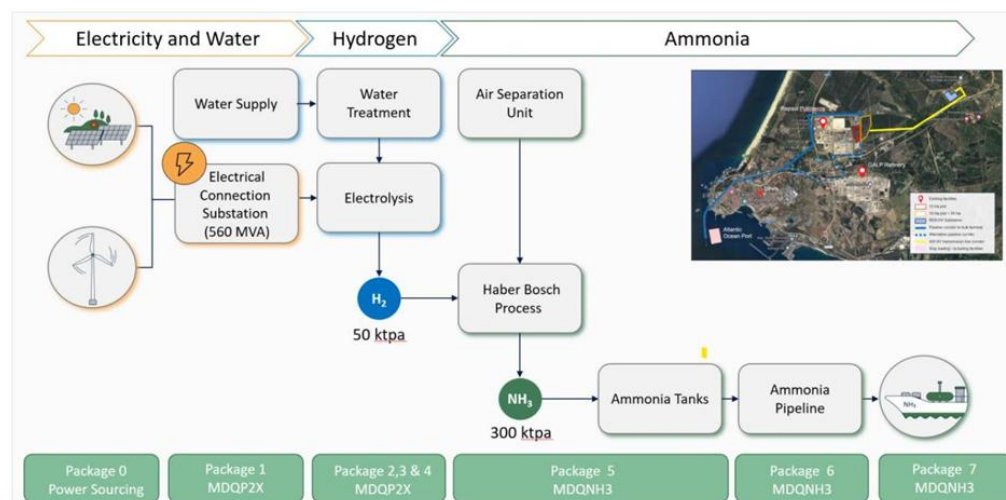


Figura 1.1 - Estrutura Geral do Projeto.

O objetivo da primeira fase de desenvolvimento é usar uma conexão de rede de 560 MVA para alimentar um conjunto de eletrolisadores de 460 a 500 MW para produzir cerca de 76000 toneladas de hidrogénio por ano. O hidrogénio será utilizado como matéria-prima no processo de produção de amoníaco, que terá uma capacidade de produção de 1200 toneladas métricas por dia, cerca de 438000 toneladas de amoníaco por ano.

1.2.1 PRODUÇÃO DE HIDROGÉNIO VERDE

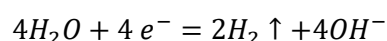
Sistema de Eletrólise

A eletrólise é o processo através do qual o hidrogénio e o oxigénio são produzidos a partir da água. A dissociação da molécula da água (H₂O) nos seus dois elementos (hidrogénio e oxigénio) é feita através da aplicação de uma corrente elétrica que desencadeia a reação eletroquímica, consumindo para isso a água contida no eletrólito líquido. A água de alimentação fresca é continuamente fornecida aos eletrolisadores para compensar a água consumida na produção de hidrogénio e a água perdida no processo de separação.

A eletrólise alcalina tem por base o uso de um eletrólito alcalino, composto por uma solução aquosa de hidróxido de potássio (KOH) a 30%, denominada “potassa”.

O sistema de eletrólise inclui 24 módulos de 20 MW cada, com uma capacidade total de 480 MW. Os módulos estão localizados em doze edifícios separados, cada um com dois módulos.

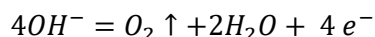
O hidrogénio é produzido no cátodo com a fórmula de reação:



O hidrogénio produzido na câmara catódica e o eletrólito entram num primeiro separador de hidrogénio onde a separação gás-líquido é conduzida por gravidade. O hidrogénio separado é lavado com a alimentação fresca da água e depois arrefecido a 25°C pelo arrefecedor de gás de hidrogénio. O hidrogénio arrefecido é enviado para um segundo separador gás-líquido, no qual o líquido é separado e enviado de volta para o primeiro separador de hidrogénio.

Finalmente, o hidrogénio é enviado para a unidade de purificação. O eletrólito na parte inferior do primeiro separador de hidrogénio é bombeado pela bomba de circulação de potassa e regressa ao eletrolisador através do filtro de potassa, que tem como função filtrar as impurezas do eletrólito. Passa ainda por um arrefecedor de “potassa” que retira o calor gerado pela ineficiência elétrica da eletrólise, usando água de arrefecimento para assegurar uma temperatura de funcionamento constante do eletrolisador, completando assim a circulação do eletrólito no lado do hidrogénio.

O oxigénio é produzido no ânodo com a fórmula de reação:



O oxigénio produzido no ânodo e o eletrólito entram no separador de oxigénio onde a separação gás-líquido é conduzida por gravidade e o oxigénio separado é lavado e arrefecido. Após este arrefecimento, é enviado para um segundo separador para eliminação da restante água líquida, que é novamente encaminhada para o primeiro separador de oxigénio-líquido. Por fim, o oxigénio gasoso é ventilado para um local seguro.

O eletrólito na parte inferior do separador de oxigénio é bombeado pela bomba de circulação de potassa e regressa ao eletrolisador através do filtro de potassa que tem como função filtrar as impurezas do eletrólito. Passa também por um arrefecedor de potassa que retira o calor gerado pela ineficiência elétrica da eletrólise, arrefecendo o eletrólito com recurso a água de arrefecimento para assegurar uma temperatura de funcionamento constante do eletrolisador, completando assim a circulação do eletrólito no lado do oxigénio.

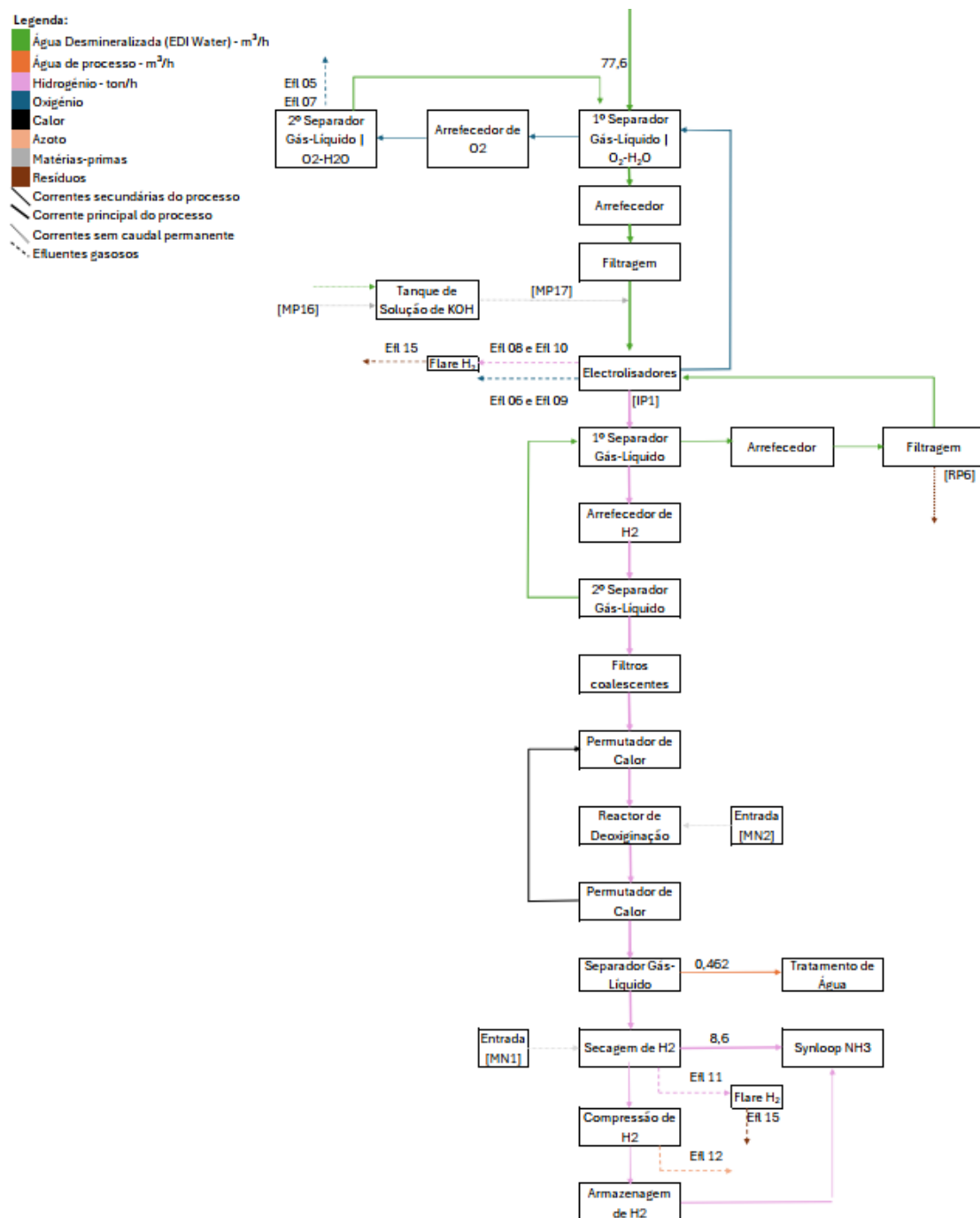
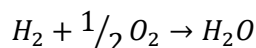


Figura 1.2 - Fluxograma geral da Unidade de Produção de hidrogénio.

1.2.1.1 PURIFICAÇÃO DO HIDROGÉNIO

O hidrogénio “bruto” é enviado para os filtros coalescentes de hidrogénio, onde flui através de um pacote muito fino de material fibroso ligado a um invólucro na superfície exterior para promover a drenagem do líquido. Os filtros coalescentes removem as gotículas finas e reduzem o teor de água arrastada, assegurando que a concentração de KOH, que pode estar dissolvida nas gotículas de água, é inferior ao nível máximo compatível com o catalisador da Unidade de Amoníaco a jusante.

O hidrogénio é então enviado para quatro unidades de purificação de hidrogénio que funcionam em paralelo. A linha de ligação a montante dos sistemas de purificação de hidrogénio assegura que, em caso de funcionamento na capacidade mínima, os quatro sistemas podem ser utilizados alternadamente. Em cada sistema de purificação de hidrogénio, o hidrogénio filtrado é aquecido acima do ponto de orvalho, para proteger o catalisador do reator de desoxigenação, através da passagem do hidrogénio num permutador carga/efluente que recupera o calor do hidrogénio proveniente do reator de desoxigenação e de seguida num aquecedor elétrico até 120°C. É então enviado para o reator de desoxigenação de hidrogénio onde o catalisador à base de platina promove a seguinte reação, que converte oxigénio e hidrogénio em água:



No Reator de Desoxigenação de Hidrogénio, haverá um aumento de temperatura devido ao facto de ser uma reação exotérmica. Como referido acima, o efluente do reator é enviado para um permutador de calor carga/efluente para recuperar o seu calor, sendo depois arrefecido no arrefecedor de desoxigenação de hidrogénio até 33°C através de água de arrefecimento, condensando parte da água na corrente de hidrogénio para ser separado no separador gás-líquido a jusante.

O hidrogénio é então alimentado aos sistemas de desidratação, onde a água é removida por adsorção. O hidrogénio seco é dividido em duas partes: a primeira é enviada, como produto, para a Unidade de Amoníaco e a segunda é enviada por um ventilador para aquecimento num aquecedor elétrico e depois enviada para a coluna de secagem em regeneração para regenerar o adsorvente.

Existem duas etapas diferentes de regeneração: a fase de aquecimento, na qual a corrente de hidrogénio é aquecida no aquecedor elétrico antes de entrar na coluna do secador e, em seguida, uma fase de arrefecimento, na qual o aquecedor elétrico é desligado. Em ambos os casos, o gás de regeneração saído da coluna do secador é arrefecido num arrefecedor dedicado a 33°C através de água de arrefecimento, condensando parte da água contida na corrente de gás de regeneração que é separada num separador gás-líquido dedicado. O condensado de água resultante é misturado com o condensado do separador gás-líquido de desoxigenação de hidrogénio e encaminhado para o tanque de água bruta. Por outro lado, o gás de regeneração resultante saturado a 33°C é misturado com a primeira corrente de hidrogénio e encaminhado para a coluna do secador em adsorção, para evitar qualquer perda de hidrogénio no processo.

O hidrogénio seco é então filtrado para garantir que nenhuma poeira/partícula de adsorvente seja transportada para as unidades a jusante. O hidrogénio purificado proveniente dos sistemas de desidratação é misturado e encaminhado para a Unidade de Amoníaco, através de uma válvula de controlo de caudal localizada na referida fábrica. Uma pequena fração do hidrogénio produzido poderá no futuro ser utilizada como combustível para os pilotos de queima das flares.

1.2.1.2 COMPRESSÃO DO HIDROGÉNIO

Sempre que necessário, de acordo com as previsões de produção de hidrogénio, este é comprimido e armazenado para garantir uma alimentação constante à unidade de produção de amoníaco.

A unidade de compressão de hidrogénio inclui três compressores, cada um com uma capacidade de 3500 kg/h. Um dos compressores de hidrogénio é de reserva, para garantir uma elevada disponibilidade da unidade de produção de hidrogénio.

A capacidade nominal combinada de 7000 kg/h dos dois compressores de hidrogénio permite processar o caudal de hidrogénio, proveniente da eletrólise, a 80% da carga, permitindo a sua armazenagem.

O compressor é utilizado para comprimir parte do hidrogénio proveniente da eletrólise até à pressão de armazenamento de 131 barg.

O hidrogénio seco, proveniente da purificação, pode ser encaminhado para os dois compressores de hidrogénio que funcionam em paralelo. Cada corrente de entrada é primeiro filtrada num filtro de cartucho para remover qualquer sólido que possa estar presente, protegendo assim as partes móveis da erosão, e depois alimentado a um balão de sucção, para amortecer as flutuações de funcionamento, antes de entrar na primeira fase de compressão. O compressor está também equipado com arrefecedores gás-água entre fases. O compressor é fornecido com um conjunto completo de instrumentos para garantir um funcionamento seguro e fiável.

Por fim, o hidrogénio comprimido é enviado para o armazenamento de hidrogénio.

1.2.1.3 ARMAZENAMENTO DO HIDROGÉNIO

O hidrogénio, depois de ser comprimido é armazenado no depósito de gases a alta pressão, para permitir o fornecimento contínuo à Unidade de Amoníaco. O armazenamento é composto por 34 reservatórios horizontais, cada um com capacidade de 190,95 m³, adequados para um serviço cíclico de alta pressão de esvaziamento e

enchimento. O armazenamento de hidrogénio pode armazenar entre 50 e 65 toneladas de hidrogénio entre a pressão de funcionamento mínima e máxima (17 – 131 barg). O armazenamento de hidrogénio fornece hidrogénio através de um orifício de restrição calibrado de vários estágios, para realizar a queda de pressão principal, que pode ser contornada quando a pressão de armazenamento diminui e são necessárias quedas de pressão mais baixas. Um sistema de controlo da pressão a jusante do orifício mantém a pressão do hidrogénio na linha em direção à fábrica de amoníaco, que integra hidrogénio da unidade de eletrólise, conforme necessário.

1.2.1.4 SISTEMA DE QUEIMA EM FLARE

As descargas de emergência e de despressurização do hidrogénio são recolhidas e enviadas para a atmosfera através de um sistema de queima em flare para garantir a segurança da instalação.

As descargas do eletrolisador e da unidade de purificação de hidrogénio são recolhidas e enviadas para o sistema de queima da unidade de hidrogénio.

As descargas da unidade de compressão e armazenamento de alta pressão são enviadas para o sistema de flare da instalação de amoníaco.

As descargas de emergência são enviadas para um separador gás-líquido de flare para separar e recolher qualquer líquido presente nos fluídos de alívio. Os gases são enviados para a flare para serem queimados. Na flare será utilizado gás natural, no entanto o sistema de queima em flare estará preparado para no futuro, se possível, utilizar hidrogénio como combustível. O azoto será utilizado como gás de purga da chaminé da flare, a fim de evitar a entrada de ar no interior.

1.2.2 UNIDADE DE PRODUÇÃO DE AMONÍACO

O processo de síntese do amoníaco é com recurso ao processo de Haber-Bosch que, de forma simples, consiste na alimentação de um reator com azoto, produzido a partir do ar atmosférico (N_2) e com hidrogénio gasoso (H_2) proveniente da fábrica de hidrogénio, mencionada no ponto anterior.

O H_2 e o N_2 são combinados para produzir o chamado gás de síntese com uma relação molar de H_2 para N_2 de 3:1.

O gás de síntese é comprimido até à pressão do circuito de síntese no compressor de gás de síntese.

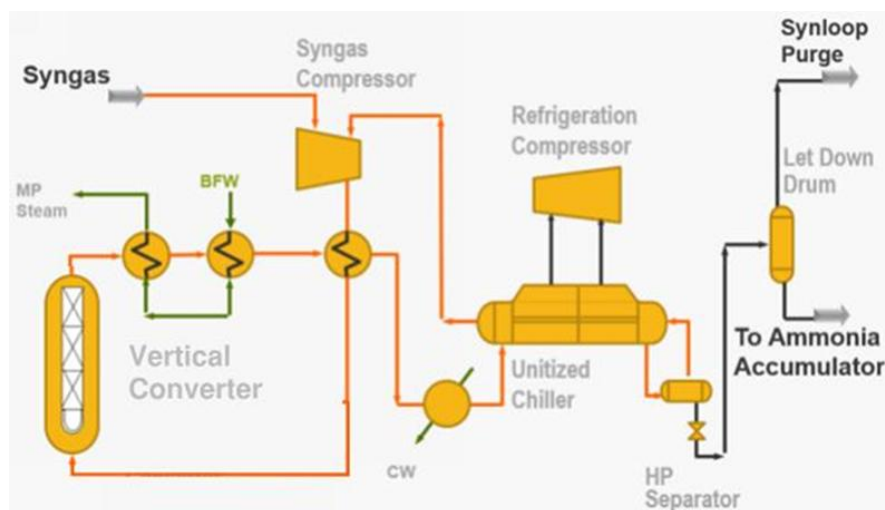


Figura 1.3- Diagrama simplificado do processo de produção de amoníaco.

De seguida é apresentado o fluxograma geral da unidade de produção de amoníaco, $UPNH_3$

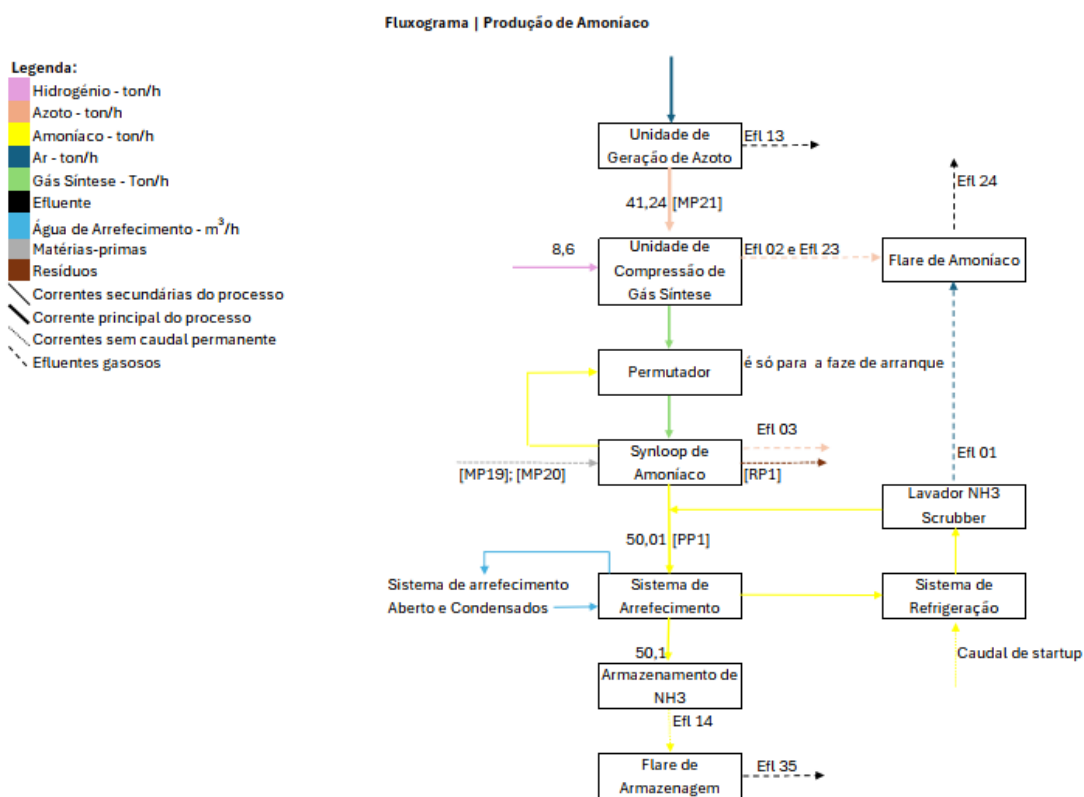
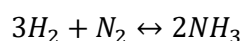


Figura 1.4 - Fluxograma geral da Unidade de Produção de NH₃, UPNH₃.

1.2.2.1 SÍNTESE DE AMONÍACO

O amoníaco é produzido num conversor de síntese de amoníaco vertical de leito fixo, com três leitos e arrefecedores entre leitos. Cada leito é preenchido com catalisador de síntese promovido à base de ferro de 1,5-3 mm. O primeiro leito (e opcionalmente os outros) será preenchido com catalisador pré-reduzido. O conversor é um recipiente sob pressão de parede fria em que o gás de alimentação a uma temperatura mais baixa passa através do espaço anular entre o cesto e a parede exterior para a manter fria, o que torna o conversor mecanicamente robusto e a construção mais económica. O conversor contém um cesto, que inclui os três leitos fixos de catalisador e dois permutadores de calor incorporados.

O gás de síntese será alimentado ao conversor de forma a que todo o gás passe através de todo o catalisador, resultando numa conversão máxima. O gás de alimentação misturado com o gás de síntese reciclado proveniente do compressor de gás de síntese é pré-aquecido a cerca de 211 °C por troca de calor com o efluente do conversor antes de ir para o conversor. O amoníaco é sintetizado pela reação de hidrogénio e azoto:



A reação tem lugar sobre o catalisador à base de ferro. A reação é exotérmica e é limitada pelo equilíbrio químico, pelo que apenas uma parte do hidrogénio e do azoto pode ser convertida em amoníaco ao passar pelo leito do catalisador. O equilíbrio químico, ou formação de amoníaco, é favorecido pela alta pressão e baixa temperatura. No entanto, a taxa de reação é aumentada por uma temperatura elevada, dessa forma foi definida uma temperatura “ótima” de entrada de forma a conseguir alcançar a conversão máxima de amoníaco, por cada passagem.

Antes de entrar no conversor, o gás de alimentação é dividido em três correntes. A primeira corrente de alimentação passa através do anel, arrefecendo o invólucro exterior e é depois pré-aquecida com o efluente do primeiro leito no permutador do leito 1 do conversor de amoníaco. Por sua vez, a segunda corrente de alimentação é pré-aquecida com o efluente do segundo leito no permutador do leito 2 do conversor de amoníaco. A terceira corrente (normalmente sem caudal) não é pré-aquecida e é alimentada diretamente à entrada do primeiro leito para controlar a temperatura de entrada. As três correntes são misturadas e o gás total passa através do catalisador no primeiro leito.

A concentração de amoníaco no gás efluente que sai do último leito atinge cerca de 19,6 % mol devido à reação de síntese sobre o catalisador. O efluente do conversor entra então num primeiro permutador de calor onde é arrefecido, gerando vapor sobreaquecido a uma pressão de 45 bar(g) e 375°C, e de seguida enviado para a turbina para produção de energia elétrica a partir de vapor.

O efluente do conversor entra num segundo permutador de calor, onde o calor é recuperado para pré-aquecer a água de alimentação da caldeira, arrefecendo o efluente

até 236°C. De seguida, o efluente passa por um terceiro permutador, onde é arrefecido até 85°C, através da permuta de calor com o gás de alimentação ao conversor, proveniente do compressor.

O gás efluente passa então por um aero-arrefecedor, onde é arrefecido até 45°C, iniciando a sua condensação.

O gás efluente do conversor é posteriormente arrefecido e condensado no refrigerador de amoníaco. Este permutador especialmente concebido proporciona o arrefecimento do efluente do conversor através de troca de calor com o gás de síntese que regressa do separador de Amoníaco e com amoníaco líquido em ebulição a duas temperaturas distintas.

À saída do refrigerador, o produto encontra-se a 0°C, e é encaminhado para um separador, onde o gás de síntese é separado do amoníaco líquido.

O vapor remanescente de separador de amoníaco, contendo uma pequena percentagem de amoníaco, é reaquecido no refrigerador até cerca de 36°C e reenviado para o compressor de gás de síntese, onde é misturado com o gás de síntese “fresco” e comprimido na fase final do compressor.

O amoníaco líquido, proveniente do separador, é despressurizado até 31 bar num vaporizador. O vapor é reintroduzido no compressor de gás de síntese, enquanto o amoníaco líquido é encaminhado para o balão recetor de refrigerante do sistema de refrigeração.

1.2.2.2 REFRIGERAÇÃO DO AMONÍACO

O sistema de refrigeração do amoníaco consiste num sistema de três fases para a condensação do amoníaco produzido no conversor.

Como referido no capítulo anterior, o refrigerador utiliza como refrigerante amoníaco líquido em ebulição a dois níveis distintos de temperatura, separados em dois compartimentos distintos. Após aquecimento deste refrigerante no refrigerador, os vapores libertados em ambos os compartimentos são encaminhados para o segundo e terceiro estágios do compressor de refrigeração. Neste, são comprimidos até 22 bar e, posteriormente, arrefecidos num aero-arrefecedor onde condensam, sendo por fim encaminhados para o balão recetor de refrigerante.

Parte do amoníaco líquido recolhido na base deste recetor é enviado para o primeiro compartimento do refrigerador para ser utilizado como refrigerante. Por sua vez, o vapor é enviado para um sistema de lavagem para recuperação de amoníaco.

O produto final, amoníaco líquido a -33.3 °C, é alcançado pela despressurização do amoníaco proveniente do segundo compartimento do refrigerador até à pressão atmosférica num balão de expansão. Os vapores libertados neste separador são enviados para o compressor de refrigeração, enquanto o amoníaco líquido é bombeado a 8 bar(a) para o tanque de armazenamento de amoníaco.

O amoníaco líquido será armazenado à temperatura de $-33,3^{\circ}\text{C}$ e pressão 0,01 barg.

1.2.2.3 RECUPERAÇÃO DO AMONÍACO DO GÁS DE PURGA

Nesta unidade o amoníaco presente no gás proveniente do balão recetor de refrigerante é recuperado numa coluna de lavagem com água. Esta solução é aquecida até 175°C num permutador de calor e posteriormente enviada para uma coluna de destilação. Nesta coluna, a solução aquosa de amoníaco é separada em vapor de amoníaco (recolhido no topo) e água (recolhida na base). O vapor recolhido é devolvido ao sistema de refrigeração na descarga do compressor. A água recolhida é arrefecida desde 223°C até 110°C num permutador onde troca calor com a solução efluente da primeira coluna de lavagem. Por fim, é arrefecida até 33°C num permutador com recurso a água de arrefecimento e é devolvida à primeira coluna de lavagem.

O vapor libertado na coluna de lavagem, que contém menos de 50 ppmv de amoníaco é direcionado para a flare para evitar acumulação de inertes no circuito de síntese.

1.2.2.4 SISTEMA DE AQUECIMENTO DO GÁS DE SÍNTESE

O gás de síntese é aquecido previamente à entrada no conversor para atingir as condições ótimas otimizando assim a quantidade de catalisador e a taxa de conversão. Este aquecimento é garantido por um aquecedor elétrico em condições de arranque ou de operação a baixa carga.

1.2.2.5 SISTEMA DE QUEIMA EM FLARE

A fábrica de amoníaco está equipada com dois sistemas de queima em flares para recolher todas as descargas da:

- Unidade de processamento da fábrica de amoníaco
- Armazenamento e compressão de hidrogénio

As descargas de emergência são enviadas para o separador gás-líquido da flare da fábrica de amoníaco para separar e recolher qualquer líquido que possa estar presente nos fluídos aliviados (por exemplo, amoníaco líquido). Os gases são enviados para a flare para serem queimados. Por sua vez, as descargas das zonas de armazenamento e compressão de hidrogénio, são encaminhadas diretamente para a flare num coletor próprio sem passar pelo separador gás-líquido.

Na flare será utilizado gás natural, no entanto o sistema de queima em flare estará preparado para no futuro, se possível, utilizar hidrogénio como combustível. O azoto será utilizado como gás de purga, a fim de evitar a entrada de ar no interior da flare.

1.2.3 ATIVIDADES DE RECEÇÃO DE SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS

Os produtos subsidiários serão transportados por caminhão e descarregados no cais do Armazém (edifício 66). Após descarregar e rotina de conferência da encomenda (produtos recebidos, quantidade, estado da embalagem primária, rotulagem – com recurso a checklist própria) os produtos ficam armazenados no átrio do Armazém (local de receção) a aguardar etiquetagem que permita o registo de chegada dos produtos no sistema informático de gestão de stocks. De seguida, são arrumados dentro do armazém tendo em conta os espaços disponíveis e regras de controlo de stock parametrizados no sistema informático. Estes parâmetros permitem, entre outros, definir regras de incompatibilidade de armazenagem, tendo em conta as características físico-químicas dos produtos em questão.

Tanto o local de armazenagem como o cais de descarga são locais impermeabilizados com ligação à rede de drenagem dedicada. Adicionalmente, alocado ao cais de descarga estarão disponíveis meios de contenção que permitam minimizar possíveis derrames (mantas absorventes, areia, bacias de contenção móvel). No Armazém, disponível para utilização nas unidades industriais, existirão igualmente embalagens de socorro para colocar possíveis embalagens primárias que rompam. Ainda de salientar que o Armazém terá contenção primária, uma vez que em cada vão haverá lombas, permitindo a retenção de derrames no interior do Armazém.

Em relação ao gasóleo, e uma vez que este produto apenas está associado às bombas e geradores de emergência, o seu abastecimento será feito através de cisterna sempre que houver utilização de gasóleo. Assim, aquando das utilizações previstas (testes aos sistemas de emergência – que se preveem mensais) será solicitado um abastecimento do gasóleo gasto para o próprio dia ou, o mais tardar, para o dia seguinte, garantindo que os depósitos de gasóleo estejam sempre abastecidos em caso de necessidade.

No caso de consumos não programados, o abastecimento será feito também com recurso a cisternas, o mais breve possível, tentando assim garantir-se que os sistemas de emergência se encontram operacionais o máximo de tempo possível

Os operadores de logística terão formação adequada em gestão ambiental, permitindo a sua rápida atuação em caso de derrame, bem como a gerir corretamente os resíduos que advenham da limpeza de possíveis derrames. Esta formação irá também abranger formação em rotulagem de produtos químicos de forma a utilizarem os meios absorventes mais indicados para cada situação e os EPI recomendados.

1.2.4 UTILIDADES

No que respeita a utilidades, os seguintes subsistemas farão parte da planta de modo a apoiar o processo produtivo do amoníaco.

1.2.4.1 UNIDADE DE HIDROGÉNIO

TRATAMENTO DE ÁGUA INDUSTRIAL

O tratamento da água industrial é um sistema comum partilhado entre a Planta de Hidrogénio e a Planta de Amoníaco.

A água industrial é fornecida pela Águas de Santo André e tem origem no Rio Sado e compreende a captação, a adução, o tratamento, a armazenagem e a distribuição à Zona Industrial e Logística de Sines. Atualmente não é possível à AdSA fornecimento de água residual tratada. Contudo, e como é objetivo da AdSA no futuro o fornecimento de águas residuais tratadas, o processo de tratamento de água do atual Projeto já foi dimensionado para essa situação. Pelo que, assim que for possível à AdSA o fornecimento de água residual tratada, será possível ao proponente a sua utilização (após decorridas as diligências de licenciamento aplicáveis).

A análise da água industrial é fornecida como uma base aplicável para o projeto e é relatada no Quadro 1.2.

Quadro 1.2 - Análise de Água Industrial.

PARÂMETRO	UNIDADES	MÍNIMO	MÉDIA	MÁXIMO
Alcalinidade	Al ⁺⁺⁺ mg/l CaCO ₃	72	88,7	110
Alumínio	NH ₄ ⁺ mg/l	0,033	0,07	0,19
Azoto Amoniacal	N mg/l	0,05	0,05	0,06
Azoto Kjeldahl	Cd ⁺⁺ mg/l	0,8	0,83	1
Cádmio	Pb ⁺⁺ mg/l	0,00003	0,0008	0,001
Chumbo	Cl ⁻ mg/l	0,00063	0,12	0,63
Cloretos	 mg/l	230	253,6	270
Cobre	Cu ⁺⁺ mg/l	0,0015	0,011	0,15
Condutividade	 μS/cm 20°C	1100	1227	1300
CQO	 mg/l O ₂	5,7	13,7	21
Crómio	Cr ₆ ⁺ mg/l	0,001	0,009	0,01
Detergentes	 mg/l	0,1	0,1	0,1
Dureza total	C ₆ H ₅ OH mg/l	340	400	480
Fenóis	 mg/l	0,001	0,001	0,001
Ferro dissolvido	Fe ⁺⁺ mg/l	0,02	0,02	0,025
Ferro total	Fe mg/l	0,0039	0,02	0,026
Fosfatos	PO ₄ ⁻⁻⁻ mg/l	0,10705	0,10705	0,10705
Hidrocarbonetos Totais	 mg/l	0,01	0,025	0,049
Manganês	Mn ⁺⁺ mg/l	0,0049	0,02	0,078

PARÂMETRO	UNIDADES		MÍNIMO	MÉDIA	MÁXIMO
Nitratos	NO ₃ ⁻	mg/l	5	5	5
Oxidabilidade		mg/l O ₂	1	2,15	3,2
Oxigênio Dissolvido		% saturação	82	97,3	100
pH			7,1	7,3	7,6
Sólidos Dissolvidos Totais (TDS)		mg/l	620	717,3	950
Sólidos Suspensos Totais (TSS)		mg/l	5	5	5
Sulfatos	SO ₄ ⁻	mg/l	190	213,6	230
Turvação		NTU	0,26	0,5	1,2
Zinco	Zn ⁺⁺	mg/l	0	0,013	0,018

Com base na análise da água acima referida, considera-se o seguinte ajuste do balanço de iões para o caso de dimensionamento máximo (**Error! Reference source not found.**):

Quadro 1.3- Balanço de iões.

PARÂMETROS	UNIDADE		MÁXIMO	OBSERVAÇÕES
Cálcio	Ca ⁺⁺	mg/l	192	adicionado para equilibrar a dureza total
Sódio	Na ⁺	mg/l	116	adicionado para equilibrar os aniões e catiões totais
Bicarbonato	HCO ₃ ⁻	mg/l	133	adicionado com base na alcalinidade total
Carbonato	CO ₃ ⁻	mg/l	0,4	adicionado com base na alcalinidade total

Admissão de Água Industrial

A água industrial é fornecida no local a uma pressão muito baixa - próxima da atmosférica - não conseguindo atingir o reservatório de água industrial (A-311002). Por este motivo, está prevista uma bacia de entrada de água industrial (W-311001) para receber a água de alimentação no limite da bateria. A função da bacia de admissão é criar um tanque de “água calma”, para a distribuição de água para as bombas. É composta essencialmente por:

- Bacia de destilação;
- Barras de filtragem de caudais;
- Estação de bombagem.

A função da bacia de retenção é permitir a deposição parcial de areia: as dimensões da bacia de retenção são adequadas para causar uma diminuição apreciável da velocidade, para induzir as partículas de maior diâmetro a depositarem-se de acordo com a avaliação da velocidade de sedimentação. O nível máximo na bacia de entrada de água industrial é de 2 metros.

As bombas verticais de entrada de água industrial (P-311001A/B/C) fornecem água industrial ao tanque principal de água industrial (A-311002), de acordo com os requisitos do balanço de materiais. Está prevista uma estação de medição de água industrial (X-311004) para a medição fiscalizada do consumo de água do complexo.

Armazenamento de Água Industrial

Antes de entrar no tanque de água industrial (A-311002), a água industrial recebe uma dosagem de solução de hipoclorito para garantir um nível de cloro residual livre de, no mínimo, 2-3 ppm, utilizando unidades de dosagem exclusivas do pacote de desinfecção (X-314005).

A água industrial é armazenada no tanque de armazenamento de água industrial (A-311004). O objetivo é proporcionar um armazenamento suficiente no local para o sistema a jusante, com uma capacidade de 1600 m³.

As bombas de água industrial (P-311002A/B/C) foram concebidas para fornecer a água industrial à pressão mínima considerada adequada para o pacote de ultrafiltração (X-311001), que limita as necessidades de abastecimento da bateria.

Tratamento da Água Industrial

O sistema de tratamento de água industrial consiste nos tratamentos necessários para satisfazer a qualidade da água pretendida pelos utilizadores, a fim de assegurar os seguintes serviços:

- Recolha do sistema de água de arrefecimento aberto;
- Alimentação do sistema fechado de água de arrefecimento;
- Água de serviço;

- Água desmineralizada.
- Filtração fina da água industrial por processo de tecnologia de ultrafiltração (UF) (X-311001);
- Unidade de Osmose Inversa (OI) (duas passagens) (X-312002);
- Unidade de Eletrodeionização (X-313003) que é alimentada pela água dessalinizada da Osmose Inversa de 2ª passagem.

Todos os efluentes do tratamento de água industrial são considerados adequados para serem eliminados diretamente no limite da bateria de águas efluentes em conformidade com os limites de efluentes aplicáveis.

Ultrafiltração

A água filtrada destinada ao processo de desmineralização entra na Unidade de Ultrafiltração (X-311001). O objetivo da unidade de ultrafiltração é remover a cor e a opacidade (principalmente o resultado da remoção de CQO) da água industrial para evitar a sedimentação das partículas em suspensão ou a formação de incrustações pelos sais de baixa solubilidade que resultariam no seguinte:

- Bloqueio dos canais de fluxo que diminuiria a pressão nos canais de alimentação no módulo de membrana do pacote OI a jusante;
- Redução da taxa de permeação através da membrana e aumento da quantidade de sal que passa através da membrana no pacote OI a jusante. Isto é causado pela formação de incrustações na superfície da membrana.

Por este motivo, o Índice de Densidade de Silte (SDI) exigido para a saída da UF deve ser inferior a 3. A unidade inclui uma filtragem grosseira como proteção. Além disso, para preservar as membranas UF e OR da oxidação (devido ao teor de cloro livre na água industrial em resultado da cloração a montante), está prevista a dosagem de um antioxidante na unidade.

A água ultrafiltrada é utilizada como água de serviço e para a reposição de circuitos de água de arrefecimento abertos e fechados.

Osmose Inversa

A água ultrafiltrada é tratada em membranas de Osmose Inversa de duas passagens (X-312002) para atingir os requisitos para a fase seguinte de produção de água desmineralizada.

Para preservar as membranas OI da incrustação e da bioincrustação, prevê-se a dosagem de um anti-incrustante e de um biocida (tipo não oxidante) antes dos filtros de cartucho. Além disso, a fim de evitar a oxidação das membranas, espera-se também que

seja doseado um antioxidante para remover o teor de cloro livre (consequente à cloração no tanque de armazenamento de água industrial).

O fator de recuperação da OI de 1ª passagem será mantido num valor de cerca de 75% e o fluxo rejeitado será enviado para as Rede de Drenagem de Águas Salinas ou, em caso de indisponibilidade por manutenção e no caso de não existir previsão de precipitação, para a Bacia de Amortecimento de Águas Pluviais. O permeado da primeira passagem é, em vez disso, recolhido no tanque de armazenamento de água dessalinizada (A-351001) após um ajuste de pH que permite ter um pH dentro do intervalo de 6-9. O balanço do permeado de 1ª passagem OI é enviado para as membranas OI de 2ª passagem para a produção de água dessalinizada (TDS < 5ppm).

O fator de recuperação da OI de 2ª passagem será mantido a um valor de cerca de 90%, e o fluxo rejeitado é misturado com o fluxo de entrada da OI de 1ª passagem. Está prevista uma conduta de retorno a jusante da OI de 1ª passagem e da OI de 2ª passagem para gerir o caudal mínimo durante os diferentes cenários de funcionamento da instalação.

Os circuitos OI da 1ª e 2ª passagem são controlados por um regulador de caudal situado a jusante dos respetivos módulos de membrana e direcionados de volta para o tanque de armazenamento de água industrial.

Eletrodeionização

O pacote de Eletrodeionização (EDI) (X-313003) é fornecido para melhorar o permeado de Osmose Inversa (OI) de segunda passagem, a fim de produzir água desmineralizada.

A água desmineralizada produzida pelo EDI deve cumprir os requisitos de qualidade da água do eletrolisador de hidrogénio e será também utilizada para a água de reposição para o vapor de amoníaco. A água desmineralizada produzida pelo EDI será armazenada no tanque de armazenamento de água desmineralizada (A-352001), e a partir daqui será bombeada para os utilizadores. A água concentrada é encaminhada para a Osmose Inversa de 1ª passagem e será misturada com a alimentação de água industrial de entrada.

O dimensionamento de água é feito considerando a necessidade média horária de água mais provável num período de um dia para assegurar a alimentação contínua da produção de hidrogénio.

As necessidades máximas são absorvidas através do volume de armazenamento de água desmineralizada. A avaliação do consumo de água desmineralizada é realizada com base na disponibilidade de energia prevista e no plano de produção de hidrogénio. O pacote EDI foi concebido para reduzir o teor de TDS da água dessalinizada, de modo a atingir um valor de condutividade inferior a 1 µS/cm, e reduzir a dureza total da água de alimentação.

Água dessalinizada

A fonte de água dessalinizada é a 1ª passagem do pacote de Osmose Inversa do sistema de tratamento de água industrial. A principal utilização da água dessalinizada é para reposição dos circuitos de água de arrefecimento abertos e fechados na Planta de Hidrogénio. A água dessalinizada é armazenada no tanque de armazenamento de água dessalinizada (A-351001), com um volume geométrico de cerca de 975 m³.

Garantindo um armazenamento adequado quando se espera que o tratamento de água industrial opere a uma capacidade reduzida devido à baixa necessidade de água desmineralizada na produção de hidrogénio. A água dessalinizada do tanque de água dessalinizada é distribuída para os utilizadores finais através das bombas de água dessalinizada (P-351001A/B/C).

A água dessalinizada também é fornecida à Planta de Amoníaco.

Água Desmineralizada

A fonte de água desmineralizada é o pacote EDI do sistema de tratamento de água industrial.

A principal utilização da água desmineralizada é a alimentação para a produção de hidrogénio, a qual apresenta flutuações horárias e diárias devido à disponibilidade de energia elétrica. Aproveitando essa variabilidade no consumo e para evitar uma sobreprodução de água desmineralizada em comparação com a necessidade média real, a taxa de fluxo de produção de água desmineralizada a partir do EDI é definida com base na necessidade de água mais provável ao longo de um período de um ano, principalmente para a produção de hidrogénio. O volume de reserva para absorver flutuações diárias depende do tanque de armazenamento de água desmineralizada (A-352001).

A capacidade de produção de água desmineralizada selecionada é de 78 ton/h.

O volume máximo de retenção necessário para esta operação é de 410 m³. O uso adicional de água desmineralizada dentro da Planta de Hidrogénio é a diluição de hidróxido de potássio como operação intermitente. Considera-se que o volume adicional correspondente a um volume de diluição do tanque de hidróxido de potássio deve ser tido em conta no volume de trabalho (80 m³). Os requisitos acima referidos conduzem a cerca de 1930 m³ de volume geométrico.

A água desmineralizada proveniente do tanque é distribuída para os eletrolisadores através de bombas de água desmineralizada (P-352001A/B), a alta pressão.

A água desmineralizada é também fornecida à Planta de Amoníaco através de um tanque de armazenamento.

Água Potável

O limite de fornecimento de água potável da Planta de Hidrogénio é disponibilizado pela AdSA. Considera-se que estará disponível uma pressão mínima de 3 bar(g) no limite de fornecimento, considerada adequada para atingir o tanque de água potável através de uma válvula de controlo.

A água potável é armazenada no tanque de água potável (A-353001). Para avaliar o consumo médio de água potável na área de edifícios, considera-se um consumo de 100 l/dia por pessoa. O consumo médio de água potável nas Plantas de H2 e Utilidades será de 8 m³/dia. Considera-se um fator de pico de caudal de 4.5 para refletir que a necessidade média diária de água não se distribui uniformemente ao longo do dia.

O consumo adicional de água potável é considerado para o sistema AVAC do edifício (estimado em 0.5 m³/h, durante 8 h, ou seja, 4 m³/h.).

O tanque de água potável é dimensionado considerando uma capacidade de 48 horas de retenção em consumo normal. A água potável é bombeada do tanque de armazenamento de água potável através da tubagem de distribuição em loop do tanque de armazenamento de água potável utilizando duas bombas de água potável. As bombas de água potável são dimensionadas para satisfazer as necessidades de água potável de pico. O caudal de retorno ao tanque de armazenamento de água potável é igual ao caudal mínimo da bomba (valor preliminar de 40%).

É fornecido um circuito fechado dedicado aos lava-olhos e chuveiros de emergência. É fornecido um tanque buffer do chuveiro de segurança (V-353001) para fornecer uma capacidade retenção para a água dos chuveiros de segurança, permitindo um caudal contínuo de três chuveiros de segurança, durante cerca de 15 minutos.

Existem duas bombas centrífugas P-353001A/B para garantir a necessidade de água dos chuveiros de segurança. Considera-se um caudal de 75 l/min para cada chuveiro de segurança e 1,5 l/min para cada estação de lavagem de olhos.

AZOTO

O sistema de azoto na Planta de Hidrogénio inclui os seguintes elementos principais:

- Armazenamento e vaporizador de azoto líquido (X-354001);
- Recipiente retenção de azoto de alta pressão (V-354002).

A fonte de azoto é a Unidade de Produção de Azoto (NGU) da Planta de Amoníaco, que fornecerá azoto através de um limite de bateria distinto:

- Azoto líquido de alta pressão;
- Azoto líquido de baixa pressão.

O azoto de alta pressão é utilizado para os requisitos de limpeza dos eletrolisadores, enquanto o azoto de baixa pressão é utilizado principalmente para estações de serviço

público, cobertura de tanques de armazenamento, limpeza contínua da flare e gás de vedação de máquinas. O armazenamento de azoto líquido foi concebido para ter uma capacidade de retenção igual ao consumo máximo diário utilizado como limpeza à pressão necessária. O volume estimado é de 60 m³.

A pressão necessária é garantida por bombas criogénicas de aumento de pressão de azoto, como parte do pacote de armazenamento de azoto líquido.

O azoto líquido é importado da NGU da Planta de Amoníaco como reserva para manter o nível de líquido no tanque de armazenamento de azoto líquido, compensando as perdas de calor. O fluxo de abastecimento previsto foi calculado considerando o reabastecimento do volume de armazenamento de azoto líquido num período de cerca de 24 horas.

O vaporizador de azoto líquido de alta pressão é concebido com base no consumo médio para os requisitos de purga dos eletrolisadores. O volume de trabalho do recipiente de retenção de azoto de alta pressão é definido considerando 20 minutos de retenção do consumo máximo de azoto de alta pressão de 15 bar(g) para 7 bar(g).

O azoto de baixa pressão é importado da Planta de Amoníaco para cobrir as necessidades de acordo com o balanço. Os caudais considerados para as estações de serviço baseiam-se no pressuposto de que estão em funcionamento duas estações de serviço (50 nm³/h cada).

AR COMPRIMIDO

Durante o funcionamento normal, o ar de instrumentação e o ar de serviço são importados da Planta de Amoníaco, produzidos na NGU. No entanto, está prevista uma redundância na Planta de Hidrogénio para permitir o funcionamento durante os períodos de paragem da NGU.

É considerado um único sistema de compressor de ar para instrumentos – concebido para as necessidades de ar de serviço e de instrumentos da Planta de Hidrogénio e da Planta de Amoníaco. O ar comprimido húmido flui para o reservatório de ar de serviço (V 357001), com uma derivação para a distribuição de ar da Planta de Hidrogénio e, em seguida, para os secadores de ar.

O ar comprimido húmido é desidratado no pacote de secadores de ar de instrumentação, sem calor e depois enviado para o recetor de ar de instrumentação (V-355001) e, finalmente, para a distribuição de ar de instrumentação. A pressão na conduta de ar de instrumentação a jusante do recetor de ar seco é o principal controlo da pressão no sistema. A prioridade está na distribuição do ar de instrumentação e o ar de serviço é cortado quando é detetada uma pressão baixa-baixa no coletor de ar de instrumentação.

O tanque buffer de ar de instrumentação (V-355001) fornece uma capacidade de retenção adequada durante a paragem de emergência, dimensionado com uma capacidade de retenção de 15 minutos, considerando o caudal calculado da Planta de

Hidrogénio e Amoníaco (de 8 bar(g) para 4,5 bar(g)). O tanque buffer de ar de serviço (V-357001) proporciona uma capacidade de retenção adequada durante a paragem de emergência, dimensionado com uma capacidade de retenção de 15 minutos, considerando o caudal calculado da Planta de Hidrogénio e Amoníaco (de 8 bar(g) para 6 bar(g)).

ÁGUA DE ARREFECIMENTO

- **Circuito Aberto de Água de Arrefecimento**

A Planta de Hidrogénio será equipada com sistema de água de arrefecimento. Devido a considerações de impacto ambiental e a limitações de abastecimento de água, o meio preferido de arrefecimento do processo é o arrefecimento a seco sob a forma de aeroarrefecedores (air coolers).

No entanto, os aeroarrefecedores não são capazes de fornecer a temperatura da água de arrefecimento necessária para os serviços de arrefecimento enumerados abaixo, para os quais serão necessárias torres de arrefecimento evaporativo:

- Acessórios de compressores e bombas (para todas as unidades de processo e de serviços públicos);
- Unidade de purificação de hidrogénio;
- Arrefecimento do sistema de ar comprimido.

O sistema de água de arrefecimento é um circuito aberto com torres de arrefecimento, responsáveis pelo arrefecimento. A água de arrefecimento da bacia da torre de arrefecimento é circulada para os consumidores de água de arrefecimento para remover o excesso de calor gerado nas unidades consumidoras. Após a dissipação do excesso de calor, a água quente (retorno do circuito de arrefecimento) das unidades é encaminhada de volta para a torre de arrefecimento. Na torre de arrefecimento (O-356001), a remoção do calor da água quente é efetuada principalmente por evaporação.

A torre de arrefecimento é projetada com base numa temperatura de 10 °C entre os tubos de alimentação e de retorno. A água da torre de arrefecimento é recolhida no reservatório da torre de arrefecimento que é novamente circulada para as unidades pelas respetivas bombas de circulação da água de arrefecimento (P-356001A/B).

Três pacotes de aplicação química são fornecidos: biocida oxidante (X-356004), ajuste de pH com hidróxido de sódio (X-356005) e inibidor de corrosão/anticalcário (X-356002), adicionados diretamente nas bacias das torres de arrefecimento.

Os filtros de fluxo lateral (F-356001) são fornecidos para remover as partículas suspensas de tamanho superior a 5 µm da água de arrefecimento em circulação. O filtro recebe uma corrente de água de arrefecimento em circulação a partir do coletor de

descarga. O filtro é auto-limpante, sendo a operação de limpeza iniciada por despressurização ou temporizador. A água filtrada é enviada de volta para a bacia. A retrolavagem intermitente dos filtros de fluxo lateral é enviada para a estação de tratamento de águas residuais através do sistema de esgoto de água para tratamento.

A taxa de descarga é controlada pelo controlo de fluxo definido para atingir um ciclo de fator de concentração de 5 para controlar a qualidade da água e a concentração de cloretos. Este fator de concentração assegura um equilíbrio ótimo entre o caudal de água de reposição e o caudal de descarga para manter a qualidade da água pretendida.

A água de arrefecimento quente da Planta regressa ao coletor de distribuição de água da torre de arrefecimento. A partir do coletor, é distribuída para as células. A perda de água do sistema de circulação de água é compensada com água de reposição. A compensação é fornecida automaticamente através da mistura adequada de água filtrada proveniente da ultrafiltração e água dessalinizada OI de 1ª passagem, que são utilizadas como água de compensação com um rácio ajustável de 1:10.

A taxa de reposição de água necessária é calculada com base nas seguintes perdas:

- Evaporação - com base na carga térmica da torre de arrefecimento;
- Perdas por deriva - 0,005% do caudal circulante;
- Taxa de purga - baseada num ciclo de concentração de 5.

As perdas provenientes da regeneração do filtro de fluxo lateral são consideradas como parte da purga total. As perdas do filtro de fluxo lateral são estimadas em 0,05% do caudal circulante.

As bombas de circulação da água de arrefecimento fornecem água a 28 °C, retirando-a da bacia da torre de arrefecimento.

- **Circuito Fechado de Água de Arrefecimento**

As seguintes unidades principais são arrefecidas por meio do sistema de água de arrefecimento em circuito fechado:

- Módulos Eletrolisadores;
- Compressor de hidrogénio.

O sistema de água de arrefecimento em circuito fechado inclui os principais itens:

- Sistema de tubagem em circuito fechado;
- Aeroarrefecedor de água de arrefecimento (X-356006);
- Bombas de água de arrefecimento (P-356006A/B/C);

- Tanque de expansão de arrefecimento (V-356006);
- Pacote de injeção de biocida para arrefecimento (X-356008);
- Pacote de inibidores de corrosão para arrefecimento (X-356007).

O aeroarrefecedor no circuito fechado de água de arrefecimento foi concebido considerando uma temperatura máxima do ar de 30°C com uma temperatura de aproximação de 15°C. A temperatura de alimentação da água de arrefecimento é de 45 °C e a temperatura de retorno da água de arrefecimento é de 60 °C.

Para minimizar a corrosão e a contaminação bacteriana, é injetado no circuito um inibidor de corrosão (X-356007) e um biocida (X 356008) adequados quando a concentração no sistema desce abaixo do nível definido.

Está previsto um recipiente de expansão pressurizado (V-356006) a montante das bombas de circulação no coletor de retorno da água de arrefecimento. Este reservatório foi concebido para assegurar a retenção da água de arrefecimento e lidar com a sua expansão, causada pelo aumento da temperatura e pela variação da sua densidade. A densidade da água é calculada a 4 °C e à temperatura máxima de retorno da água de condensação. É fornecida uma cobertura de azoto a baixa pressão para evitar o contacto da água com o ar no reservatório e minimizar a presença de oxigénio dissolvido.

O tanque de expansão dispõe de uma linha de água de reposição para compensar as pequenas perdas, com uma válvula de controlo automático do nível. A linha de reposição foi concebida para o fluxo de reposição e foi também verificada para encher o circuito no arranque, utilizando a válvula de controlo bypass.

A compensação e o primeiro enchimento são fornecidos automaticamente através da mistura adequada de água industrial e água dessalinizada OI de primeira passagem com uma proporção ajustável de 1:10.

UNIDADE DE HIDRÓXIDO DE POTÁSSIO

A unidade consiste nos seguintes itens principais:

- Bomba de descarga de camião de hidróxido de potássio (P-359003);
- Tanque de armazenamento de hidróxido de potássio (A-359001);
- Bombas de transferência de hidróxido de potássio (P-359001A/B);
- Aquecedor elétrico de hidróxido de potássio (H-359001);
- Misturador de hidróxido de potássio;
- Tanque de armazenamento de hidróxido de potássio diluído(A-359002);

- Bombas de transferência de hidróxido de potássio diluído (P-359002A/B);
- Aquecedor elétrico de hidróxido de potássio diluído (H-359002);
- Tanque de drenagem de hidróxido de potássio (V-359001);
- Bomba do tanque de drenagem de hidróxido de potássio (P-359004).

O hidróxido de potássio é carregado para o tanque de armazenamento de hidróxido de potássio, com uma bomba e mangueira flexível. O tanque de armazenamento é equipado com um aquecedor elétrico para manter o hidróxido de potássio a uma temperatura mínima de 15 °C, a fim de evitar o congelamento e a alta viscosidade. O consumo de hidróxido de potássio é exigido com uma especificação de 30% wt. Para isso, as bombas de transferência fornecem 50% wt de hidróxido de potássio para diluição com água desmineralizada no misturador. Neste equipamento, é produzida uma solução de 30% wt combinando 50 % de hidróxido de potássio e água desmineralizada com uma relação de volume de cerca de 1:1 sob controle de fluxo e é enviada para o tanque de armazenamento de hidróxido de potássio diluído. O tanque de armazenamento está equipado com um aquecedor elétrico para manter o hidróxido de potássio a uma temperatura de pelo menos 5°C para evitar o congelamento e a alta viscosidade.

O volume do primeiro enchimento do eletrólito diluído com 30% wt KOH é estimado em cerca de 80 m³ por módulo, num total de 24 módulos.

O reservatório de armazenamento diluído foi concebido para assegurar um volume de trabalho de retenção igual ao volume de um módulo de eletrólito (80 m³) mais um volume de trabalho adicional de reserva de 100 % que pode provir da drenagem fechada.

O depósito de armazenamento de 50% wt foi concebido para assegurar o enchimento de 80 m³ do depósito de armazenamento diluído, considerando que o rácio de volume entre 50 % wt e 30 % wt KOH é de cerca de 1:2. As bombas de descarga de hidróxido de potássio 50 % wt foram concebidas para garantir um caudal de 30 m³/h. As bombas de transferência de hidróxido de potássio 50 % wt são projetadas para garantir o enchimento do tanque de armazenamento diluído em cerca de 2 horas. As bombas de transferência de hidróxido de potássio diluído são concebidas para garantir o enchimento de um módulo de eletrólito em cerca de 1 hora.

Está previsto um sistema de drenagem fechado subterrâneo dedicado ao KOH para recolher o volume de eletrólito durante a manutenção do módulo. As linhas de drenagem são de escoamento livre. Os efluentes fluem por gravidade e são recolhidos para os recipientes de drenagem fechados localizados no subsolo dentro de um poço. O recipiente de drenagem fechado foi concebido para proporcionar uma retenção suficiente para o inventário máximo de líquido pertencente a cada módulo ligado. Considera-se que apenas um módulo é drenado de cada vez. A bomba do tanque de drenagem é projetada para esvaziar o volume de drenagem fechado em 3 horas e enviar de volta para o tanque de armazenamento diluído.

DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS

A rede de drenagem de águas residuais domésticas recebe as águas residuais dos edifícios abastecidos pela rede de abastecimento de água potável e fará a entrega na rede existente no exterior do Projeto, que por sua vez entrega os caudais na ETAR da AdSA.

Os caudais serão os mesmos da rede de abastecimento de água potável afetados de um coeficiente de retorno de 90%. O caudal médio de águas residuais produzidas na Planta de H2 será de 6.7 m³/dia. Considera-se um fator de pico de caudal de 4.5 em coerência com a rede de abastecimento de água potável.

Na Planta de Utilidades, a rede é encaminhada até uma fossa geral com capacidade para retenção de 48h. Na Planta de Hidrogénio a rede liga diretamente à rede pública. Nesta, a última caixa no interior do lote, antes da entrega na rede das AdSA, terá capacidade para acomodar o volume médio produzido em 48h. A retenção de 48h está relacionada com a possibilidade de manutenção da rede a jusante.

DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

A rede de drenagem de águas pluviais será separativa, sendo dividida em águas limpas e águas potencialmente contaminadas.

Todas as áreas de processo onde exista o risco de derrames ou escorrências, bem como as bacias de bombas, geradores ou transformadores, serão drenadas para uma bacia de tratamento, antes de serem entregues na rede de drenagem de esgotos industriais. Após recolher os 5 primeiros milímetros de precipitação destas áreas (água de primeira lavagem), a água é considerada limpa, sendo então o caudal desviado para a rede de águas limpas.

As restantes áreas serão drenadas para uma rede de águas limpas que segue diretamente para a rede pública de águas pluviais, passando por uma bacia de amortecimento de caudal.

A água de primeira lavagem é a quantidade suficiente para limpar toda a área pavimentada, distribuída homogeneamente em toda a superfície drenada. A altura de água de primeira lavagem de 5 mm é utilizada em áreas geográficas com eventos de precipitação frequentes, que é o caso da localização do projeto. Assume-se que a água da primeira descarga está contaminada (por hidrocarbonetos, sólidos em suspensão, produtos químicos, etc.) e tem de ser tratada antes de ser eliminada; a água da chuva que se segue à água da primeira descarga é considerada limpa e pode ser enviada para eliminação.

As águas oleosas e potencialmente contaminadas, devido a fugas e derrames potencialmente contaminantes do sistema de lubrificação dos compressores e de outros equipamentos rotativos importantes, provenientes das áreas pavimentadas das Plantas, são recolhidas nas bacias de águas pluviais de primeira lavagem. A água de primeira lavagem é bombeada para as unidades de tratamento pelas bombas de águas pluviais

de primeira lavagem, uma em funcionamento e outra em espera. As bombas foram concebidas para esvaziar o volume da primeira descarga em 48 horas.

O tratamento da primeira descarga consiste na desoleificação através do sistema CPI (*Corrugated Plate Intercetor*). O CPI consiste em placas onduladas paralelas com o eixo das ondulações paralelo à direção do fluxo. O conjunto de placas é tipicamente inclinado num ângulo de 45° e o fluxo de água livre é forçado para baixo. O lençol de óleo sobe para o fluxo de água e concentra-se no topo de cada ondulação. Quando o óleo atinge o fim do conjunto de placas, é recolhido num canal e levado até à interface óleo-água. O óleo separado é então recolhido numa parte separada da bacia do sistema e eliminado no exterior através de uma ligação. A água tratada do sistema de remoção de óleo é transferida por gravidade para a bacia de água de efluentes para monitorização e análise de parâmetros.

A bacia de água de efluentes é dimensionada com um volume de retenção de 4 horas a partir do nível normal de líquido. O nível normal do líquido é mantido tão baixo quanto possível através de uma válvula de controlo de nível. A água de purga da torre de arrefecimento e a água concentrada do tratamento de água industrial são enviadas em contínuo para o reservatório de efluentes. As águas recolhidas na bacia de efluentes são bombeadas para a rede externa, através de um sistema de 2 bombas, uma em funcionamento e outra em espera.

As águas pluviais das áreas não processuais (por exemplo, águas pluviais descarregadas dos telhados dos edifícios), consideradas limpas, são recolhidas no sistema de recolha de águas pluviais limpas para descarga final, através de um ponto de ligação à rede exterior.

De acordo com o Plano de Drenagem da ZILS, é requerido a amortecimento dos caudais de cheia gerados no interior da área de implantação, para evitar a descarga de caudais superiores aos da situação e referência no meio hídrico. Para o efeito devem ser previstas bacias de retenção.

Na última caixa antes da entrega nas bacias de amortecimento será instalada uma válvula controlada à distância que será acionada em caso de derrame ou combate a incêndios, permitindo neste caso que as águas contaminadas fiquem retidas na rede para posterior recolha e tratamento.

DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS INDUSTRIAIS

As águas residuais industriais serão compostos pelas águas residuais domésticas e pelas águas pluviais das primeiras chuvas (5mm) potencialmente contaminados, após tratamento (para se retirar os óleos e areias).

DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS SALINAS

A rede de águas residuais salinas recebe as águas de:

- Efluente do tratamento da água industrial (Planta das Utilidades)
- Efluente das torres de arrefecimento (Plantas de H₂ e NH₃)
- Efluente do filtro da água de arrefecimento (Plantas de H₂ e NH₃)

O caudal previsto de produção de água salinas é de 67 m³/h.

A entrega deste efluente será único e feito na Planta de Utilidades. Em caso de manutenção programada na rede a jusante por parte da AdSA, a mesma poderá ficar indisponível durante um máximo de 48h. Neste caso, a entrega de águas na rede deverá ser interrompida e as águas salinas terão de ser armazenadas numa bacia impermeável dentro da instalação caso se pretenda manter a operação.

Para tal, considerou-se a impermeabilização da bacia de retenção de águas pluviais da Planta das Utilidades, para evitar a duplicação de bacias. No caso de a manutenção ser programada para uma altura com baixa probabilidade de precipitação proceder-se-á ao desvio da drenagem de águas pluviais não contaminadas diretamente para a rede exterior, usando os bypass previstos, e ao desvio da drenagem de águas salinas para a bacia de retenção de águas pluviais. Quando a rede de drenagem de águas salinas da AdSA voltar a estar operacional, dever-se-á bombear a água entretanto retida na bacia de águas pluviais para essa rede e limpar a bacia para evitar contaminação de águas. Depois deste processo, voltar-se-á à situação normal, utilizando os caminhos previstos para as redes, garantindo a posição correta de todas as válvulas.

Caso a manutenção na rede seja programada para uma altura de chuva, ou com probabilidade de acontecer nos dias seguintes, a bacia de retenção de águas pluviais não poderá ser utilizada. Neste caso, a instalação terá de parar.

1.2.4.2 UNIDADE DE AMONÍACO

UNIDADE DE GERAÇÃO DE AR E AZOTO

O pacote de geração de azoto (X-510001) está previsto para produzir azoto de alta pressão normalmente utilizado como material de alimentação para a unidade de síntese de amoníaco a jusante, azoto de média pressão utilizado para a deslocação da conduta de amoníaco e azoto de baixa pressão como utilidade.

O pacote de produção de azoto é uma unidade criogénica de separação de ar, em que o ar é separado por destilação fracionada em azoto gasoso (GAN), azoto líquido (LIN) e fluxo de resíduos enriquecido com oxigénio.

A especificações da produção de azoto são enumeradas a seguir:

- Teor de azoto $\geq 99,99\%$ mol;
- Teor de oxigénio < 3 ppmv;

- Teor de argon $\leq 0,01\%$ mol.

O azoto para fins utilitários segue as mesmas especificações, uma vez que é necessário um teor de oxigénio muito baixo para a purga da pilha do eletrolisador e para a cobertura do tanque de armazenamento de amoníaco.

Os compressores de ar do pacote de produção de azoto incluem 3 compressores de ar isentos de óleo a 50%. Os compressores são do tipo motor elétrico com acionamento variável. Cada compressor está equipado com um filtro de entrada de ar autolimpante.

O ar comprimido húmido - não utilizado como ar de serviço - é então encaminhado para leitos de pré-tratamento, onde o vapor de água e o dióxido de carbono do ar são removidos por processo de adsorção. O ar dos leitos de pré-tratamento é então enviado para unidades de arrefecimento e separação criogénica, onde o ar é arrefecido e fracionado em azoto gasoso, azoto líquido e fluxo de resíduos ricos em oxigénio.

O azoto líquido produzido nas unidades de separação criogénica é armazenado em tanques de armazenamento LIN e revaporizado conforme necessário para cobrir os picos de procura durante as operações de deslocamento da conduta de amoníaco.

O volume necessário é adequado para cobrir a quantidade total de azoto necessária para eliminar a transferência de amoníaco líquido e a conduta de retorno através da linha de vapor de amoníaco. O volume estimado de azoto líquido é de cerca de 100 m³.

O caudal de conceção da produção LIN durante a produção normal de GAN é estimado considerando o reabastecimento do volume de armazenamento de azoto líquido (60 m³) na Planta de Hidrogénio em cerca de 12 horas. Como reserva, existe a possibilidade de importar azoto líquido de camiões-cisterna e de o descarregar para as cisternas de armazenamento de azoto quando as unidades criogénicas estão desligadas durante um longo período. A vaporização do azoto líquido é obtida por troca de calor com o ar.

Considerando que se prevê que o pico de procura de azoto dure várias horas, será necessário descongelar para garantir o desempenho adequado.

O número de vaporizadores será especificado de forma que um certo número esteja em funcionamento, enquanto outros estarão em modo de descongelação, mudando de um modo para outro para garantir o funcionamento contínuo nas condições específicas. O superaquecedor elétrico para o azoto é necessário para aumentar a temperatura do azoto proveniente do pacote criogénico de azoto durante o inverno. Este item faz parte do âmbito do pacote criogénico de azoto principal.

ARMAZENAMENTO DE AMONÍACO

A capacidade do tanque de armazenamento de amoníaco (A 530001) é definida para armazenar ambos:

- 30000 m³ equivalente à capacidade de um navio transportador de amoníaco;

- Seis dias de produção da Planta de Amoníaco em plena capacidade.

Conduzindo a uma capacidade de trabalho de 44000 m³ garantindo uma margem adequada entre dois carregamentos. Para determinar o volume líquido da cisterna, segue-se o seguinte esquema (**Error! Reference source not found.**):

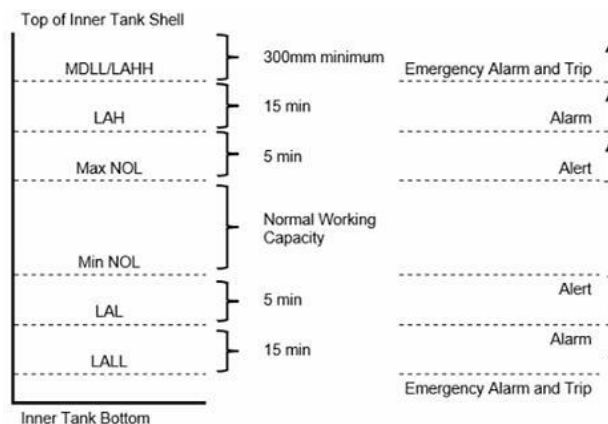


Figura 1.5 - Volume de armazenamento de amoníaco.

A distância entre o nível baixo-baixo e o fundo do tanque é fixada em 1500 mm e o nível baixo-baixo está acima do bocal da bomba de sucção. O reservatório de armazenamento de amoníaco consiste num reservatório de contenção total, de parede metálica dupla, à pressão atmosférica. As paredes interiores e exteriores do reservatório e os fundos são feitos de materiais específicos para baixas temperaturas. O tanque está equipado com um sistema de isolamento adequado para limitar a taxa diária de gás de ebulição a menos de 0,04 % wt da capacidade de armazenamento do tanque, considerando uma temperatura ambiente externa de 35°C.

Estarão instalados termoelementos para medição da temperatura no fundo do tanque exterior para detetar possíveis fugas ou variações de temperatura devidas a pequenos derrames de amoníaco líquido. Existem elementos térmicos nos reservatórios interno e externo, localizados nos cascos e no fundo, para permitir a monitorização local da temperatura durante a operação de arrefecimento.

O tanque de armazenamento de amoníaco irá funcionar nos seguintes modos:

- Modo de espera - período entre as expedições, quando o sistema de carga precisa de ser mantido frio através da circulação do produto arrefecido;
- Modo de carregamento - período em que o navio-cisterna está atracado no cais e o amoníaco é transferido do tanque de armazenamento para os navios.

MODO DE ESPERA

Durante o modo de espera, está prevista a circulação para manter as condutas de carga frias e evitar uma eventual estratificação no tanque. O arrefecimento acima referido é obtido através de uma longa circulação do produto do tanque de armazenagem para o cais e vice-versa. Estão previstas duas condutas de carregamento de amoníaco; durante o modo de carregamento, as duas condutas são utilizadas em paralelo para carregar/descarregar a carga do navio e, durante o modo de espera, para permitir a circulação do amoníaco.

Uma vez que o caudal de recirculação é muito inferior ao caudal de carga, estão previstas bombas de recirculação da conduta de amoníaco (P-530004A/B) para fazer circular o produto para fora dos tanques de armazenamento através de uma linha de carga e de volta para os tanques de armazenagem através da segunda linha de carga.

MODO DE CARREGAMENTO

Durante o modo de carregamento, o amoníaco é transferido do tanque de armazenamento para o camião-cisterna através das condutas e dos sistemas de carregamento.

As condutas de carga são isoladas com material adequado, a fim de limitar o grau de troca térmica com o ambiente circundante. Dado que o caudal de carga é muito superior ao caudal de recirculação, estão previstas bombas de exportação de amoníaco (P-530001A/B/C) para enviar o amoníaco para fora dos tanques de armazenamento através de duas condutas paralelas. As bombas estão previstas no exterior do tanque e são do tipo vertical, devido ao baixo valor de NPSH disponível, com as ligações adequadas para o arrefecimento, o esvaziamento e a purga com gás inerte.

CONDUTA DE RETORNO DE VAPOR DE AMONÍACO

Durante a operação de carregamento, são gerados vapores no interior do camião-cisterna, principalmente devido a:

- Flash atmosférico de amoníaco líquido sub-arrefecido disponível a partir da conduta para o navio-tanque a uma temperatura ligeiramente superior a -33°C;
- Deslocação do vapor no navio-tanque;
- Entrada de calor.

Uma linha é fornecida para recuperar o amoníaco vaporizado, estando conectada ao sistema de recuperação de BOG. Como a distância entre o navio-cisterna e o tanque é longa e os valores de queda de pressão aumentam, estão instalados, no lado do cais, dois ventiladores de retorno de vapor de amoníaco (K-720001A/B). A conduta de retorno de amoníaco é continuamente purgada com Azoto.

O separador de amoníaco foi concebido para recolher um volume de amoníaco líquido correspondente à secção da conduta entre duas válvulas de isolamento instaladas ao longo do comprimento da conduta. São instaladas várias válvulas de isolamento ao longo da conduta de amoníaco líquido para limitar o volume de amoníaco a cerca de 100 toneladas entre duas válvulas. Em caso de fuga, a conduta pode ser seccionada em cerca de 100 toneladas. Nesse caso, na conduta, a secção onde for detetada a fuga será isolada e drenada através de um ramal de descarga da secção da conduta entre duas válvulas para permitir a descarga de emergência para a conduta de vapor de amoníaco.

A conduta de vapor de amoníaco pode também ser utilizada, em fluxo inverso, para empurrar o PIG da conduta de amoníaco líquido para o tanque de armazenamento de amoníaco criogénico localizado na Planta de Amoníaco. Esta operação será realizada utilizando azoto pressurizado como fluido de condução, uma vez que está disponível no local.

A pressão de entrada de azoto requerida para esta operação é igual a cerca de 10 bar(g) (assegurando um caudal volumétrico de cerca de $5700 \text{ Nm}^3/\text{h}$), de modo a garantir uma deslocação do amoníaco líquido na conduta, suficientemente rápida para controlar a velocidade do PIG (não inferior a $0,5 \text{ m/s}$) e suficientemente lenta para evitar uma taxa de ebulição excessiva no separador de amoníaco (V-530002), que é onde o amoníaco criogénico é recuperado. Este separador opera a uma pressão de aproximadamente 1 bar(g) antes de enviar o amoníaco líquido para o tanque de armazenamento através de duas bombas separadoras de amoníaco líquido (P-530002).

RECUPERAÇÃO DE GÁS E EVAPORAÇÃO (BOG)

O BOG gerado pelo tanque de armazenamento de amoníaco e pela linha de retorno de vapor da conduta é recuperado no seu respetivo sistema de recuperação:

- Pacote de arrefecimento BOG do armazenamento de amoníaco (X-530001);
- Pacote de arrefecimento BOG da tubulação (X-530002).

Cada sistema consiste essencialmente num ciclo de arrefecimento que utiliza o mesmo produto como meio de arrefecimento. Os vapores produzidos no tanque (ou na conduta de retorno de vapor do cais) são comprimidos a uma pressão que corresponde a uma temperatura de saturação que é definida com base na temperatura de aproximação do arrefecimento do ar. O vapor comprimido é encaminhado para um aeroarrefecedor para condensar, libertando tanto o calor absorvido no sistema de armazenamento (ou no sistema de condutas) como o calor absorvido durante a sua compressão. Para completar o ciclo termodinâmico, o líquido condensado é expandido isoentálpicamente antes de ser enviado novamente para o tanque.

O excesso de gás de evaporação que não pode ser gerido pelo sistema de recuperação de BOG é encaminhado, sob controlo de pressão, através da conduta de queima de baixa pressão.

ÁGUA DESSALINIZADA E ÁGUA DE SERVIÇO

ÁGUA DESSALINIZADA

A fonte de água dessalinizada é o sistema de tratamento de água industrial da Planta de Hidrogénio.

A principal utilização da água dessalinizada é a água de reposição para os circuitos abertos de água de arrefecimento dentro da Planta de Amoníaco. A água dessalinizada é armazenada no tanque de armazenamento de água dessalinizada (A-541001).

ÁGUA DE SERVIÇO

A fonte de água de serviço é o sistema de tratamento de água industrial da Planta de Hidrogénio.

A água de serviço é armazenada no tanque de armazenamento de água de serviço (A-541002).

ÁGUA DESMINERALIZADA

A fonte de água desmineralizada é a Planta de Hidrogénio.

Prevê-se uma pequena utilização de água desmineralizada na Planta de Amoníaco, principalmente devido à compensação de água para o desgasificador de água de alimentação da caldeira e diluições de armazenamento de produtos químicos. A água desmineralizada é armazenada no tanque de armazenamento de água desmineralizada (A-542001).

ÁGUA DE ARREFECIMENTO

Está previsto um sistema de arrefecimento para a Planta de Amoníaco. Devido às considerações de impacto ambiental e às limitações de abastecimento de água, o meio preferido de arrefecimento do processo é o arrefecimento a seco sob a forma de aeroarrefecedores. No entanto, os aeroarrefecedores não são capazes de fornecer a temperatura da água de arrefecimento necessária para os serviços de arrefecimento enumerados abaixo, para os quais são necessárias torres de arrefecimento evaporativas:

- Acessórios de compressores e bombas (para todas as unidades de processo e utilidades);
- Compressor de arrefecimento intercooler;
- Arrefecedor de destilação de amoníaco;
- Unidade de produção de azoto arrefecedor de compressores.

É necessária uma chaminé de ventilação no primeiro tubo ascendente para a célula da torre de arrefecimento localizada no tubo de retorno de água de arrefecimento. O objetivo desta chaminé de ventilação é a descarga segura de qualquer gás proveniente de fugas (ou seja, amoníaco) que possa estar presente na água de arrefecimento em circulação acima do compartimento do ventilador, onde estão instalados detetores de gás de amoníaco.

AR DE INSTRUMENTAÇÃO

A unidade de produção de azoto é a fonte de ar de instrumentação para as instalações de hidrogénio e de amoníaco. No conjunto NGU, o ar de instrumentação é retirado a jusante dos secadores.

O ar seco comprimido da NGU é enviado parcialmente para o tanque buffer de ar de instrumentação (V-545001), que fornece uma capacidade de retenção adequada durante a paragem de emergência igual a 15 minutos no caudal de projeto de ar de instrumentação para a Planta de Amoníaco (de 7 bar(g) para 4.5 bar(g)). A Planta de Hidrogénio possui o seu próprio recipiente de buffer.

No caso de não estar disponível o NGU (unidade de gás não combustível), o ar de instrumentação para a Planta de Amoníaco é fornecido pela unidade de ar comprimido em standby da Planta de Hidrogénio.

AR DE SERVIÇO

A unidade de produção de azoto é a fonte de ar de serviço para as instalações de hidrogénio e de amoníaco. No conjunto NGU, o ar de serviço é recolhido a montante dos secadores.

O ar húmido comprimido da NGU é enviado parcialmente para o reservatório de reserva de ar de serviço (V-546001), que fornece uma capacidade de reserva adequada durante a paragem de emergência igual a 15 minutos com o caudal de projeto do ar de serviço para a instalação de amoníaco (de 7 bar(g) para 6 bar(g)). No caso de a NGU não estar disponível, o ar de serviço para a instalação de amoníaco é fornecido pela unidade de ar comprimido de reserva da Planta de Hidrogénio.

ÁGUA DE ALIMENTAÇÃO DA CALDEIRA, VAPOR E CONDENSADOS

SISTEMA DE VAPOR

O vapor de média pressão sobreaquecido é gerado no circuito de síntese do amoníaco. O vapor sobreaquecido é utilizado principalmente para gerar energia na turbinagerador. O gerador é acionado por uma turbina a vapor de condensação de média pressão. O vapor de escape da turbina é condensado num condensador de superfície aeroarrefecido e o vapor condensado é enviado de volta para o desoxigenador para ser utilizado na produção de água de alimentação da caldeira.

Durante o funcionamento normal, o vapor de média pressão é enviado para a estação de despressurização juntamente com o arrefecedor de vapor (Z-548001) para a produção de vapor de baixa pressão, a fim de satisfazer as condições de vapor especificadas a jusante. Em caso de pressão elevada no coletor de vapor de baixa pressão, o controlador de pressão de vapor de baixa pressão atua para abrir a linha para o condensador de vapor excedente de baixa pressão (E-548001), para condensar o vapor de baixa pressão. No caso de um novo aumento de pressão, uma válvula de ventilação envia o excesso de vapor para a atmosfera através do silenciador (SL-548001). Uma pequena quantidade de vapor de baixa pressão é também recuperada através da purga contínua da caldeira de calor residual na instalação de síntese de amoníaco.

O coletor de vapor de baixa pressão alimenta as instalações de processamento e de serviços públicos. Os principais utilizadores de vapor de baixa pressão são:

- Desoxigenador;
- Ejetor de turbina a vapor;
- Estações de utilidades.

O arranque da caldeira elétrica (X-548005) é utilizado para fornecer o vapor de baixa pressão para o arranque do desoxigenador de utilidades quando apenas está disponível água desmineralizada. Durante o funcionamento normal, o arranque da caldeira elétrica estará desligado.

CONDENSADOR DE VAPOR

Os condensados de vapor recuperados dos utilizadores de vapor de baixa pressão e dos purgadores de vapor serão recolhidos no tanque de condensados de baixa pressão (V 548002), onde o flash de vapor será ventilado para a atmosfera e a fase líquida será bombeada para o desoxigenador por meio das bombas de condensados de baixa pressão (P-548002A/B). O excesso do tanque de condensação é direcionado para o sistema de esgoto de águas oleosas.

DESOXIGENADOR

Toda a água de alimentação da caldeira necessária ao complexo de amoníaco é produzida no desoxigenador (V-548001) a partir de:

- Condensados da turbina;
- Condensados da síntese do amoníaco;
- Condensados recuperados provenientes do V-548002 pelas P-548002A/B;
- Água desmineralizada de reposição de equilíbrio sob controlo de nível.

O desoxigenador foi concebido para fornecer água de alimentação da caldeira desoxigenada a 130°C. O desoxigenador tem uma capacidade de retenção de 15 minutos, calculada considerando todas as necessidades de água de alimentação da caldeira a funcionar à capacidade máxima, entre o nível normal e o nível baixo-baixo, que aciona as bombas de água de alimentação da caldeira. Na secção de desoxigenação, o conteúdo de gás residual na água é removido por meio de um fluxo em contracorrente de vapor de baixa pressão retirado do coletor de vapor de baixa pressão e reduzido sob controlo de pressão. O excesso de fluxo do desoxigenador é direcionado para o sistema de esgotos subterrâneo limpo, de forma intermitente, após arrefecimento com água de serviço.

As bombas de água de alimentação da caldeira (P-548001A/B) foram concebidas para cobrir a água de alimentação máxima da caldeira para o tanque de vapor mais a água de alimentação da caldeira necessária para temperar o vapor de média pressão durante o funcionamento do by-pass do gerador da turbina a vapor.

O tratamento da água de alimentação da caldeira é efetuado através da injeção de um absorvente de oxigénio, de um controlador de pH e de uma solução de fosfatos na água de alimentação da caldeira por meio de pacotes descritos abaixo:

- Um pacote de dosagem de absorvente de oxigénio (X 548004) que consiste em duas bombas de e um recipiente de absorvente de oxigénio. O produto químico é alimentado diretamente no desoxigenador e o caudal de injeção é automaticamente controlado em proporção ao caudal de água de arrefecimento da caldeira em circulação;
- Um pacote de dosagem de inibidor de corrosão (X-548003) fornecido para manter o pH da água e do vapor dentro do intervalo correto. Consiste em duas bombas e um recipiente de armazenamento da solução. O produto químico é alimentado diretamente nos tubos de sucção das bombas de água de arrefecimento da caldeira e o caudal de injeção é automaticamente controlado em proporção ao caudal de água de arrefecimento da caldeira em circulação;
- Um pacote de dosagem de solução de fosfato (X 548002) fornecido para manter o pH da água nos tanques da caldeira auxiliar no valor correto. O sistema consiste em duas bombas e um recipiente de armazenamento. O produto químico é alimentado diretamente no tanque de água da caldeira de arranque elétrico.

DISTRIBUIÇÃO DE AZOTO

A Unidade de Produção de Azoto é a fonte de azoto para as instalações de hidrogénio e de amoníaco. O azoto gasoso está disponível em dois níveis de pressão:

- Azoto de alta pressão utilizado como alimentação da síntese de amoníaco;
- Azoto de baixa pressão utilizado para utilização na Planta de Amoníaco, diferente do azoto de processo.

O azoto de baixa pressão é enviado para a distribuição aos utilizadores. Parte do azoto de alta pressão está ligado ao tanque buffer de azoto de alta pressão (V-549001), que fornece uma capacidade de retenção adequada durante perturbações ou picos de consumo. Capacidade de retenção de 30 minutos no caudal dimensionado relacionado com a Planta de Amoníaco (de 13 bar(g) para 8 bar(g)).

DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

O funcionamento desta rede será idêntico ao da Planta de H2. A única diferença será no tratamento das águas potencialmente contaminadas.

Adicionalmente ao tratamento para separação de óleos e areias dos 5 primeiros mm de precipitação das áreas potencialmente contaminadas, será ainda considerada uma segunda fase de tratamento nesta planta devido ao risco de contaminação dos efluentes com amoníaco.

Caso a concentração seja superior a 125 ppm, o efluente será enviado para um tratamento em coluna de absorção com zeólito, antes da descarga na rede de águas residuais industriais.

DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS INDUSTRIAIS

O funcionamento desta rede será em tudo idêntico ao da Planta de H2.

DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS SALINAS

O funcionamento desta rede será idêntico ao da Planta de Utilidades. A única diferença será que os efluentes salinos produzidos nas torres de arrefecimento da Planta de Amoníaco serão bombeados para a Planta de Utilidades, passando pela Planta de H2.

FLARE DE ARMAZENAMENTO DE AMONÍACO

A flare de armazenamento de amoníaco (L-560002) é dedicada à seção de armazenamento de amoníaco e é dimensionada tendo em conta o pior cenário, considerando o sistema principal ligado abaixo:

- Tanque de armazenamento de amoníaco;
- Saída bloqueada do compressor BOG de armazenamento de amoníaco;
- Saída bloqueada do compressor de conduta BOG.

O pior cenário é previsto devido ao bloqueio da saída do compressor BOG da conduta, causado pela alta taxa de carga de amoníaco líquido do navio de 2500 m³/h. Os seguintes equipamentos fazem parte do fornecimento mínimo:

- Torre da flare;
- Ponta da flare;
- Dispositivos de proteção contra retrocessos;
- Selo fluidificado;
- Sistema de ignição;
- Queimadores-piloto.

A flare está conectada a um tanque vertical na extremidade inferior e à secção de vedação de gás e ponta na extremidade superior. A flare é dimensionada com um diâmetro adequado de modo a não exceder a pressão especificada no limite da instalação. Um coletor de despressurização de entrada está ligado ao sistema de queima.

A ponta da flare é instalada na torre da flare e deve ser projetada para a combustão de amoníaco puro, com a maior eficiência (mínimo de 98%), sem a utilização de gás auxiliar. No entanto, a ponta será equipada com um anel externo ou dispositivo semelhante para a injeção de gás hidrogénio, a fim de apoiar a combustão e a temperatura. Neste sistema, é dado um cuidado especial para evitar o retorno de chama para o sistema de queima, bem como para a tubagem de descarga e de serviço ligada, sempre que possa ocorrer o risco de misturas explosivas com o ar. A torre da flare e os coletores são continuamente purgados com azoto (ou gás hidrogénio em caso de falha do azoto), para garantir um fluxo mínimo contínuo de gás de purga em direção à atmosfera.

Um painel de ignição e a conduta conectada, com base no avanço da frente de chama, juntamente com toda a instrumentação necessária e ligações à ponta da flare, são instalados ao nível do solo na posição mais adequada, a uma distância segura da flare. Este sistema tem como função controlar a pressão do gás combustível para os queimadores-piloto, acender os queimadores-piloto e monitorizar e operar a queima.

1.3 MEDIDAS DE PREVENÇÃO E MITIGAÇÃO

A construção das instalações da MADOUA POWER 2X respeitará os princípios da legislação nacional e com o objetivo de Prevenção de Acidentes Graves, e a limitação das suas repercussões nas pessoas e no meio ambiente, serão adotadas um conjunto de soluções de engenharia e de organização na melhoria dos seus equipamentos e instalações.

Destacam-se as seguintes medidas adotadas no estabelecimento:

1.3.1 EDIFÍCIOS

O projeto do edifício será desenvolvido de acordo com a legislação, regras e requisitos exigidos. Os edifícios destinados a serem ocupados devem ser incluídos na avaliação da localização do edifício para o projeto de explosão. Assim sendo as medidas aplicadas:

- Os edifícios críticos devem estar localizados, tanto quanto possível, longe dos domínios de explosão da nuvem de vapor para minimizar os requisitos de projeto de resistência à explosão.
- A conceção estrutural resistente às explosões, a filosofia de construção e os pormenores devem ser desenvolvidos de modo a garantir que os ocupantes do edifício e o equipamento de segurança crítico sejam protegidos e cumpram os requisitos de resposta e desempenho do edifício acima referidos.
- Os materiais de construção, incluindo o isolamento e os acabamentos das paredes e tetos, devem ser incombustíveis e capazes de resistir à corrosão química e devem ser qualificados para a utilização a que se destinam. Não é permitida a utilização de materiais que contenham amianto.
- As áreas de processo que manuseiem líquidos inflamáveis e/ou gases inflamáveis devem ser de construção aberta, sem paredes exteriores, com um mínimo de coberturas e pavimentos gradeados. No caso de a área da superfície dos resguardos laterais de proteção da estação situados sob estruturas emolduradas e pavilhões não exceder 50% da área total do lado fechado, pode ser considerada como aberta (a altura deve ser definida como a distância do chão à parte saliente do pavimento ou da cobertura).
- Devem ser utilizados pavimentos impermeabilizado onde possam ocorrer fugas significativas de líquidos inflamáveis (bombas, estações de amostragem).

1.3.2 PROTEÇÃO DE EQUIPAMENTOS

Como filosofia geral de conceção, todos os sistemas de processo devem ser protegidos por dois níveis de proteção dos instrumentos. O primeiro nível de proteção será constituído pelos transmissores de controlo e alarme que alimentam o Sistema de Controlo Distribuído (DCS) e que, em caso de desvio do valor nominal, produzem um alarme.

O nível secundário de proteção dos instrumentos consiste num instrumento separado e num circuito de instrumentos que alimenta o sistema de paragem de emergência (ESD - *Emergency Shut Down*) e que, em caso de desvio do ponto de regulação para além do ponto de alarme, provoca uma ação executiva. No caso de uma condição anormal ou de uma iniciação manual do operador, o sistema ESD deve desligar a produção, o processo e o equipamento de utilidade através de uma lógica de encerramento pré-determinada,

mantendo assim os requisitos de segurança para o pessoal, o equipamento e o ambiente.

Os requisitos da lógica ESD serão estabelecidos durante a avaliação SIL.

Descreve-se de seguida de forma mais detalhada e sistematizada, o sistema de instrumentação e controlo e o sistema de paragem de emergência, previstos no estabelecimento.

1. Sistema de instrumentação e controlo

Modo de deteção e alarme de nível, pressão e/ou temperatura:

- A medição de nível, pressão e temperatura é feita por instrumentos locais (elementos sonda com transmissores) instalados nas tubagens e equipamentos, que providenciam medição contínua dos valores de processo.
- A deteção de alarme é feita pelo sistema de controlo (DCS) e/ou pelo sistema de paragem de emergência (ESD), sempre que uma variável atinja o valor de alarme definido no sistema respetivo.

Local de deteção e o acionamento do alarme (sala de controlo e/ou no local):

- Como já descrito acima, a deteção é feita pelos sistemas de controlo (DCS) e/ou de paragem de emergência (ESD).
- O alarme é acionado no respetivo sistema e indicado a o operador de sala de controlo na interface homem-máquina (HMI).

Atuação automática, sala de controlo ou local:

- A atuação será maioritariamente relativa a válvulas (abertura e fecho) e a equipamentos (arranque e paragem).
- Todos os três modos de atuação: automática, na sala de controlo ou no local, são possíveis.
- Na maioria dos casos, as válvulas automáticas e os equipamentos podem ser atuados tanto no local como a partir da sala de controlo.

As exceções são:

- ✓ os equipamentos cujo arranque à distância pode causar perigo para as instalações, os operadores ou o ambiente;
- ✓ as válvulas manuais, que apenas podem ser atuadas no local,

Nos elementos operacionais, a escolha do modo de atuação caberá ao operador, que pode selecionar o modo de operação desejado no sistema DCS ou localmente, dependendo das características dos elementos em causa.

Nos elementos de paragem de emergência, a escolha do modo de atuação é definida no sistema ESD e a atuação é exclusivamente automática, embora a forma de iniciação da paragem de emergência possa ser manual através das botoneiras de emergência.

As botoneiras de emergência serão instaladas na sala de controlo em local facilmente acessível aos operadores e localmente nos locais designados pelos estudos de segurança.

2. Sistema de paragem de emergência

O estabelecimento será provido de um sistema ESD (*Emergency Shutdown System*) de paragem de emergência.

Este tipo de sistema é dedicado à paragem de emergência e independente do controlo de processos, atuando como uma camada de proteção independente.

Os detetores, transmissores, cabos, sistemas de comunicação, válvulas e outros elementos atuadores, são todos dedicados ao sistema ESD, não partilhando funções com outros sistemas de automação.

Tem como elementos finais válvulas automáticas e a paragem de equipamentos, e em alguns casos muito específicos, o arranque de equipamentos de emergência.

A lógica de atuação do sistema é definida por estudos de segurança específicos à fábrica e aos elementos instalados.

1.3.3 MEDIDAS DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIOS E EXPLOSÕES

Os perigos de incêndio e explosão devem ser geridos de modo a preservar a vida, minimizar o risco para o ambiente e limitar os danos no equipamento, de modo a que o risco decorrente de incêndios e explosões seja tão baixo quanto razoavelmente praticável (ALARP).

A gestão dos riscos de proteção contra incêndios e explosões inclui cinco componentes principais:

- Prevenção.
- Detecção.
- Contenção.

- Proteção passiva contra incêndios.
- Sistemas de combate a incêndios.

A conceção das instalações deve ter em conta cada uma destas componentes como parte de uma estratégia integrada, com a devida ênfase em cada uma delas.

A prevenção deve ser implementada através da utilização de normas de conceção e controlos operacionais adequados. As medidas de controlo devem, na medida do possível, ser alcançadas através de uma disposição adequada das instalações e de um sistema de drenagem para reduzir a propagação de um incêndio ou explosão, de uma descarga de ar e de um ESD (*Emergency Shut Down*) para isolar e reduzir o inventário de materiais inflamáveis.

A proteção ativa e passiva contra incêndios, incluindo a deteção de incêndios e de gases, deve ter em conta as recomendações dos estudos de segurança.

1.3.3.1 SISTEMA DE COMBATE A INCÊNDIO

A proteção ativa contra incêndios é realizada por vários tipos de agentes extintores. A escolha do agente extintor depende da natureza do risco previsto nas diferentes áreas.

As seguintes estratégias gerais devem ser consideradas no projeto de combate a incêndios:

- O gás inflamável só pode ser extinto parando a fonte de fuga. Entretanto, o equipamento adjacente deve ser arrefecido com água para reduzir a exposição ao incêndio;
- Os incêndios de combustíveis podem ser extintos com água ou espuma, consoante a dimensão do incêndio;
- Os incêndios que envolvam sólidos combustíveis podem ser extintos com água ou com pós secos, consoante a dimensão do incêndio;
- Em qualquer situação de incêndio, a água pulverizada ajuda a arrefecer as estruturas adjacentes e a evitar a propagação do incêndio;
- A utilização de água em ações de combate a incêndios deve ser sempre verificada em relação à reatividade dos materiais envolvidos nos incêndios;
- Devem ser seguidas as recomendações constantes das fichas de dados de segurança dos materiais.

Para garantir a separação das duas fábricas, existirão de sistemas de água de incêndio diferentes, cada uma com instalações de armazenamento dedicadas. A capacidade dos reservatórios da rede de incêndios será de:

- Fábrica de hidrogénio: reservatório atmosférico (A-54701 A/B) de água para combate a incêndios com uma capacidade de 6600 m³, de acordo com o diagrama de processo *MP2X-500-SA-PFD-104022_A*, apresentado no Apêndice 1;
- Fábrica de amoníaco: reservatório atmosférico (A-35801 A/B) de água para combate a incêndios com uma capacidade de 3970 m³, de acordo com o diagrama de processo *MP2X-300-SA-PFD-104021_A*, apresentado no Apêndice 1.

A água usada no combate a incêndio tem origem na rede de água industrial da Águas de Santo André, SA, sendo a mesma sujeita a um tratamento para impedir o crescimento microbiano aquando do armazenamento nos reservatórios de armazenagem de água de combate a incêndio.

1.3.3.2 REDE DE INCÊNDIOS -MEIOS DE COMBATE – SISTEMAS ATIVOS

Os meios ativos de combate a incêndio previstos para o projeto incluem canhões de água auto-oscilantes, hidrantes, sistemas de dilúvio, sprinklers, cortinas de água, sistemas de extinção por espuma e sistemas de supressão por gás inerte (IG-541). Estes sistemas foram dimensionados de acordo com a avaliação dos riscos presentes, nomeadamente incêndios de jato de chama, explosões de nuvem de vapor e libertações tóxicas. A estratégia de combate privilegia o isolamento e despressurização rápida das fontes de libertação, reforçada pela capacidade de arrefecimento e contenção das estruturas expostas à radiação térmica.

A instalação dispõe de sistemas de dilúvio para proteção de equipamentos críticos, como compressores, unidades de purificação de hidrogénio e áreas de armazenamento de substâncias inflamáveis. Adicionalmente, os sistemas de sprinklers e espuma asseguram a contenção de incêndios em armazéns e áreas de carga térmica elevada, enquanto as cortinas de água são utilizadas para limitar a dispersão de vapores de amoníaco. A proteção de salas críticas (salas de controlo, UPS, salas elétricas) é assegurada por sistemas de inundação total com gás inerte, com acionamento manual e automático

CANHÕES E HIDRANTES

CANHÕES

Os canhões de água auto-oscilantes de funcionamento remoto, adequados para a combinação de jato de linha reta e de nevoeiro, classificados para um caudal de 2400 [lt/min] (144 m³/h), devem estar localizados perto do equipamento perigoso na área da

instalação de processamento a uma distância segura (não inferior a 15 m) do perigo mais próximo. Presume-se que a cobertura do canhão seja de 50 m. O jato de névoa também é considerado eficaz contra uma possível liberação de amoníaco gasoso.

HIDRANTES

Devem ser fornecidos hidrantes secos para captar a água da rede de incêndio e localizados em posições estratégicas em torno das áreas de produção e dos edifícios de processamento das instalações.

O seu número e o número de entradas de água devem ser estimados em função do risco a proteger, embora a distância máxima entre eles seja de 40 a 50 m em torno das unidades de processamento e de 60 m nas restantes zonas.

Os hidrantes devem estar localizados a uma distância segura (mínimo de 15 m) do perigo que protegem. As saídas dos hidrantes devem ser em número de três, do tipo Storz para aperto rápido, com os diâmetros externos das juntas de 52mm, 75mm e 110mm.

O conteúdo e a localização das caixas de mangueiras, bem como o equipamento portátil adicional, devem estar localizados perto de bocas de água corta-fogo e em qualquer outro local considerado necessário.

No interior dos edifícios, deve existir um número adequado de bocas de parede ou de carretéis de mangueira.

SISTEMAS DE DILÚVIO

Estão previstos sistemas de dilúvio para equipamentos que contenham substâncias inflamáveis ou substâncias tóxicas (no caso de o equipamento poder estar sujeito a radiação térmica, em caso de incêndio externo, que possa comprometer a sua integridade) que não possam ser alcançados pelos canhões.

O dilúvio deve também ser previsto para o armazenamento de hidrogénio para arrefecer os *bullets* envolvidos na radiação térmica (balas adjacentes) e para a unidade de purificação de hidrogénio.

As máquinas que tenham uma quantidade de óleo lubrificante superior a 200 [lt], mesmo que não manuseiem substâncias inflamáveis, devem ter as consolas de óleo lubrificante e as bombas de óleo lubrificante protegidas por um sistema de dilúvio.

A proteção dos transformadores elétricos cheios de óleo será baseada na distância de segurança ou nas paredes de alvenaria; apenas em casos específicos, em que a exposição potencial ao fogo seja particularmente elevada, pode ser instalado um sistema de dilúvio em conformidade com a NFPA 15. Os requisitos da IEC 61936-1 para transformadores podem ser seguidos.

Estão previstos sistemas por dilúvio para:

- Compressores de água refrigerada
- Purificação de Hidrogénio
- Compressores Azoto
- Turbina
- Compressores de Amoníaco
- Armazenamento de Hidrogénio
- Compressores de Hidrogénio

SPRINKLERS

Os critérios de dimensionamento para sistemas fixos automáticos de extinção de água são função de "Uso Típico". No caso desta instalação, será classificada como Tipo XII – "industriais, oficinas e armazéns".

Os sprinklers estão previstos para:

- Armazém
- Oficinas
- Abrigos para bombas de água de incêndio

CORTINAS DE ÁGUA

Está prevista a instalação de uma cortina de água no lado exterior da parede da bacia de contenção do tanque de amoníaco para limitar a dispersão de amoníaco em direção à central no caso de inundação de amoníaco líquido no interior da bacia do tanque. Este sistema será dividido em porções ("em forma de L") para ser ativado dependendo da direção do vento (figura abaixo).

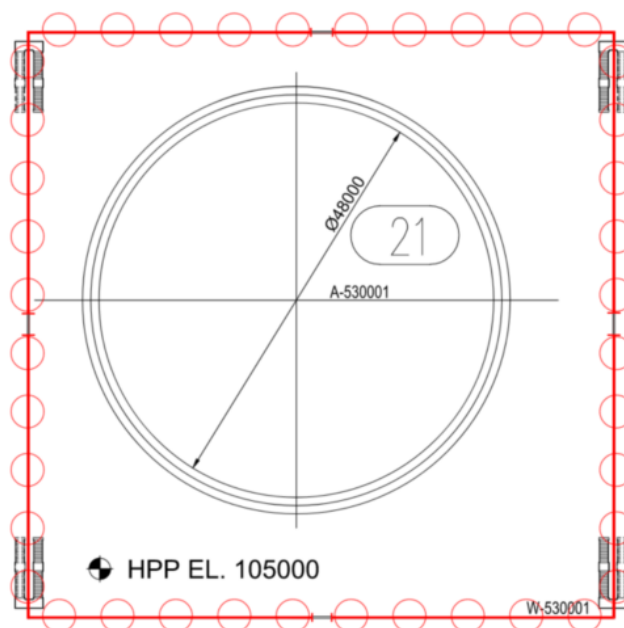


Figura 1.6 - Cortina de Água em L para Tanque de Amoníaco.

SISTEMAS DE EXTINÇÃO DE INCÊNDIOS POR ESPUMA

Os sistemas de extinção de incêndios por espuma serão projetados de acordo com a NFPA 11-2024.

No caso da libertação de amoníaco criogénico liquefeito, poderá ser aplicada espuma para cobrir o derrame e consequentemente limitar a sua evaporação.

No caso de incêndios envolvendo amoníaco, poderá ser utilizada uma espuma de álcool não fluorada.

Em torno do Tanque de Amoníaco Líquido, serão instalados carretéis de espuma de baixa expansão em postes. Considera-se a utilização simultânea de dois carretéis para cobrir o líquido na bacia de contenção do tanque, em caso de derrame.

SISTEMA DE SUPRESSÃO POR GÁS

Serão previstos sistemas de supressão por gás para instalações que possam ser danificadas severamente pela água (por exemplo, sistemas elétricos e eletrônicos), principalmente em instalações que sejam consideradas críticas.

As instalações críticas são aquelas que, em caso de falha ou perda, tornam impossível o controlo do processo, como são os casos das salas de controlo. Estes sistemas são adequados para espaços fechados, sendo os considerados para estes locais sistemas de inundação total com gás inerte.

O gás de extinção será o gás inerte IG-541.

Para armários em geradores elétricos, poderão ser previstos sistemas de inundação total com CO₂.

Cada sala a ser protegida pelo sistema de supressão por gás (incluindo eventualmente piso/teto falso) será protegido por um sistema dedicado. As garrafas do gás inerte serão dimensionadas para a maior sala, desde que haja compartimentação de incêndio entre salas. Os racks de garrafas do gás inerte bem como os painéis de controlo do sistema de extinção serão armazenados numa área dedicada, fora de zonas protegidas e protegidos da luz solar direta/chuva.

Os tipos de sala serão protegidos:

- UPS / Sala elétrica.
- Sala de Telecomunicações;
- Sala de Baterias;
- Sala de Quadros (MV e LV)
- Sala de Controlo;
- Sala de Variadores.

Para todos estes sistemas, serão fornecidos interruptores locais de ativação manual e de cancelamento, para cada sala protegida.

Todos os sistemas de supressão por gás terão uma reserva de garrafas do gás inerte de extinção dimensionadas para a maior sala a ser protegida por este sistema.

1.3.4 SISTEMA DETECÇÃO DE INCÊNDIO E GÁS

Os objetivos do sistema de deteção e alarme de incêndio e de gás (F&G) são:

- Detetar qualquer situação de perigo o mais rapidamente possível;
- Alertar todas as pessoas presentes nas áreas envolvidas, de uma situação potencialmente perigosa;
- Prevenir ou minimizar a escalada dos eventos e limitar as consequências do evento detetado.

Os esquemas do sistema de F&G estão descritos no anexo A do documento “MP2X-000-SA-PH-104055 – General Specification - F&G Detection & Alarm Systems Philosophy”, apresentado no Apêndice 1.

1.3.4.1 FÁBRICA DE HIDROGÉNIO

Descreve-se de seguida o sistema de deteção de incêndio a implementar na fábrica de hidrogénio:

- Edifício dos eletrolisadores: As partes do edifício destinadas ao eletrolisador devem ser cobertas por detetores de chama UV. Os separadores de hidrogénio, após a eletrólise (fora do edifício do eletrolisador), devem ser cobertos por detetores de chama UV. Os transformadores, para deteção de incêndios, devem ser cobertos por detetores de calor pontuais. Todos estes sistemas, em lógica 100N, devem dar alarme local e remoto.
- Purificação de hidrogénio: deve ser coberta por detetores de chama UV e estes sensores, numa lógica de 100N, ativarão o alarme local e, numa lógica de 200N, o alarme remoto ativarão o dilúvio.
- Subestação elétrica de hidrogénio: a deteção de incêndios é assegurada por detetores de fumos; nos armários de comutação, UPS e por um sistema de deteção de fumo por aspiração VESDA (*Very Early Smoke Detection Apparatus*); os transformadores elétricos devem estar equipados com detetores de calor pontuais. Os detetores na lógica 100N devem ativar o alarme local e remoto, adicionalmente, na lógica 200N devem ativar o Sistema de Agente Extintor Limpo (quando presente).

Descreve-se de seguida o sistema de deteção de gases a implementar na fábrica de hidrogénio:

- Edifício dos eletrolisadores: As partes do edifício destinadas ao eletrolisador devem ser cobertas por detetores de gás H_2 e O_2 que darão alarme local e remoto. Em caso de perda de ventilação forçada, combinada com a deteção de H_2 , deve iniciar-se o encerramento dos equipamentos não ATEX;
- Compartimento do analisador: neste local estarão presentes sensores de H_2 , NH_3 e O_2 (baixo teor) que emitem um alarme local e remoto;
- Armazenamento de azoto criogénico: estão presentes detetores O_2 que emitem alarme, por baixo teor de oxigénio, tanto localmente como remotamente;
- Purificação de hidrogénio: estará coberta por detetores de gás H_2 que darão alarme local e remoto;
- Subestação elétrica de hidrogénio: na sala de baterias estarão presentes detetores pontuais de H_2 que darão alarme tanto local como remoto, numa lógica de 200N, interrompendo o carregamento da bateria.

1.3.4.2 FÁBRICA DE AMONÍACO

Descreve-se de seguida o sistema de deteção de incêndio a implementar na fábrica de amoníaco:

- Armazenamento de hidrogénio: os cilindros horizontais de armazenagem de hidrogénio serão agrupados até um máximo de 5, sendo cada grupo coberto por 4 detetores de chama UV (estes detetores darão alarme localmente e à distância). Em cada cilindro de armazenagem serão colocados 2 cabos sensíveis ao calor (*HSC - Heat Sensitive Cables*), estes sensores, na lógica de 1oo2, ativarão o alarme localmente e remotamente; na lógica de 2oo2 ativarão o dilúvio no cilindro de armazenagem em causa. Os HSC são aplicados para identificar os cilindros efetivamente envolvidas no incêndio; baseiam-se no aumento da temperatura da parede do cilindro devido à exposição ao incêndio; os detetores de chama UV podem alertar em caso de incêndio, mesmo que não estejam orientados para um cilindro;
- Compressores do armazenamento de hidrogénio: cada compressor será coberto por 2 detetores de chama UV, sendo que na lógica 1oo2 ativarão o alarme local e remoto, na lógica 2oo2 ativarão o dilúvio;
- Compressores do processo de amoníaco: Compressores de síntese de amoníaco serão cobertos por 2 detetores de chama UV que na lógica 1oo2 ativarão o alarme local e remoto, na lógica 2oo2 ativarão o dilúvio;
- Compressor de amoníaco BOG (Boil-Off Gas): Cada compressor será coberto por 2 detetores de chama UV que na lógica 1oo2 ativarão o alarme local e remoto, na lógica 2oo2 ativarão o dilúvio. o dilúvio;
- Subestação elétrica de amoníaco: a deteção de incêndios é assegurada por detetores de incêndio; nos armários de comutação, UPS e por um sistema de deteção de fumo por aspiração VESDA (*Very Early Smoke Detection Apparatus*); os transformadores elétricos devem estar equipados com detetores de calor pontuais. Os detetores na lógica 1ooN devem ativar o alarme local e remoto, adicionalmente, na lógica 2ooN devem ativar o Sistema de Agente Extintor Limpo (quando presente);

Descreve-se de seguida o sistema de deteção de gases a implementar na fábrica de amoníaco:

- Armazenamento de hidrogénio: os cilindros horizontais de armazenagem de hidrogénio, perto da localização das válvulas, serão equipados com dois detetores de gás de H₂ que emitem alarme local e remoto;
- Compressores do armazenamento de hidrogénio: cada compressor será coberto por dois detetores de gás de H₂ que emitem alarme local e remoto;

- Compressor de síntese: será coberto por quatro detetores de gás de H_2 que emitem alarme local e remoto;
- Compressores de refrigeração de amoníaco: será coberto por detetores de gás de NH_3 que emitem alarme local e remoto;
- Compressor de amoníaco BOG (Boil-Off Gas): cada compressor será coberto por 2 detetores de gás de NH_3 que emitem alarme local e remoto;
- Área da coluna de destilação de amoníaco: será coberto por detetores de gás de NH_3 que emitem alarme local e remoto;
- Área de processo de amoníaco: na zona de processamento de amoníaco existirão detetores de gás de NH_3 estrategicamente localizados emitindo alarmes locais e remotos;
- Unidade de produção de azoto: existirão sensores de teor baixo e alto de O_2 que emitem alarme local e remoto;
- Compartimento do analisador: neste local estarão presentes sensores de H_2 , NH_3 e O_2 (baixo teor) que emitem um alarme local e remoto;
- Subestação elétrica de amoníaco: na sala de baterias estarão presentes detetores pontuais de H_2 que darão alarme tanto local como remoto, numa lógica de 2ooN, interrompendo o carregamento da bateria.

1.3.5 INTERFACES DO SISTEMA DE DETECÇÃO DE INCÊNDIOS

Estão previstas as seguintes interfaces que envolvem o sistema de incêndio e gás:

- Interface com DCS (Distributed Control System);
- Sistema de controlo do ar condicionado/sistema de registo de incêndio.

O sistema de incêndio e gás será um sistema integrado capaz de funcionar de forma segura e simultânea com os dispositivos de deteção de incêndio e de gás, simultaneamente, com os equipamentos de combate a incêndios e os sistemas de alarme.

O sistema de incêndio e gás está centralizado na Sala de Controlo Central e na Sala de Emergência numa consola F&G dedicada estando interligado com vários painéis de controlo de alarme de incêndio, que são painéis autónomos localizados em edifícios, aos quais estão associados detetores e dispositivos de incêndio.

O sistema de incêndio e gás transfere todos os dados para o DCS para um histórico a longo prazo e para fornecer alarmes ao operador da instalação. Os sinais de F&G da

atuação das unidades de deteção automática ou das botoneiras de alarme manual devem ser visualizados nos postos de trabalho dos operadores instalados na sala de controlo central e na sala de emergência, devendo os alarmes ser repetidos também na receção do edifício de escritórios e nas casas de guarda (Amoníaco e Hidrogénio e Zona de Utilidades).

O sistema de incêndio e gás deve ser alimentado por uma UPS que garanta 24 horas de funcionamento e os painéis de controlo de alarme de incêndio deve ter baterias internas de reserva e aceitar e processar os seguintes sinais:

- Dispositivos endereçáveis (tais como detetores de fumo/calor e botoneiras manuais de alarme);
- Dispositivos não endereçáveis (tais como detetores de fumo/calor/chama, detetores de gás e botoneiras manuais de alarme);
- Sistemas de extinção de incêndios por dilúvio (se existirem);
- Sistemas AVAC em edifícios;
- Sinais periódicos de teste das áreas da instalação;
- Sinais de controlo e monitorização de registos de incêndio;
- O sinal geral de falha cumulativa será fornecido pelo sistema AVAC ao F&G.

Uma lógica de deteção adequada, para confirmar a presença de perigo, deve iniciar ações automáticas, incluindo o encerramento do aquecimento, ventilação e ar condicionado, alarmes para alertar todo o pessoal da instalação e a repetição do alarme para outros sistemas, a fim de salvaguardar as pessoas, infraestruturas e o ambiente.

Visualização do estado do alarme na sala de controlo central e na sala de emergência.

1.3.6 INTERFACE COM SISTEMAS DE ALARME ACÚSTICO E VISUAL

São necessários sistemas de alarme acústico e visual para alertar os operadores na sala de controlo central, na sala de emergência e o pessoal no terreno, tanto nas áreas exteriores como nos edifícios.

Os alarmes podem ser ativados através de botoneiras manuais de alarme ou detetores de incêndio (lógica 100N). O som de alarme de incêndio deve ter um nível mínimo de 65 dB(A), mas deve ser sempre 10 dB(A) mais elevado do que qualquer outro ruído que possa persistir por um período superior a 30 s.

As sirenes instaladas em toda a fábrica devem estar pelo menos 10 dBA acima do nível sonoro médio ambiente, com um nível sonoro mínimo de 85 dBA e máximo de 115 dBA, medido a 3 metros acima do solo.

A unidade de processo onde ocorreu o incidente deve acionar um alarme geral de perigo em toda a unidade e nas unidades adjacentes correspondentes.

Os dispositivos visuais (estroboscópios) estão localizados tanto nos edifícios como nas zonas exteriores. Estes dispositivos são necessários especialmente em zonas muito ruidosas (incluindo zonas restritas) para apoiar os alarmes sonoros. Os dispositivos visuais instalados em edifícios devem estar equipados com lentes vermelhas utilizadas para indicar o risco de incêndio. A unidade de processamento onde ocorreu o incidente deve acionar luzes estroboscópicas em todas as zonas de ruído elevado da unidade e nas zonas de ruído elevado das unidades adjacentes correspondentes.

Os dispositivos visuais exteriores seguem o seguinte código de cores:

- Vermelho, para perigo de incêndio / alarme geral;
- Amarelo para perigo de gás tóxico;
- Azul para perigo de gás inflamável.

1.3.7 GESTÃO DE RISCOS TÓXICOS

Os riscos tóxicos devem ser geridos de modo a preservar a vida dos operadores da instalação e a que o risco de danos para o pessoal seja tão baixo quanto razoavelmente praticável (ALARP).

As instalações de amoníaco devem estar conscientes dos perigos potenciais das libertações de amoníaco e das medidas que podem ser tomadas para evitar este tipo de libertações. Devem estar preparadas para responder adequadamente se ocorrerem libertações.

Enumeram-se de seguida algumas medidas que as instalações de amoníaco podem tomar para evitar libertações e reduzir a gravidade das libertações que ocorram:

- Estabelecer programas de formação para garantir que os sistemas de amoníaco são operados e mantidos por pessoal qualificado;
- Fornecer barreiras para proteger o equipamento que manuseia materiais tóxicos, ou seja, linhas de amoníaco, válvulas e equipamento, do impacto em áreas onde o tráfego de veículos está presente. Considerar a integração da sensibilização para o amoníaco e a discussão dos riscos de acidentes com veículos que podem levar a libertações de amoníaco como parte de um programa formal de formação de condutores;
- Desenvolver e manter um programa escrito de manutenção preventiva e um cronograma baseado nas recomendações do fabricante para todos os equipamentos de manuseio de amoníaco. O programa de manutenção preventiva deve incluir, mas não se limitar a: compressores, bombas, evaporadores;

- Condensadores, válvulas de controlo, sistemas de purga automática, detetores de amoníaco, equipamento de resposta a emergências, incluindo equipamento de monitorização do ar, aparelhos de respiração autónomos;
- Efetuar testes regulares de vibração nos compressores;
- Instalar detetores de amoníaco em áreas onde possa ocorrer uma fuga substancial. Assegurar que os detetores de amoníaco são calibrados regularmente. Verificar regularmente o funcionamento dos sensores e alarmes de amoníaco;
- Colocar corretamente placas de amoníaco de acordo com as diretrizes NFPA 704 para amoníaco e sinais de aviso em áreas onde o amoníaco está a ser utilizado;
- Identificar corretamente os produtos químicos nos sistemas de tubagem; rotular todas as tubagens de processo que contenham amoníaco. Identificar as válvulas de isolamento de emergência, para que possam ser facilmente identificadas pelas equipas de emergência, em caso de emergência. Estas válvulas devem ser claramente indicadas nos diagramas de tubagem e instrumentação (P&ID) e/ou nos diagramas de fluxo do processo;
- Estabelecer procedimentos de paragem de emergência e instruções sobre o que fazer durante e após uma falha de energia;
- Estabelecer procedimentos de emergência escritos e instruções sobre o que fazer em caso de libertação de amoníaco;
- Montar mangas de vento em locais apropriados e incorporar a sua utilização no plano de resposta a emergências da instalação. Determinar os ventos dominantes locais e realizar exercícios com as autoridades locais para determinar as ações a implementar. Para além do plano de resposta a emergências, considerar a possibilidade de desenvolver materiais adicionais (cartazes, sinais, etc.) para fornecer informações úteis aos funcionários e às equipas de emergência em caso de emergência;
- Manter os diagramas de tubagem e instrumentação (P&ID), diagramas de fluxo de processos atualizados e incorporá-los em programas de formação para operadores.

1.4 MEDIDAS DE CONTENÇÃO DE DERRAMES

Para evitar fugas nas tubagens e no equipamento, serão aplicadas as seguintes medidas

- Utilização de materiais de construção adequados e devendo ser previstas instalações de controlo da corrosão e da erosão, se for caso disso.

- Para o equipamento relacionado com o processo que transporta fluidos inflamáveis ou combustíveis, o número de ligações aparafusadas (flanges) e de válvulas deve ser reduzido ao mínimo.
- Utilização de ligações soldadas tanto quanto possível e o número de válvulas deve ser reduzido ao mínimo compatível com a filosofia de isolamento exigida.
- As ligações de instrumentos devem ser localizadas e suportadas de modo a minimizar o risco de danos.
- Os vedantes do compressor devem ser concebidos para minimizar a potencial perda de contenção.
- O projeto de um sistema de tubagens para utilização de hidrogénio deve ter em conta a pressão, a temperatura e as várias forças aplicáveis ao projeto de um sistema de tubagens de hidrogénio.

1.4.1 ATIVIDADES DE RECEÇÃO DE SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS

Todas as substâncias perigosas serão manuseadas – incluindo na sua receção – em locais impermeáveis e dotados de contenção e redes de drenagem dedicada, que permite a sua contenção e encaminhamento para a rede separativa dedicada a efluentes potencialmente contaminados.

Estes efluentes, que sejam encaminhados através da rede de drenagem, serão encaminhados para bacias de contenção secundária (disponível uma bacia em cada lote) e serão sujeitos a pré-tratamento antes da sua descarga na rede externa. Se porventura, o pré-tratamento não for suficiente para atingir os valores de conformidade para descarga na rede externa, os efluentes serão geridos como resíduos e encaminhados para gestor de resíduos autorizado.

Adicionalmente, e como referido no ponto 1.2 deste documento, haverá uma checklist na receção dos produtos classificados como perigosos, que define a validação da conformidade da embalagem primária – garantindo que não há risco de derrame. Caso se detecte defeitos na embalagem que possam originar um futuro derrame, haverá uma trasfega para embalagem apropriada ou será colocada a embalagem de origem em embalagens de socorro e devolvida ao fornecedor para correto embalamento.

Toda a armazenagem de produtos classificados como perigosos será realizados em locais com condições apropriadas, nomeadamente estanteria verificada periodicamente, locais cobertos e protegidos de radiações e de temperaturas extremas. Também a compatibilidade de armazenagem será parametrizada no sistema informático de gestão de stocks, possibilitando a correta armazenagem considerando as propriedades físico-químicas dos produtos armazenados.

Em termos de medidas físicas, os locais de receção de produtos classificados como perigosos, terão kits de contenção de derrames (absorventes areia, rodos de limpeza,

EPI) de forma a que os operadores possam atuar rapidamente na minimização de derrames e na sua limpeza.

1.4.2 MEIOS DE CONTENÇÃO FIXOS E MÓVEIS DE SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS

No quadro que se apresenta, no presente ponto do estudo, são indicadas todas as medidas de contenção da instalação, nomeadamente fixas e móveis, associadas a substâncias que poderão causar danos no ambiente e associada a equipamentos de processo (situação normal e de emergência).

Dos sistemas de contenção apresentados nem todos têm ligação à rede de drenagem de efluentes industriais, uma vez que poderão contaminar este efluente com outros contaminantes que não os que foram considerados no dimensionamento dos sistemas de tratamento. Assim, esses sistemas de contenção serão limpos sempre que houver ocorrência de derrame, localmente. Em situação de precipitação intensa, e caso haja entrada desses contaminantes na rede de efluentes industriais, o escoamento será parado (com recurso a comporta/válvula de fecho) antes do sistema de tratamento, prevendo-se a contenção do possível derrame na rede de efluentes industriais e possibilitando a bombagem para IBC que serão depois encaminhados como resíduo para tratamento adequado.

Todas as bacias de contenção referidas na tabela, tal como as redes de drenagem, estarão identificadas no sistema de manutenção, prevendo-se assim a sua manutenção preventiva, garantindo as condições de estanquicidade e limpeza necessárias.

Também a atuação em caso de derrame fará parte da formação dos operadores industriais, permitindo uma atuação rápida e a minimização da progressão dos possíveis derrames e possível contaminação da rede de drenagem.

Quadro 1.4 - Características dos meios de contenção.

BACIAS DE RETENÇÃO									
Número	Tipo	Planta	Código Planta Geral	Designação	Capacidade de Contenção [m³]	Impermeável	Pormenor Construtivo	Válvulas de Controlo	Tipo de Ligação ao Sistema Drenagem
1	Substâncias	NH ₃	21	Tanque de Amoníaco	21.560,00	Sim	Laje e paredes em betão armado	Sim, normalmente fechada	1
2		H ₂	69	Tanque de Hidróxido de Potássio 30%	259,20	Sim	Laje e paredes em betão armado	Sim, normalmente fechada	1
3		H ₂	69	Tanque de Hidróxido de Potássio 50%	356,40	Sim	Laje e paredes em betão armado	Sim, normalmente fechada	1
4		H ₂	69	Tanque Enterrado de Hidróxido de Potássio	364,50	Sim	Laje e paredes em betão armado	Sim, normalmente fechada	1
5	Zonas Potencialmente Contaminadas	NH ₃	75	Área Compressão Armazenamento NH3	130,00	Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
6		NH ₃	29	Expedição NH3	42,50	Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
7		NH ₃	5	Subestação NH3 (Transformadores e Gerador)	309,60	Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
8		NH ₃	3,12,13, 30,74,76	Área de Síntese de NH3	600,00	Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
9		NH ₃	58	Compressão H2	77,00	Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
10		NH ₃	P-530	Bombas associadas ao armazenamento de NH3 (P-530)	2,03	Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
11		NH ₃	10	Bombas associadas ao sistema de água de incêndio (P-547)	1,25	Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
12		NH ₃	18, 20	Bombas associadas ao sistema de água para o sistema de condensados (P-541)	0,92	Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
13		NH ₃	25, 26	Contenção associado aos químicos do sistema de arrefecimento (544)	1,84	Sim	Laje e caleira em betão armado	Fechado (sem ligação à rede de drenagem)	
14		H ₂	6	Circuito Fechado de Refrigeração	54,00	Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
15		H ₂	57	Purificação H ₂	87,50	Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
16		H ₂	43	Subestação NH3 (Transformadores e Gerador)	309,60	Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
17		H ₂	56	Electrolisadores	61,10	Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1

18	H ₂	65	Torre de Arrefecimento (W-356001)	216,00	Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
19	H ₂	60 e 65	Bombas associadas ao sistema de Arrefecimento fechado (P-356)		Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
20	H ₂	79	Transformadores da Subestação principal		Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
21	Utilidades	53,54,55,68	Tratamento de Água	29,45	Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
22	Utilidades	7	Parque de Armazenamento de Resíduos	22,50	Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
23	Utilidades	66	Armazém de Reagentes	79,50	Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
24	Utilidades	73	Subestação H ₂ (Transformadores e Gerador)	226,80	Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
25	Utilidades	46	Unidade de Ar Comprimido (355)	4,64	Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
26	Utilidades	48	Bombas associadas ao sistema de água desmineralizada (P-352)	0,87	Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
27	Utilidades	67	Bombas associadas ao sistema de água dessanilizada (P-351)	0,21	Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
28	Utilidades	71	Bombas associadas ao sistema de água industrial (P-311)	0,16	Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
29	Utilidades	49	Bombas associadas ao sistema de água de serviço (P-311)	0,16	Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
30	Utilidades	50	Bombas associadas ao sistema de tratamento de águas residuais (P-330)	75,00	Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
31	Utilidades		Químicos do tratamento de água industrial (W-311002)	10,00	Sim	Laje e caleira em betão armado	Fechado (sem ligação à rede de drenagem)	
32	Utilidades	--	Bacias portáteis (apara-pingos) associado aos sistemas de bombagem de químicos (sistemas de tratamento e torre de arrefecimento)	0,05	Sim	Epoxi; Aço inoxidável	NA	NA
33	NH ₃	--	Bacias portáteis (apara-pingos) associado aos sistemas de bombagem de químicos (torre de arrefecimento e sistema de condensados)	0,05	Sim	Epoxi; Aço inoxidável	NA	NA
34	Utilidades	--	Contenção Motobombas de emergência	1,80	Sim	Laje e caleira em betão armado	Fechado (sem ligação à rede de drenagem)	NA
35	H ₂	--	Contenção Motobombas de emergência	3,00	Sim	Laje e caleira em betão armado	Fechado (sem ligação à rede de drenagem)	NA
36	Utilidades	--	Contenção Gerador de Emergência	1,98	Sim	Laje e caleira em betão armado	Fechado (sem ligação à rede de drenagem)	NA
37	NH ₃	--	Contenção Gerador de Emergência	1,98	Sim	Laje e caleira em betão armado	Fechado (sem ligação à rede de drenagem)	NA

38		H ₂	--	Contenção Gerador de Emergência	1,16	Sim	Laje e caleira em betão armado	Fechado (sem ligação à rede de drenagem)	NA
39		H ₂ (SE)	--	Contenção Gerador de Emergência	0,47	Sim	Laje e caleira em betão armado	Fechado (sem ligação à rede de drenagem)	NA
40		Utilidades		Bombas associadas ao sistema de tratamento de águas de incêndio (P-359)	1,38	Sim	Laje e caleira em betão armado	Não	1
41		NH ₃	9	Águas Pluviais Potencialmente Contaminadas - NH ₃	150,00	Sim	Laje e paredes em betão armado	Sim, antes do tratamento	2
42		H ₂	82	Águas Pluviais Potencialmente Contaminadas - H ₂	20,00	Sim	Laje e paredes em betão armado	Sim, antes do tratamento	2
43		Utilidades	87	Águas Pluviais Potencialmente Contaminadas - Utilidades	20,00	Sim	Laje e paredes em betão armado	Sim, antes do tratamento	2
44	Águas Pluviais	NH ₃	84	Amortecimento de Águas Pluviais - NH ₃	4.830,00	Não	Modelação do terreno com colchão reno	Não	3
45		H ₂	85	Amortecimento de Águas Pluviais - H ₂	5.220,00	Não	Modelação do terreno com colchão reno	Não	3
46		Utilidades	86	Amortecimento de Águas Pluviais - Utilidades	2.350,00	Sim	Modelação do terreno com impermeabilização com betão projetado	Não	3

Legenda:
1 Ligação à rede interna de águas pluviais potencialmente contaminadas
2 Ligação à rede pública de esgotos industriais
3 Ligação à rede pública de águas pluviais

1.4.3 SISTEMA DE DRENAGEM

Decorrente do processo produtivo da fábrica de produção de hidrogénio e amoníaco verde da MADOQUA POWER 2X serão gerados os seguintes efluentes:

- Rede de efluente salino: este efluente é gerado no processo de tratamento de água bruta para água de abastecimento aos eletrolisadores. O efluente salino é encaminhado para a rede de drenagem da AdSA.
- Rede de águas residuais domésticas: este sistema recolhe as águas residuais domésticas das casas de banho e dos chuveiros dos edifícios de processo e administrativos. O sistema será dotado de um poço de esgoto (P-360004 1 x 100%) - comum a todos os edifícios;
- Rede de águas pluviais: provenientes de zonas não processuais das fábricas de amoníaco Synloop e OSBL (por exemplo, águas pluviais descarregadas dos telhados dos edifícios), consideradas limpas, são recolhidas no sistema de recolha de águas pluviais limpas para descarga final, na rede de drenagem do Parque Industrial (ZILS) da responsabilidade da AICEP.
- Rede de águas industriais (OW): recolhe a água com potencialmente contaminadas, de zonas operacionais onde existe uma maior probabilidade de contaminantes nas águas (compressores, bombas, depósitos de gasóleo, entre outros) e as primeiras águas das chuvas que se consideram puderem conter algum nível de contaminação. Estas águas são recolhidas e sujeitas a pré-tratamento antes do seu encaminhamento para a rede de drenagem da AdSA.
- De forma a evitar a contaminação ambiental decorrente de possíveis derrames e/ou fugas, as instalações industriais estão dotadas de bacias de contenção nas zonas consideradas mais críticas (manipulação de substâncias químicas classificadas como perigosas). Assim, em caso de derrame e/ou fuga, garante-se a contenção do derrame e posterior recolha e limpeza ou o encaminhamento para as redes de drenagem adequadas, permitindo assim o tratamento do efluente. No Quadro 1.4 estão listadas as bacias de contenção existentes nas instalações, bem como os volumes de contenção.

As águas residuais industriais serão descarregadas na ETARI (Estação de Tratamento de Águas Industriais) próxima da AdSA (Águas de Santo André).

As águas residuais industriais deverão cumprir os parâmetros da Classe I da AdSA, definidos no ANNEX V of MadoquaPower2X – Basic Engineering Design Basis.

Os limites para os contaminantes das águas residuais industriais são apresentados nas páginas 2 a 4 do ANNEX V of MadoquaPower2X – Basic Engineering Design Basis.

Para mais pormenores sobre as emissões líquidas, consultar o documento “*Effluent Summary*”. No. MP2X-500-PR-RE- 101023 e MP2X-300-PR-RE-102004, apresentados no Apêndice 1.

1.4.3.1 TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

O efluente industrial passa por um pré-tratamento e depois é encaminhado para a Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais da AdSA - ETARI, situada nas proximidades. A AdSA será responsável pela eliminação das águas residuais. Os valores-limite para os parâmetros de emissão de águas residuais industriais descarregadas no sistema da AdSA.

Os sistemas de tratamento dos efluentes industriais das instalações tratarão estes efluentes de modo a obter parâmetros de emissão tão bons ou melhores do que a classe de qualidade I da AdSA.

A água de primeira descarga para cada evento de precipitação é considerada igual ao volume de água correspondente a 5 milímetros de altura de precipitação. A água de primeira lavagem é a quantidade suficiente para limpar toda a área pavimentada, distribuída homogeneamente em toda a superfície drenada. A altura de água de primeira lavagem de 5 mm é utilizada em áreas geográficas com eventos de precipitação frequentes, que é o caso da localização do projeto.

Assume-se que a água da primeira descarga poderá estar contaminada (por hidrocarbonetos, sólidos em suspensão, produtos químicos, etc.) e deverá ser tratada antes de ser eliminada; a água da chuva que se segue à água da primeira descarga é considerada limpa e pode ser enviada para eliminação.

As águas oleosas e potencialmente contaminadas, devido a fugas e derrames potencialmente contaminantes do sistema de lubrificação dos compressores e de outros equipamentos rotativos importantes, provenientes das áreas pavimentadas da central de hidrogénio e da OSBL, são recolhidas na bacia de águas pluviais de primeira descarga (W-360001).

De acordo com a filosofia acima descrita, a bacia de águas pluviais de primeira descarga é dimensionada para recolher 5 mm de águas pluviais ou de águas de incêndio da central de hidrogénio e do OSBL. Após 5 milímetros, a água é considerada limpa e enviada para o Sistema de Recolha de Águas Pluviais Limpas.

A água da primeira descarga é bombeada para o sistema de tratamento de águas residuais (X-360001) pelas bombas de águas pluviais de primeira descarga 2x100% (P-360001A/B), uma em funcionamento e outra em espera. As bombas foram concebidas para esvaziar o volume da primeira descarga em 48 horas.

O tratamento da primeira descarga consiste na remoção de óleo através do sistema CPI (*Corrugated Plate Intercetor*). O CPI consiste em placas onduladas paralelas com

o eixo das ondulações paralelo à direção do fluxo. O conjunto de placas é tipicamente inclinado num ângulo de 45° e o fluxo de água é forçado para baixo. O óleo sobe em direção ao fluxo de água e quando o óleo atinge o fim do conjunto de placas, é recolhido num canal e levado até à interface óleo-água. O óleo separado é então recolhido numa parte separada da bacia do sistema e eliminado no exterior. A água tratada do sistema de remoção de óleo é transferida por gravidade para a Bacia de Águas Efluentes (W-360003) para monitorização e análise de parâmetros.

A bacia de água de efluentes é dimensionada com um volume de retenção de 4 horas no caudal de projeto a partir do nível normal de líquido. O nível normal do líquido é mantido baixo através de uma válvula de controlo de nível.

A descarga da torre de arrefecimento e a água concentrada do tratamento de água bruta são enviadas em contínuo para a bacia de água de efluentes.

As águas pluviais provenientes de zonas não processuais das fábricas de amoníaco Synloop e OSBL (por exemplo, águas pluviais descarregadas dos telhados dos edifícios), consideradas limpas, são recolhidas no sistema de recolha de águas pluviais limpas para descarga final, através de um ponto de ligação dedicado no limite da bateria da fábrica, para a vala.

Como meios fixos de contenção de substâncias perigosas há a referir a existência da bacia de retenção do tanque A-530001, com 21 560 m³, que permitirá conter e limitar um eventual derrame.

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:
- MP2X-000-PI-LY-105004_B - GENERAL LAYOUT;
- T2022-0793-01-INF-000-141-00 – Planta Geral Caminhos de Evacuação
- Planta do estabelecimento com a localização das substâncias perigosas:
 - T2022-0793-01-MEC-300-160-00 – Redes de processo – Planta Hidrogénio;
 - T2022-0793-01-MEC-300-161-00 – Redes de processo – Planta Amoníaco;
 - T2022-0793-01-MEC-300-162-00 – Redes de processo – Pormenor zona eletrolizadores;

- T2022-0793-01-MEC-520-112-00 – Redes de processo – Amoníaco.
- Planta das redes de drenagem de águas residuais pluviais e pluviais contaminadas:
 - T2022-0793-01-INF-000-241-00 – Drenagem de águas pluviais – Planta de Hidrogénio;
 - T2022-0793-01-INF-000-242-00 - Drenagem de águas pluviais – Planta de NH₃;
 - T2022-0793-01-INF-000-243-00 – Drenagem de águas pluviais – Planta das utilidades;
 - T2022-0793-01-HID-300-203-00 – Rede de drenagem águas salinas – Planta geral;
 - T2022-0793-01-HID-330-201-00 – Rede de drenagem – Esgotos – PFD;
 - T2022-0793-01-HID-330-202-00 – Rede de drenagem – Esgotos – Planta de hidrogénio e utilidades;
 - T2022-0793-01-HID-550-201-00 – Rede de drenagem - Esgotos industriais – PFD;
 - T2022-0793-01-HID-550-211-00 – Redes de drenagem – Esgoto doméstico – Planta H₂ e Planta NH₃.
- Plantas da Rede de Incêndios e deteção:
 - MP2X-500-SA-PFD-104022_A – Flow Diagram – Fire water tank & Pumping station ammonia plant;
 - MP2X-300-SA-PFD-104021_A - Flow Diagram – Fire water tank & Pumping station H₂ plant;
 - T2022-0793-01-HID-358-123-00 – Hidráulicas – Redes de Abastecimento Água de Incêndio.
 - MP2X-000-SA-PH-104055 – General Specification - F&G Detection & Alarm Systems Philosophy.
 - MP2X-000-SA-LY-104051B - Fire Protection General Layout.
 - T2022-0793-01-INF-000-142-00 – Planta Geral Sistemas de Deteção de Incêndios e Gases.

2 IDENTIFICAÇÃO, SELEÇÃO E ANÁLISE DOS POSSÍVEIS CENÁRIOS DE ACIDENTE

O processo de identificação, seleção e análise dos possíveis cenários de acidente do projeto da MadoquaPower2X de Sines realiza-se através da seguinte metodologia:

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. Esta análise compreende as seguintes metodologias:

1.1 Identificação de Fontes de Perigo Internas: Neste ponto realiza-se uma identificação geral dos perigos internos, que podem conduzir a acidentes graves com origem no projeto em análise;

2. Identificação dos potenciais cenários de acidentes, a partir da materialização de um acontecimento accidental, onde se analisa a evolução de uma fuga de produto. Nesta análise estabelecem-se as condições base para a estimativa das consequências dos acidentes. Para além disso, os acidentes são avaliados em termos de probabilidade de ocorrência dos mesmos e das suas possibilidades de evolução.

3. Estimativa da frequência de ocorrência dos cenários de acidente identificados, de acordo com a frequência esperada e a probabilidade de ocorrência de cada acidente e sua evolução previsível.

4. Seleção de cenários mais representativos de ocorrer, face à perigosidade das substâncias perigosas, à quantidade presente e à frequência de ocorrência, analisada anteriormente. Esta fase inclui:

4.1 Análise dos Cenários com atuação de medidas de prevenção/mitigação, onde se analisam as medidas previstas no estabelecimento para fazer face às ocorrências indesejadas;

4.2 Árvores de Acontecimentos: Aplicou-se esta técnica para poder determinar as diferentes evoluções que os cenários de acidente iniciais podem, a partir da perda de contenção dos equipamentos com substâncias inflamáveis (jato de fogo, charco incendiado, dispersão, explosão, etc.) para decidir os diferentes cenários de acidentes

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 ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS

2.1.1 IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE PERIGO INTERNAS

Neste capítulo realizar-se-á uma identificação dos perigos relacionados com os equipamentos que se encontram no estabelecimento da MadoquaPower2X. Estas causas genéricas foram obtidas a partir de fontes internacionais e bases de dados de acidentes.

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.

Nem todas as fontes de perigo têm a capacidade de gerar, diretamente, acidentes industriais graves. Admite-se, no entanto, que algumas dessas fontes tenham o potencial para, indiretamente, virem a afetar pontos sensíveis da instalação, podendo daí ocorrer um acidente grave.

As possíveis causas para a ocorrência de um acidente na fábrica de produção de hidrogénio e amoníaco verde da MADOQUA POWER 2X são:

- a perda de contenção de produtos perigosos, resultando em fuga (gás) ou derrame (gás liquefeito). Esta perda de contenção pode resultar em
 - falhas em equipamentos de processo, como causa de risco de incêndio interna.
 - perda de contenção/roturas de equipamentos de transporte de substâncias perigosas.

As fontes de perigo internas podem ter origem em falhas mecânicas ou falhas humanas. A análise das fontes de risco internas foi dividida nos seguintes equipamentos e infraestruturas:

- Armazenagens;
- Linhas de transporte;
- Operações e equipamentos do processo;
- Equipamentos de impulsão;
- Utilidades;

A seguir, são apresentadas as fontes de perigo identificadas associadas às atividades do estabelecimento.

2.1.1.1 ARMAZENAGEM

Os reservatórios de armazenagem são um dos equipamentos que mais perigos apresentam, dada a quantidade de produto armazenado, embora historicamente o número de roturas catastróficas seja baixo. A armazenagem de substâncias dentro fábrica MADOQUA POWER 2X é feita em três tipos de recipientes:

- Reservatório refrigerado (amoníaco);
- Reservatórios pressurizados (hidrogénio);
- Tanques de armazenagem de líquidos a pressão atmosférica.

As falhas que podem originar acidentes graves, são:

- Falhas no material, por defeito mecânico:
 - Corrosão;
 - Fadiga.

Os reservatórios de substâncias perigosas são considerados equipamentos críticos, e estão incluídos no plano de inspeção e manutenção;

- Rotura por impacto a partir do exterior. As bacias de retenção onde estão inseridos os reservatórios protegem estes equipamentos dos impactos a partir do exterior. Um impacto sobre os reservatórios só poderá dever-se ao movimento de máquinas de elevação de cargas (gruas), durante eventuais obras no local e devido a um erro do operador, ou por projéteis resultantes de rebentamento de estruturas nas proximidades;
- Implosão (rotura do tanque devida a vácuo interior);
- Rotura por falha ou insuficiência de dispositivos de alívio de pressão, devido a:
 - Sobrecarga térmica (incêndio exterior);
 - Transvasamento;
 - Falha nas operações de ventilação.

O plano de inspeção e manutenção destes dispositivos diminui o risco.

- Transbordamento, devido a sobreenchimento do produto. O risco é minimizado pela existência de alarmes de nível máximo e válvulas acionadas a partir da Sala de Controlo.
- Explosão interna, em tanques atmosféricos com teto fixo, provocada normalmente por impacto de raio. O risco é minimizado por ligações à terra de

todas as massas metálicas, sendo estas ligações sujeitas a verificações. Adicionalmente em caso de descarga atmosférica, o reservatório funcionará como uma gaiola de *Faraday*.

Outra causa comum para a perda de contenção a todas as armazenagens será a sabotagem.

2.1.1.2 LINHAS DE TRANSPORTE

Nas linhas de transporte serão utilizadas redes de tubagem para o transporte dos produtos entre os locais de receção, produção, armazenagem e expedição. Os diâmetros e a construção variam consoante a capacidade e o produto transportado.

A perda de contenção de substâncias perigosas no transporte por tubagens pode surgir como consequência dos seguintes efeitos:

- Rotura violenta, por colisão de equipamentos e veículos (movimentação de equipamentos e materiais durante a manutenção ou construção, queda de objetos pesados do alto de reservatórios, gruas, etc.) no interior da instalação próximos das tubagens;
- Para evitar acidentes, os trabalhos com gruas junto às esteiras de tubagens serão considerados de risco elevado, e com medidas de segurança específicas em Autorização de Trabalho própria. A circulação de veículos será feita com velocidade reduzida limitada, por sinalização vertical. Para além destas medidas, as tubagens passarão em esteiras protegidas, prevenindo-se a colisão de veículos com as tubagens;
- Fissuras por corrosão;
 - **Corrosão interna**, relacionada com as características químicas das substâncias transportadas, características do material da tubagem, etc.;
 - As medidas adotadas para evitar as corrosões internas, são a utilização de materiais adequados para suportar a corrosão e a existência de um plano de inspeções;
 - **Corrosão externa**, relacionada com as condições atmosféricas do local e tipo de manutenção efetuada

As tubagens estarão protegidas com um sistema de proteção anticorrosiva sendo efetuadas inspeções periódicas a partir das quais serão definidas as intervenções;

Falhas por fadiga do material. Risco acentuado em sistemas que trabalhem por cargas ou em condições variáveis de pressão e temperatura. As medidas a

adotar neste caso são a seleção de materiais adequados, os quais tenham passado as provas de qualidade correspondentes. Também neste aspeto é determinante para o controlo deste tipo de situação a política de manutenção preventiva e de inspeção e prova aos órgãos e sistemas críticos existentes na instalação cuja execução permitirá identificar os componentes afetados e proceder à sua substituição/reparação atempada;

- **Rotura pelo efeito de riscos naturais** (p.e. sismos, derrocadas, enxurradas, etc.). Para se evitar, são instituídos procedimentos, práticas e medidas a tomar em caso de riscos da natureza como sejam o recurso a critérios de projeto rigorosos e o reforço estrutural dos órgãos e sistemas críticos.
- **Rotura ou deformação devido a tensões térmicas** provocadas por um arrefecimento ou aquecimento súbito;
- **Rotura das uniões soldadas.** Devido a defeitos na própria soldadura ou falta de inspeções periódicas. A implementação do plano de inspeções periódicas, no qual se efetua a revisão das soldaduras existentes, reduz eficazmente este risco.
- **Deterioração/Rotura de juntas de flanges,** sejam estas em uniões entre tubagens ou entre equipamentos. A prevenção deste tipo de risco passa pela verificação periódica do estado da junta, estabelecida no plano de inspeções;
- **Roturas por sobrepressões** provocadas por golpes de aríete devido ao encerramento rápido das válvulas (“hammer blow”). Risco é reduzido pela existência de válvulas de segurança e pela fixação de um tempo mínimo de fecho das válvulas;
- **Fuga de produto em transporte por tubagem aberta** (sem ligação, falta de flange cega, etc.). As práticas e os procedimentos de manutenção e de operação serão eficazes no controlo deste risco, nomeadamente procedimentos aplicáveis à montagem e desmontagem de elementos de cegado de equipamentos e circuitos.
- **Flanges mal apertadas.** As práticas e os procedimentos de manutenção e de operação serão eficazes no controlo deste risco;
- Falhas operacionais, manutenção, etc. A existência de um Plano de inspeções e manutenção, reduz significativamente este risco.

2.1.1.3 OPERAÇÕES E EQUIPAMENTOS DO PROCESSO

Em termos de equipamentos de processo há a referir:

Permutadores de calor

Os problemas que podem surgir num permutador de calor e que podem provocar acidentes são:

- **Deposição:** Reduz sensivelmente a capacidade de transferência de calor dificultando o controlo térmico dos processos regulados pelo permutador; incrementa igualmente a perda de carga e a consequente diminuição do caudal. A deposição pode chegar, inclusivamente, ao bloqueio total do permutador;
- Fugas devido a fissuras no corpo;
- **Rotura dos tubos do permutador,** por corrosão, sobrepressão ou tensões térmicas. Se o fluido que circula pelos tubos é um gás a pressão, a rotura do tubo provocará uma sobrepressão no corpo, podendo provocar a sua rotura.

Colunas de destilação

Para além dos riscos de falhas já mencionadas para os depósitos de armazenamento, as colunas de destilação apresentam riscos devido ao facto de conterem grandes quantidades de líquidos em ebulição, o que implica um risco importante, se forem inflamáveis ou instáveis.

Estas quantidades acumulam-se principalmente em três zonas: condensadores e tanques de refluxo; pratos ou recheio; fundo da coluna.

Problemas de intercâmbio de calor, tanto na caldeira como no condensador, podem provocar variações de pressão na coluna e risco de rotura da mesma.

Reatores

O reator químico é o centro dos processos e tem grande importância pela sua influência sobre o resto dos equipamentos. Para além de todos os riscos enumerados para os depósitos, aplicam-se para os reatores outros aspetos, exclusivos destes, como a estabilidade, a cinética e a geração de calor.

A perda de controlo dos reatores, com reações exotérmicas, pode provocar o aumento da temperatura de mistura do reagente, aumentando ainda mais a velocidade de reação e com ela a temperatura da mistura, chegando a um ponto onde se pode produzir uma explosão ou uma perda de contenção do recipiente.

Considerações mais concretas sobre os diferentes tipos de reatores, e reações presentes nas diferentes unidades do estabelecimento realizar-se-ão no ponto correspondente à caracterização de riscos.

2.1.1.4 EQUIPAMENTOS DE IMPULSÃO

Podem considerar-se os equipamentos de impulsão (bombas e compressores) como elementos críticos, não só por representarem fontes potenciais de perda de contenção, como também pelo efeito que têm sobre o resto das instalações, provocando variações de pressão e de fluxo, podendo provocar vibrações indesejadas.

Compressores

Os principais problemas que podem surgir durante o funcionamento dos compressores, e que podem considerar-se como fontes de risco deste tipo de equipamento, são:

- Falta de lubrificação;
- Falha no sistema de arrefecimento;
- Defeito nos instrumentos que indicam mau funcionamento;
- Isolamento deficiente;
- Presença de líquidos na aspiração;
- Deficiente proteção exterior;
- Defeitos no sistema de purga;
- Sistema de fixação inadequado;
- Vibrações.

Os efeitos que podem provocar estes problemas, sobre os diferentes tipos de compressores, são os seguintes:

- Compressores alternativos:
 - Defeito de abertura nas válvulas de sucção ou descarga, variando desse modo as condições de trabalho do compressor;
 - Mossas nos cilindros e/ou pistão;
 - Fuga pelo segmento do pistão (*piston ring*);
 - Deficiência na cambota;
- Compressores centrífugos:

- Problemas no rotor, provocados por irregularidades no fluxo ou por depósito de sólidos;
- Fugas por fissuras na carcaça.

Estes defeitos podem provocar vibrações que podem introduzir avarias nos equipamentos agregados.

Bombas

É o meio mais utilizado para a impulsão de líquidos, nas diferentes áreas do estabelecimento.

Os riscos que representam estes equipamentos são definidos como:

- Deficiências nas chumaceiras, devido a um desalinhamento, desequilíbrio ou falta de lubrificação;
- Perda de contenção do fecho mecânico ou do sistema de selagem com gás inerte (caso a bomba disponha deste mecanismo);
- Defeito de operação apresentando-se três casos típicos:
 - Cavitação, provocando ou deterioração do impulsor;
 - Válvula de impulsão fechada;
 - Perda de alimentação, funcionamento em vazio.

O dimensionamento das instalações, no que diz respeito à seleção dos equipamentos suas características e localização, e no que refere à definição dos órgãos e sistemas de segurança associados, bem como as práticas e os procedimentos de manutenção e de operação, serão eficazes no controlo destes riscos.

2.1.1.5 UTILIDADES

Energia elétrica

Uma falha no sistema de alimentação elétrica, provocará a paragem dos equipamentos necessários para o funcionamento normal das instalações (compressores, bombas), além de parar alarmes e sistemas de controlo automatizados, etc.

Em caso de falha de energia, o sistema operacional é parado de forma segura (ex. válvulas tipo "fail safe").

Sistemas de água

No processo são utilizados vários sistemas de água, nomeadamente a água bruta, água de serviço, água dessalinizada, água desmineralizada, água de refrigeração. Uma vez interrompida ou restringida a produção das águas referidas, poderá ficar em causa o funcionamento das unidades processuais onde são utilizadas, se a quantidade armazenada não for suficiente para garantir o fornecimento até que a produção de água seja retomada.

Ar de instrumentação e de serviço

Uma falha no sistema de ar de instrumentação pode provocar falhas e erros nos instrumentos e na atuação sobre os equipamentos pneumáticos. No entanto a existência de diversos compressores e reservatórios de ar (tampão), permite alguma autonomia.

Também existem válvulas de atuação pneumática. Estas válvulas são do tipo “fail-safe”, pelo que em caso de falha de energia, ficam na posição de segurança (pré-estabelecida).

Sistema de produção de azoto

O azoto alimentará a unidade de síntese de amoníaco e no pipeline de amoníaco. A interrupção no fornecimento de azoto poderá implicar problemas de processo nos equipamentos onde é utilizado como medida de segurança. O azoto não implica um risco por si mesmo.

2.1.2 ANÁLISE DA PERIGOSIDADE DAS SUBSTÂNCIAS

No estabelecimento das fábricas de produção de hidrogénio e amoníaco verde da MADOQUA POWER 2X produz-se hidrogénio verde e amoníaco verde.

Assim, as matérias-primas e produtos existentes no estabelecimento apresentam as seguintes características relevantes, na análise de riscos de acidentes graves, de acordo com a classificação de perigosidade do Decreto-Lei nº 150/2015 de 05 de agosto:

- Perigos para a saúde – toxicidade;
- Perigos para o ambiente – organismos aquáticos;
- Perigos físicos – inflamáveis.

Seguidamente, analisa-se a perigosidade das substâncias / produtos químicos presentes nas instalações, sejam as matérias-primas, produtos, tendo em conta as suas propriedades físico-químicas, a sua classificação de acordo com o Decreto-Lei nº 150/2015, assim como, as Fichas de Dados de Segurança (apresentadas no Apêndice 2).

2.1.2.1 PERIGOS PARA A SAÚDE – TOXICIDADE

Substâncias ou preparações tóxicas ou muito tóxicas são aquelas que, por inalação, ingestão ou penetração cutânea, podem provocar efeitos agudos sobre as pessoas e/ou animais e inclusivamente a morte.

Para definir a toxicidade das substâncias determinaram-se diferentes limites de concentração característicos (AEGL, CL50, DL50, etc.).

A classificação das preparações em muito tóxicas, tóxicas ou nocivas efetua-se através do Regulamento nº 1272/2008 (CLP), tal como se indica no Decreto-Lei 150/2015. Assim, como referido no Decreto-Lei nº 150/2015, pertencem a este grupo as que possuem a indicação de risco H300, H310, H330, H331, H301 e H370.

Os dois fatores mais importantes no momento de identificar uma substância ou preparação tóxica que pode gerar acidentes graves são os seus valores de toxicidade por inalação (em princípio uma substância raramente poderá originar um acidente grave por ingestão ou por absorção cutânea, a menos que se derrame numa corrente de água) e a sua volatilidade (pressão de vapor).

Portanto, o efeito negativo causado será diretamente proporcional à toxicidade das substâncias, facilidade de dispersão e quantidade em fuga. A priori, os acidentes que se podem esperar pela presença destas substâncias são dispersões de nuvens tóxicas.

A única substância perigosa presente nas instalações com características de toxicidade é o amoníaco produzido.

2.1.2.2 PERIGOS FÍSICOS - INFLAMABILIDADE

As substâncias ou preparações inflamáveis são aquelas que em condições ambientais (em mistura com substâncias 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, etc.), a mistura inflamável 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 facilmente poderá inflamar-se, sendo, por tanto, 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 60°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 que expectáveis pela presença destas substâncias ou preparações são os seguintes:

- *Pool-fire* ou Incêndio de Charco (confinado ou não, dependendo da presença de bacia de retenção).
- *Jet-fire* ou Jato Incendiado (dependendo da pressão de saída do produto libertado).
- Chamas sem efeito de pressão (*Flash Fire*).
- Explosões ou Sobrepressão (dependendo da quantidade e confinamento da nuvem).

A seguir indicam-se os diferentes produtos com características de inflamabilidade agrupados por características semelhantes (estado físico e ponto de inflamação):

- **Gases inflamáveis:** hidrogénio e amoníaco.
- **Líquidos inflamáveis com ponto de inflamação alto** (substâncias com pontos de inflamação superior a 55°C): gasóleo.

No quadro seguinte apresentam as substâncias presentes no estabelecimento quanto à inflamabilidade:

Quadro 2.1 - Características de inflamabilidade das substâncias perigosas presentes.

Substância / Mistura	Ponto Inflamação (°C)	LII (%)	LSI (%)	Classificação de inflamabilidade
Hidrogénio	Gás inflamável	4	77	H220
Amoníaco Anidro	Gás inflamável	16	25	H221
Gasóleo	>55°C	0,6	6,5	H226
NALCO 1800	57°C	Não disponível	Não disponível	H226

2.1.2.3 PERIGOS PARA O AMBIENTE

Para determinar se uma substância ou preparação é perigosa para ambiente existem diferentes parâmetros. A classificação destas substâncias ou preparações é efetuada de acordo com o Regulamento nº 1272/2008 (CLP) tal como se indica no Decreto-Lei nº 150/2015. Assim, como referido no Decreto-Lei nº 150/2015, pertencem a este grupo as que possuem a indicação de risco H400 (*Aquatic Acute 1*), H410 (*Aquatic Chronic 1*), H411 (*Aquatic Chronic 2*).

A descarga destas substâncias ou preparações em cursos de água (e em menor grau no solo), pode ser responsável por danos ambientais.

A armazenagem de substâncias perigosas para o ambiente no estabelecimento será efetuada em local com pavimento impermeabilizado e, a sua manipulação é efetuada também em locais pavimentados.

De acordo com as Fichas de Dados de Segurança dos produtos, as substâncias classificadas como perigosas para o ambiente que estarão presentes no estabelecimento são:

- Gasóleo – frase de perigo H411;
- Hipoclorito de Sódio 12% - frases de perigo H410;
- NALCO 77352 – frase de perigo H410;
- NALCO PC-11 - frase de perigo H411;
- Amoníaco de anidro – frase de perigo H400.

Das substâncias listadas acima o gasóleo, o hipoclorito de sódio 12% e NALCO 77352 encontram-se presentes em quantidade inferior a 2% do limite superior de perigosidade e não serão analisados em termos de potencial acidente industrial grave.

2.2 IDENTIFICAÇÃO DOS POTENCIAIS CENÁRIOS DE ACIDENTE

Uma vez identificadas as atividades, os equipamentos implicados, bem como as causas que podem conduzir a perdas de contenção de produtos classificados (Decreto-Lei n.º 150/2015, de 5 de agosto) selecionaram-se os acontecimentos iniciadores de acidentes mais significativos. Para tal tiveram-se em conta as conclusões de cada um dos pontos dos capítulos anteriores (perigosidade de substâncias, fontes de perigo). Foram considerados os acidentes mais significativos no que diz respeito às condições processuais mais extremas quanto a quantidades, pressões e temperaturas de serviço dos equipamentos, com potencial para provocar consequências graves tanto para as instalações como para as pessoas e o ambiente. A definição dos eventos críticos teve em consideração os critérios definidos no Formulário para o requerimento de Avaliação de Compatibilidade de Localização da APA (dezembro 2016), nomeadamente roturas totais de tubagens, roturas de 10 mm e de 100 mm nos reservatórios e equipamentos de processo.

Assim, identificaram-se / selecionaram-se os seguintes acidentes (eventos críticos) mais relevantes para a ocorrência de acidentes graves na Fábrica de produção de hidrogénio verde e amoníaco verde da MADOQUA POWER 2X.

Quadro 2.2 - Eventos iniciadores.

Nº Evento	Evento
1	Rotura na linha de envio de hidrogénio do módulo de eletrólise para os filtros coalescentes F-32901 A/B
2	Fuga na linha de envio de hidrogénio do módulo de eletrólise para os filtros coalescentes F-32901 A/B
3	Rotura na linha dos filtros coalescentes F-32901 A/B para o permutador E-32901A (Heat Exchanger)
4	Fuga na linha dos filtros coalescentes F-32901 A/B para o permutador E-32901A (Heat Exchanger)
5	Rotura na linha do permutador E-32901-A, que passa pelo aquecedor H-32901 (electric heater) até ao reator R-32901 (DeOxo reactor)
6	Fuga na linha do permutador E-32901-A, que passa pelo aquecedor H-32901 (electric heater) até ao reator R-32901 (DeOxo reactor)
7	Rotura na linha do R-32901 (DeOxo reactor), que passa pelo permutador de calor E-32901A/A1/A2 (Heat Exchanger) até ao V-32901A (knockout drum)
8	Fuga na linha do R-32901 (DeOxo reactor) que passa pelo permutador de calor E-32901A/A1/A2 (Heat Exchanger) até ao V-32901A (knockout drum)
9	Rotura na linha do V-32901A (DeOxo KO Drum) para o X-32901 (Dehydration Packages)
10	Fuga na linha do V-32901A (DeOxo KO Drum) para o X-32901 (Dehydration Packages)
11	Rotura da linha-header de H ₂
12	Fuga da linha-header de H ₂

Nº Evento	Evento
13	Rotura da linha do compressor X-57001A para a armazenagem de hidrogénio a alta pressão (V-58001 A~AH)
14	Fuga na linha do compressor X-57001A para a armazenagem de hidrogénio a alta pressão (V-58001 A~AH)
15	Rotura do cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH
16	Fuga de 100mm no cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH
17	Fuga de 10mm no cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH
18	Rotura do Flash Drum V-520152
19	Fuga de 100mm no Flash Drum V-520152
20	Fuga de 10mm no Flash Drum V-520152
21	Rotura na linha de H ₂ do X-32901 (Dehydration Packages) para V-520150 (Syngas Compressor Suction Drum)
22	Fuga na linha de H ₂ do X-32901 (Dehydration Packages) para V-520150 (Syngas Compressor Suction Drum)
23	Rotura na linha de saída do compressor K-520103
24	Fuga na linha de saída do compressor K-520103
25	Rotura na linha de NH ₃ de saída do fundo do V-520146 (Separador de NH ₃) para o V-520147 (Letdown Drum)
26	Fuga na linha de NH ₃ de saída do fundo do V-520146 (Separador de NH ₃) para o V-520147 (Letdown Drum)
27	Rotura na linha saída 3ºestágio do compressor K-520105
28	Fuga na linha saída 3ºestágio do compressor K-520105
29	Rotura na linha de NH ₃ de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH ₃
30	Fuga na linha de NH ₃ de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH ₃
31	Rotura na linha de NH ₃ de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)
32	Fuga na linha de NH ₃ de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)
33	Rotura na linha de NH ₃ de saída do topo do V-520152 (Flash Drum) para o compressor K-520105 (1ºestágio)
34	Fuga na linha de NH ₃ de saída do topo do V-520152 (Flash Drum) para o compressor K-520105 (1ºestágio)
35	Rotura na linha de NH ₃ de saída do topo da coluna de destilação C-520125 para o arrefecedor E-520127

Nº Evento	Evento
36	Fuga na linha de NH ₃ de saída do topo da coluna de destilação C-520125 para o arrefecedor E-520127
37	Rotura do tanque A-530001
38	Fuga de 100mm no tanque A-530001
39	Fuga de 10mm no tanque A-530001
40	Rotura do separador V-530002
41	Fuga de 100mm no separador V-530002
42	Fuga de 10mm no separador V-530002

2.3 ESTIMATIVA DE FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DOS CENÁRIOS DE ACIDENTE IDENTIFICADOS

Para cada um dos acontecimentos iniciadores identificaram-se os diferentes cenários acidentais que poderão ocorrer, tendo em conta as árvores de acontecimentos seguidamente apresentadas. A combinação da probabilidade de cada acontecimento iniciador (tendo em conta o número de equipamentos, etc., de cada acontecimento) com a probabilidade de ocorrência de cada cenário acidental (charco incendiado, dispersão tóxica, explosão, etc.), resulta na probabilidade total do cenário acidental. Os dados e referências empregues na determinação das probabilidades foram obtidos da bibliografia e das bases de dados de referência². As frequências bases adotadas são as apresentadas no quadro seguinte.

Quadro 2.3 - Frequências unitárias dos eventos críticos.

Tipo Evento	Frequência unitária	Unidade base	Referência Bibliográfica
Rotura catastrófica tanque atmosférico	5,00E-06	ano	BEVI, 20017 – 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 pressurizado	5,00E-07	ano	BEVI, 2009 Tabela 13 – pág. 32
Fuga de 100 mm. de tanque pressurizado	3,00E-06	ano	ARAMIS D1C_APPENDIX 10, Table 5, Note 1

- Guidelines for quantitative risk assessment “Purple Book”, report CPR 18E , Committee for the Prevention of Disasters, 1999, Netherlands;
- Reference Manual Bevi Risk Assessments version 3.2, National Institute of Public Health and the Environment (RIVM) – the Netherlands
- ARAMIS D1C APPENDIX 10 – Generic frequencies data for the critical events, Faculté Polytechnique de Mons, Major Risk Research Center, 2004, Belgium

Tipo Evento	Frequência unitária	Unidade base	Referência Bibliográfica
Fuga de 10 mm. de tanque pressurizado	1,00E-05	ano	BEVI, 2009 Tabela 13 – pág. 32
Rotura catastrófica reator/vessel	5,00E-06	ano	BEVI, 2009 Tabela 31 – pág. 45
Fuga de 100 mm. de reator/vessel	1,00E-05	ano	ARAMIS D1C_APPENDIX 10, Table 5, Note 1
Fuga de 10 mm. de reator/vessel	1,00E-04	ano	BEVI, 2009 Tabela 31 – pág. 45
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)	1,10E-05	ano	ARAMIS D1C_APPENDIX 10, Table 9, Note 4
Rotura tubagem diâmetro < 75mm	1,00E-06	m*ano	BEVI, 2009 Tabela 27 – pág. 42
Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	m*ano	BEVI, 2009 Tabela 27 – pág. 42
Fuga tubagem diâmetro < 75mm	5,00E-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

Para atribuir o índice de frequência obtêm-se as frequências base do acontecimento iniciador de cada cenário concreto e multiplicam-se por um fator para atribuir o valor mais real possível ao cenário contemplando para isso, comprimento de tubagem aproximada, horas de operação, etc.

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

Quadro 2.4 - Frequências, e acontecimentos acidentais utilizados.

Nº Evento	Evento	Tipo acidente simulado	Frequência unitária	Número unidades	Unidade base	Frequência acontecimento acidental
1	Rotura na linha de envio de hidrogénio do módulo de eletrólise para os filtros coalescentes F-32901 A/B	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	70	m*ano	7,00E-06
2	Fuga na linha de envio de hidrogénio do módulo de eletrólise para os filtros coalescentes F-32901 A/B	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	70	m*ano	3,50E-05
3	Rotura na linha dos filtros coalescentes F-32901 A/B para o permutador E-32901A (Heat Exchanger)	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	5	m*ano	5,00E-07
4	Fuga na linha dos filtros coalescentes F-32901 A/B para o permutador E-32901A (Heat Exchanger)	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	5	m*ano	2,50E-06
5	Rotura na linha do permutador E-32901-A, que passa pelo aquecedor H-32901 (electric heater) até ao reator R-32901 (DeOxo reactor)	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	10	m*ano	1,00E-06
6	Fuga na linha do permutador E-32901-A, que passa pelo aquecedor H-	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	10	m*ano	5,00E-06

Nº Evento	Evento	Tipo acidente simulado	Frequência unitária	Número unidades	Unidade base	Frequência acontecimento acidental
	32901 (electric heater) até ao reator R-32901 (DeOxo reactor)					
7	Rotura na linha do R-32901 (DeOxo reactor), que passa pelo permutador de calor E-32901A/A1/A2 (Heat Exchanger) até ao V-32901A (knockout drum)	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	15	m*ano	1,50E-06
8	Fuga na linha do R-32901 (DeOxo reactor) que passa pelo permutador de calor E-32901A/A1/A2 (Heat Exchanger) até ao V-32901A (knockout drum)	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	15	m*ano	7,50E-06
9	Rotura na linha do V-32901A (DeOxo KO Drum) para o X-32901 (Dehydration Packages)	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	7	m*ano	7,00E-07
10	Fuga na linha do V-32901A (DeOxo KO Drum) para o X-32901 (Dehydration Packages)	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	7	m*ano	3,50E-06
11	Rotura da linha-header de H2	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	370	m*ano	3,70E-05
12	Fuga da linha-header de H2	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	370	m*ano	1,85E-04

Nº Evento	Evento	Tipo acidente simulado	Frequência unitária	Número unidades	Unidade base	Frequência acontecimento accidental
13	Rotura da linha do compressor X-57001A para a armazenagem de hidrogénio a alta pressão (V-58001 A~AH)	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	270	m*ano	2,70E-05
14	Fuga na linha do compressor X-57001A para a armazenagem de hidrogénio a alta pressão (V-58001 A~AH)	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	270	m*ano	1,35E-04
15	Rotura do cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	Rotura catastrófica tanque pressurizado	5,00E-07	34	ano	1,70E-05
16	Fuga de 100mm no cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	Fuga de 100 mm. de tanque pressurizado	3,00E-06	34	ano	1,02E-04
17	Fuga de 10mm no cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	Fuga de 10 mm. de tanque pressurizado	1,00E-05	34	ano	3,40E-04
18	Rotura do Flash Drum V-520152	Rotura catastrófica tanque atmosférico	5,00E-06	1	ano	5,00E-06
19	Fuga de 100mm no Flash Drum V-520152	Fuga de 100 mm. de tanque atmosférico	1,20E-05	1	ano	1,20E-05
20	Fuga de 10mm no Flash Drum V-520152	Fuga de 10 mm. de tanque atmosférico	1,00E-04	1	ano	1,00E-04

Nº Evento	Evento	Tipo acidente simulado	Frequência unitária	Número unidades	Unidade base	Frequência acontecimento acidental
21	Rotura na linha de H2 do X-32901 (Dehydration Packages) para V-520150 (Syngas Compressor Suction Drum)	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	445	m*ano	4,45E-05
22	Fuga na linha de H2 do X-32901 (Dehydration Packages) para V-520150 (Syngas Compressor Suction Drum)	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	445	m*ano	2,23E-04
23	Rotura na linha de saída do compressor K-520103	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	40	m*ano	4,00E-06
24	Fuga na linha de saída do compressor K-520103	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	40	m*ano	2,00E-05
25	Rotura na linha de NH3 de saída do fundo do V-520146 (Separador de NH3) para o V-520147 (Letdown Drum)	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	10	m*ano	1,00E-06
26	Fuga na linha de NH3 de saída do fundo do V-520146 (Separador de NH3) para o V-520147 (Letdown Drum)	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	10	m*ano	5,00E-06
27	Rotura na linha saída 3ºestágio do compressor K-520105	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	2	m*ano	2,00E-07
28	Fuga na linha saída 3ºestágio	Fuga tubagem	5,00E-07	2	m*ano	1,00E-06

Nº Evento	Evento	Tipo acidente simulado	Frequência unitária	Número unidades	Unidade base	Frequência acontecimento acidental
	do compressor K-520105	diâmetro > 150 mm				
29	Rotura na linha de NH3 de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH3	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	400	m*ano	4,00E-05
30	Fuga na linha de NH3 de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH3	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	400	m*ano	2,00E-04
31	Rotura na linha de NH3 de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	100	m*ano	1,00E-05
32	Fuga na linha de NH3 de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	100	m*ano	5,00E-05
33	Rotura na linha de NH3 de saída do topo do V-520152 (Flash Drum) para o compressor K-520105 (1ºestágio)	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	30	m*ano	3,00E-06
34	Fuga na linha de NH3 de saída do topo do V-520152	Fuga tubagem	5,00E-07	30	m*ano	1,50E-05

Nº Evento	Evento	Tipo acidente simulado	Frequência unitária	Número unidades	Unidade base	Frequência acontecimento acidental
	(Flash Drum) para o compressor K-520105 (1ºestágio)	diâmetro > 150 mm				
35	Rotura na linha de NH3 de saída do topo da coluna de destilação C-520125 para o arrefecedor E-520127	Rotura tubagem diâmetro < 75mm	1,00E-06	20	m*ano	2,00E-05
36	Fuga na linha de NH3 de saída do topo da coluna de destilação C-520125 para o arrefecedor E-520127	Fuga tubagem diâmetro < 75mm	5,00E-06	20	m*ano	1,00E-04
37	Rotura do tanque A-530001	Rotura catastrófica tanque atmosférico (parede dupla)	1,25E-08	1	ano	1,25E-08
38	Fuga de 100mm no tanque A-530001	Fuga de 100 mm. de tanque atmosférico (parede dupla)	2,50E-08	1	ano	2,50E-08
39	Fuga de 10mm no tanque A-530001	Fuga de 10 mm. de tanque atmosférico (parede dupla)	1,10E-05	1	ano	1,10E-05
40	Rotura do separador V-530002	Rotura catastrófica reator/vessel	5,00E-06	1	ano	5,00E-06
41	Fuga de 100mm no separador V-530002	Fuga de 100 mm. de reator/vessel	1,00E-05	1	ano	1,00E-05

Nº Evento	Evento	Tipo acidente simulado	Frequência unitária	Número unidades	Unidade base	Frequência acontecimento acidental
42	Fuga de 10mm no separador V-530002	Fuga de 10 mm. de reator/vessel	1,00E-04	1	ano	1,00E-04

2.4 SELEÇÃO DE CENÁRIOS DE ACIDENTE

Para determinar as diferentes evoluções que podem seguir os produtos, uma vez libertados, a partir da perda de contenção dos equipamentos (*fire-ball, jet fire, pool fire*, dispersão, etc.), aplica-se a metodologia de árvore de acontecimentos. Para cada um dos acontecimentos iniciadores (eventos críticos) identificam-se os diferentes cenários acidentais que poderão ocorrer, tendo em conta as respetivas árvores 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 Árvore 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 na parte inferior se reflete 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 de aplicável nalguns casos.

Com a análise através de árvores 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.).

Comportamento das Fugas

Como se indicou anteriormente, 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 é diferente. A seguir efetua-se uma análise do comportamento das fugas.

A própria natureza das substâncias manuseadas (inflamáveis, explosivas, reativas, 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.

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 semicontínua, 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 semicontínua, 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 consideravelmente 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 pode alcançar os 1100 °C e altura de 2,5 a 3 vezes o diâmetro. A radiação térmica gerada 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 é 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 despressurização 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 da Blevé é térmico e manifesta-se através de uma intensidade de radiação térmica muito elevada e de curta duração.

Explosões

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. É mais provável uma explosão em zonas com grande quantidade de equipamentos (unidades de processo), do que em zonas onde não há quase equipamentos (zonas de armazenagem).

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. A figura seguinte apresenta um esquema de possíveis desencadeamentos devido a fuga de um produto.

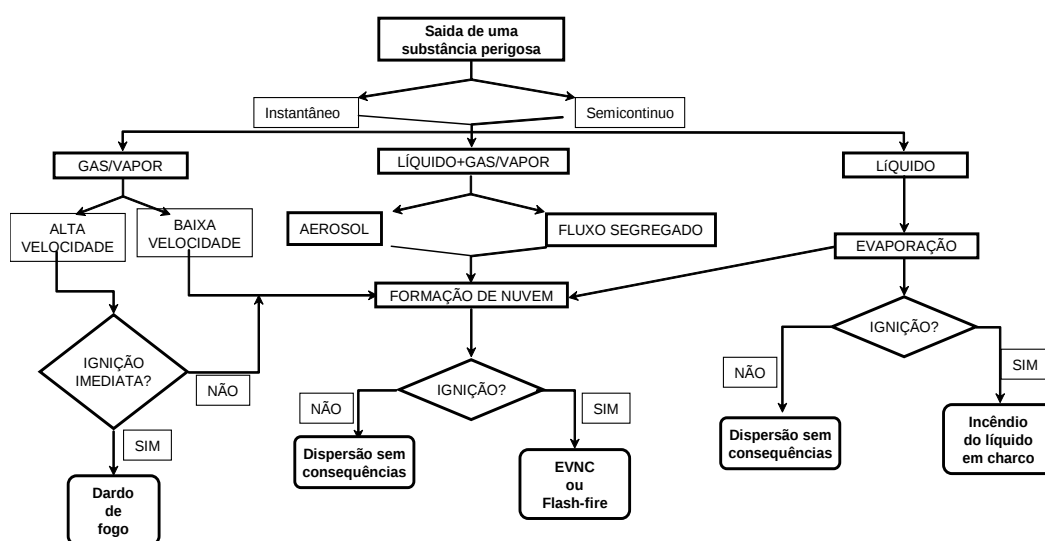


Figura 2.1 - Esquema representativo dos possíveis comportamentos de uma fuga de uma substância perigosa.

2.4.1.1 DESCRIÇÃO DAS ÁRVORES DE ACONTECIMENTOS

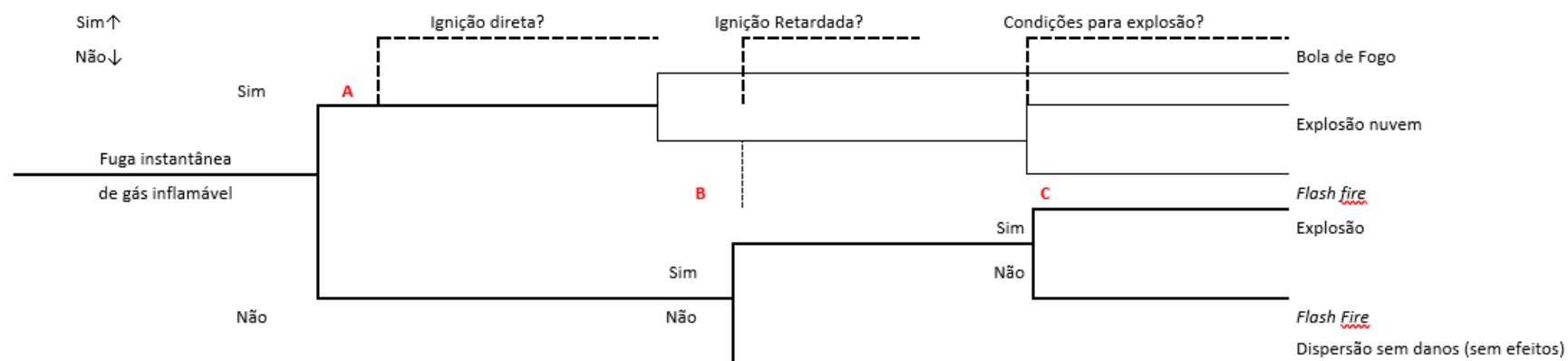
A seguir apresentam-se as diferentes árvores de acontecimentos, que conduzem aos acidentes que foram considerados.

- Árvore n.º 1: Fuga instantânea de gás inflamável;
- Árvore n.º 2: Fuga contínua de gás inflamável;
- Árvore n.º 3: Fuga instantânea de gás inflamável liquefeito e tóxico
- Árvore n.º 4: Fuga contínua de gás inflamável liquefeito e tóxico
- Árvore n.º 5: Fuga contínua de gás inflamável e tóxico

ÁRVORE DE ACONTECIMENTOS: 1

TIPO DE ACIDENTE:

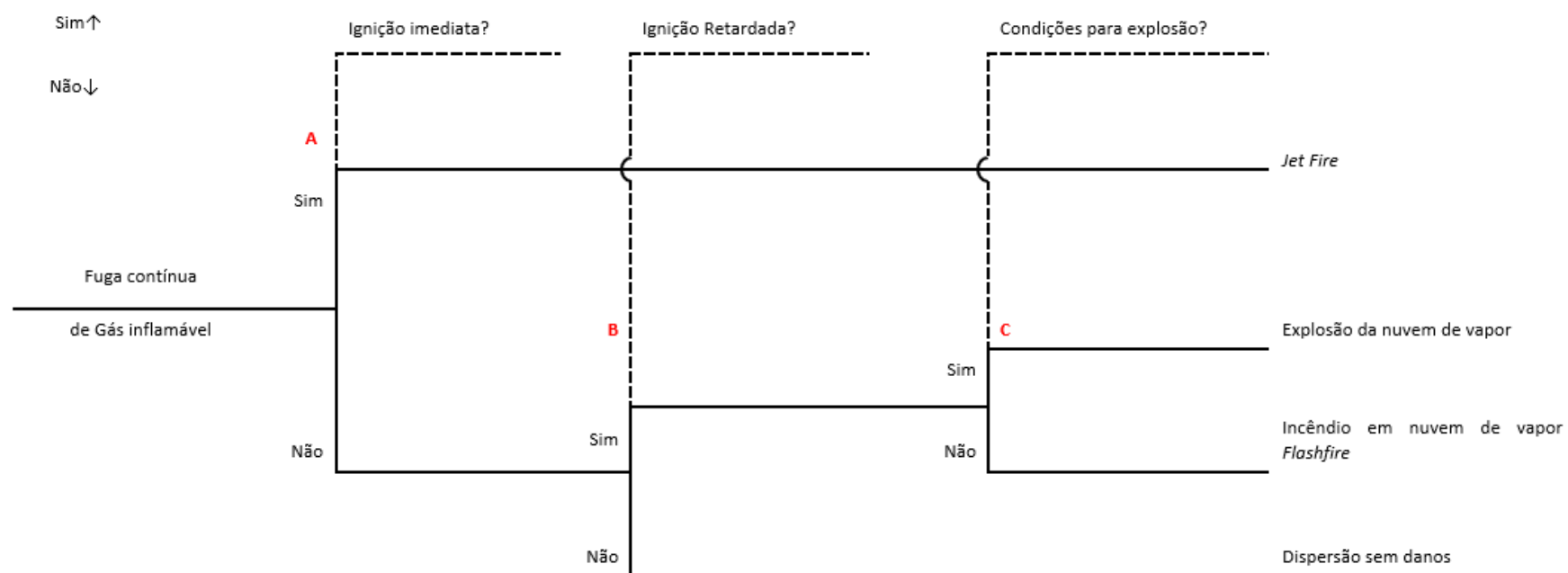
FUGA INSTANTÂNEA DE GÁS INFLAMÁVEL



ÁRVORE DE ACONTECIMENTOS: 2

TIPO DE ACIDENTE:

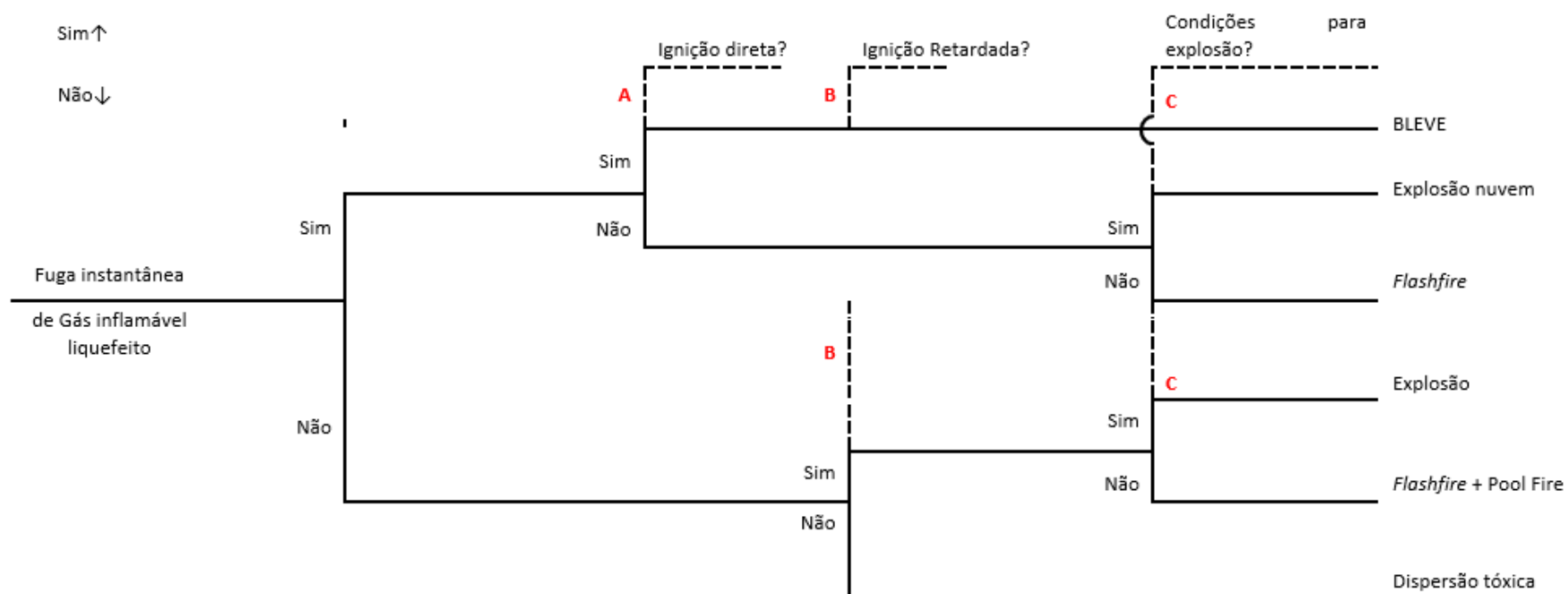
FUGA CONTÍNUA DE GÁS INFLAMÁVEL



ÁRVORE DE ACONTECIMENTOS: 3

TIPO DE ACIDENTE:

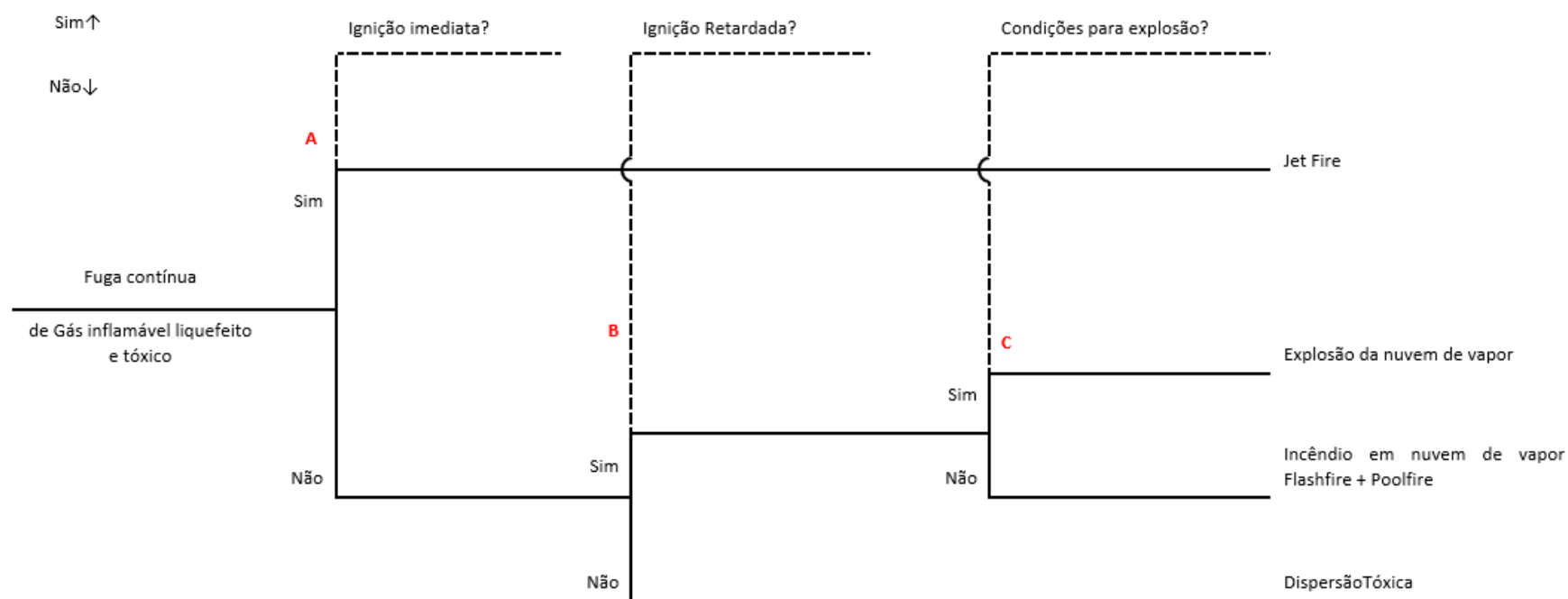
FUGA INSTANTÂNEA DE GÁS INFLAMÁVEL LIQUEFEITO E TÓXICO



ÁRVORE DE ACONTECIMENTOS: 4

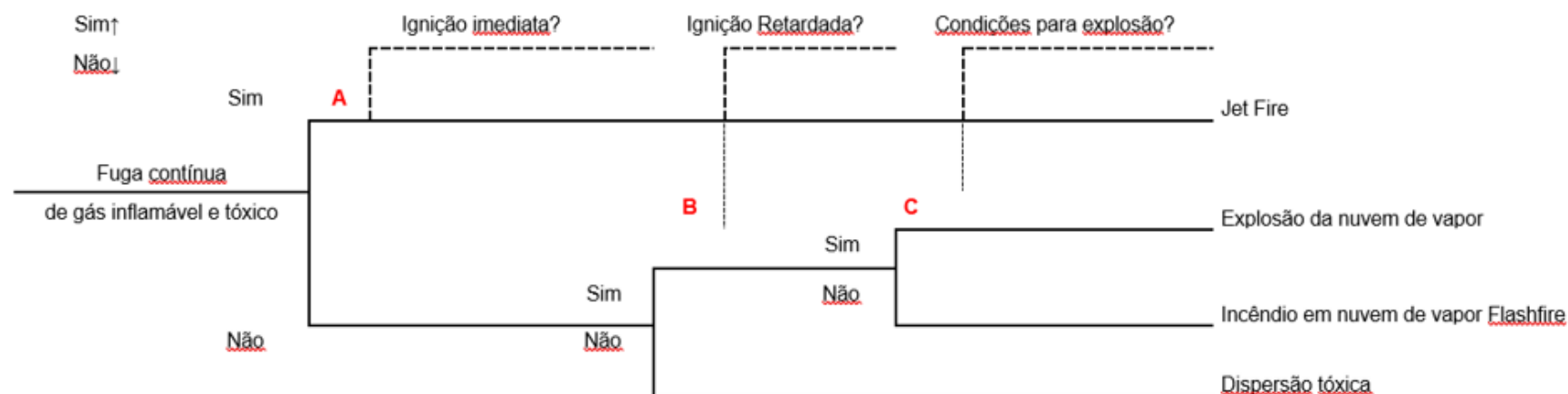
TIPO DE ACIDENTE:

FUGA CONTÍNUA DE GÁS INFLAMÁVEL LIQUEFEITO E TÓXICO



ÁRVORE DE ACONTECIMENTOS: 5

TIPO DE ACIDENTE: FUGA CONTINUA DE GÁS INFLAMÁVEL E TÓXICO



2.4.1.2 PROBABILIDADE FINAL DOS CENÁRIOS DE ACIDENTE

O cálculo da frequência dos cenários acidentais (*jet fire*, *pool fire*, *flashfire*, explosão, etc), 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 frequência dos cenários acidentais é necessário agrupar os produtos usados nas modelizações em categorias de substâncias inflamáveis:

Quadro 2.5 - Descrição das categorias de inflamabilidade (BEVI).

Categoria	Significado	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

Os valores de probabilidades de ignição imediata (P_{II}), de ignição retardada (P_{IR}), de P_{Jet} , P_{PF} , $P_{Flashfire}$, e P_{Exp} , têm em consideração as contribuições das árvores de eventos, de acordo com o seguinte:

- **A: Probabilidade de ignição imediata (P_{II})** - teve-se em conta a classificação e os dados obtidos nas referências bibliográficas³ para líquidos inflamáveis, gases pouco reativos e gases de reatividade média ou alta.
- **B: Probabilidade de ignição retardada (P_{IR})** → teve-se em conta um valor de 0,5 apresentado nas referências, para probabilidade da presença de muitas fontes de ignição (instalações de processo adjacentes). Assim a probabilidade de ignição retardada é igual a $P_{IR} = (1 - P_{II}) * 0,5$.
- **C:** Segundo as referências, na ignição de uma nuvem de vapor inflamável não confinada, esta pode resultar em explosão ou *Flashfire*. O cálculo de probabilidades destes eventos considera estes dois fenómenos como complementares, sendo a distribuição das probabilidades de 40% para Explosão

³ Reference Manual BEVI Risk Assessment- the Netherlands, 2009.

e de 60% para *Flashfire*⁴. Assim, a probabilidade destes cenários será $P_{Flashfire} = P_{IR} * 0.6$ e $P_{Exp} = P_{IR} * 0.4$. A probabilidade de Incêndio de Jato ou *Jetfire* (P_{JET}) e de *Pool Fire* ou incêndio de charco (P_{PF}) assumem-se iguais à probabilidade de ignição imediata.

- A probabilidade de um cenário com efeitos tóxicos (P_{tox}) para as substâncias inflamáveis e tóxicas é igual a um (probabilidade total) menos a probabilidade dos cenários com ignição que se possam produzir em cada acidente concreto. Para as substâncias que são tóxicas e não inflamáveis a probabilidade de ocorrência do cenário tóxico (P_{tox}) é igual a 1.
- No caso de fuga instantânea de gás inflamável, se ocorrer ignição imediata, esta dará lugar a uma bola de fogo (fireball), cuja probabilidade está dividida numa fração de 70% para a ocorrência de bola de fogo, ou seja, $P_{BL} = 0.7 * P_{II}$. Neste caso 30% dará lugar a explosão ou flashfire, com as mesmas proporções que a ignição retardada, ou seja, $P_{flashfire} = (0.3 * P_{II} + P_{IR}) * 0.6$ e $P_{explosão} = (0.3 * P_{II} + P_{IR}) * 0.4$;
- No caso de fuga contínua de gás inflamável, se ocorrer ignição imediata, esta dará lugar a um *jet fire*, cuja probabilidade é P_{II} , ou seja, $P_{jet} = P_{II}$. Se ocorrer ignição retardada, esta terá uma probabilidade de 40% de resultar em explosão, ou seja, $P_{Exp} = P_{IR} * 0.4$. Se não ocorrer uma explosão (60% de probabilidade de ocorrência) esta dará lugar a um incêndio de nuvem de vapor (*flashfire*), ou seja, $P_{flashfire} = P_{IR} * 0.6$.
- No caso de fuga instantânea de gás inflamável liquefeito, se ocorrer ignição imediata, esta dará lugar a uma BLEVE, cuja probabilidade está dividida numa fração de 70% para a ocorrência de bola de fogo (*fireball*), ou seja, $P_{BL} = 0.7 * P_{II}$. Neste caso 30% dará lugar a explosão ou *flashfire*, com as mesmas proporções que a ignição retardada, ou seja, $P_{Flashfire} = (0.3 * P_{II} + P_{IR}) * 0.6$ e $P_{explosão} = (0.3 * P_{II} + P_{IR}) * 0.4$. Se não ocorrer ignição a fuga dará lugar a uma dispersão tóxica.
- No caso de fuga contínua de gás inflamável liquefeito, se ocorrer ignição retardada, esta dará lugar a um jet fire, cuja probabilidade é P_{II} , ou seja, $P_{jet} = P_{II}$. Se ocorrer uma ignição retardada, esta terá uma probabilidade de 40% de resultar em explosão, ou seja $P_{Exp} = 0.4 * P_{IR}$. Se não ocorrer uma explosão (60% de probabilidade de ocorrência) esta dará lugar a um incêndio de nuvem de vapor (flashfire) e incêndio de charco da fração não vaporizada de gás liquefeito
- No caso de fuga contínua de gás inflamável, se ocorrer ignição imediata, esta dará lugar a um incêndio de jato. Cujas probabilidades são P_{II} , ou seja, $P_{jet} = P_{II}$. Se ocorrer a ignição retardada, esta dará lugar a explosão ou flashfire, ou seja, $P_{flashfire} = P_{IR} * 0.6$ e $P_{Exp} = P_{IR} * 0.4$

⁴ Purple Book, Pag. 100.

Nos quadros seguintes, resumem-se:

- os dados e critérios de probabilidade de ignição imediata, para cada categoria de inflamabilidade (em função do tipo de fuga e do caudal da mesma fuga);
- as categorias de inflamabilidade adotadas para as substâncias empregues nas modelações.

Quadro 2.6 - Categorias de inflamabilidade (BEVI) e probabilidade de ignição imediata.

Categoria de Inflamabilidade		Fuga instantânea(kg)	Fuga contínua (kg/s)	P _{II}
Categoria 0, reatividade média/alta	A	< 1000	< 10	0,2
	B	1000 a 10000	10 a 100	0,5
	C	> 10000	> 100	0,7
Categoria 0, reatividade baixa	A	< 1000	< 10	0,02
	B	1000 a 10000	10 a 100	0,04
	C	> 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 e 4 ⁵		Todas as quantidades	Todos os caudais	0

Quadro 2.7 - Categoria de inflamabilidade (BEVI) das substâncias perigosas.

Produto	Categoria de Inflamabilidade
Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa
Hidrogénio	Categoria 0, reatividade média/alta

Para determinar as frequências de cada cenário acidental final (ambiental, toxicidade, bleve, bola de fogo, *jet*, *pool*, *flash-fire*, explosão), é necessário saber a probabilidade de ocorrência do acontecimento iniciador base. Também é necessário conhecer a probabilidade de cada um dos acontecimentos acidentais / cenários que podem dar origem (ambiental, toxicidade, bleve, bola de fogo, *jet*, *pool*, *flash-fire*, explosão).

Os próximos quadros apresentam as seguintes informações:

⁵ As substâncias ou preparações de Categoria 3 e 4 têm probabilidade de ignição imediata igual a 0.

- a árvore de acontecimentos de referência relativa a possível evolução do acidente;
- as frequências iniciais de cada cenário;
- a categoria de inflamabilidade de cada produto;
- a probabilidades de ignição imediata (P_{II}); e ignição retardada (P_{IR});
- a probabilidade de ocorrência de acidentes.

Quadro 2.8 - Probabilidade de ocorrência dos fenómenos perigosos.

Nº Evento	Evento	Produto	Categoria de inflamabilidade	Árvore de Acontecimentos	Frequência acontecimento acidental	P _{ii}	P _{ir}	P _{BOLA FOGO/BLEVE}	P _{JET}	P _{POOL}	P _{FLASHFIRE}	P _{SOBREPRESSÃO}	P _{TOXICIDADE}
1	Rotura na linha de envio de hidrogénio do módulo de eletrólise para os filtros coalescentes F-32901 A/B	Hidrogénio	Categoria 0, reatividade média/alta B	2	7,00E-06	0,500	0,250	0	0,500	0	0,150	0,100	0
2	Fuga na linha de envio de hidrogénio do módulo de eletrólise para os filtros coalescentes F-32901 A/B	Hidrogénio	Categoria 0, reatividade média/alta A	2	3,50E-05	0,200	0,400	0	0,200	0	0,240	0,160	0
3	Rotura na linha dos filtros coalescentes F-32901 A/B para o permutador E-32901A (Heat Exchanger)	Hidrogénio	Categoria 0, reatividade média/alta A	2	5,00E-07	0,200	0,400	0	0,200	0	0,240	0,160	0
4	Fuga na linha dos filtros coalescentes F-32901 A/B para o permutador E-32901A (Heat Exchanger)	Hidrogénio	Categoria 0, reatividade média/alta A	2	2,50E-06	0,200	0,400	0	0,200	0	0,240	0,160	0

Nº Evento	Evento	Produto	Categoria de inflamabilidade	Árvore de Acontecimentos	Frequência acidento	Pii	Pir	P _{BOLA FOGO/BLEVE}	P _{JET}	P _{POOL}	P _{FLASHFIRE}	P _{SOBREPRESSÃO}	P _{TOXICIDADE}
5	Rotura na linha do permutador E-32901-A, que passa pelo aquecedor H-32901 (electric heater) até ao reator R-32901 (DeOxo reactor)	Hidrogénio	Categoria 0, reatividade média/alta A	2	1,00E-06	0,200	0,400	0	0,200	0	0,240	0,160	0
6	Fuga na linha do permutador E-32901-A, que passa pelo aquecedor H-32901 (electric heater) até ao reator R-32901 (DeOxo reactor)	Hidrogénio	Categoria 0, reatividade média/alta A	2	5,00E-06	0,200	0,400	0	0,200	0	0,240	0,160	0
7	Rotura na linha do R-32901 (DeOxo reactor), que passa pelo permutador de calor E-32901A/A1/A2 (Heat Exchanger) até ao V-32901A (knockout drum)	Hidrogénio	Categoria 0, reatividade média/alta A	2	1,50E-06	0,200	0,400	0	0,200	0	0,240	0,160	0
8	Fuga na linha do R-32901 (DeOxo reactor) que passa pelo permutador de calor E-32901A/A1/A2 (Heat Exchanger) até ao V-32901A (knockout drum)	Hidrogénio	Categoria 0, reatividade média/alta A	2	7,50E-06	0,200	0,400	0	0,200	0	0,240	0,160	0

Nº Evento	Evento	Produto	Categoria de inflamabilidade	Árvore de Acontecimentos	Frequência acidentoal	P _{ii}	P _{ir}	P _{BOLA FOGO/BLEVE}	P _{JET}	P _{POOL}	P _{FLASHFIRE}	P _{SOBREPRESSÃO}	P _{TOXICIDADE}
9	Rotura na linha do V-32901A (DeOxo KO Drum) para o X-32901 (Dehydration Packages)	Hidrogénio	Categoria 0, reatividade média/alta A	2	7,00E-07	0,200	0,400	0	0,200	0	0,240	0,160	0
10	Fuga na linha do V-32901A (DeOxo KO Drum) para o X-32901 (Dehydration Packages)	Hidrogénio	Categoria 0, reatividade média/alta A	2	3,50E-06	0,200	0,400	0	0,200	0	0,240	0,160	0
11	Rotura da linha-header de H2	Hidrogénio	Categoria 0, reatividade média/alta A	2	3,70E-05	0,200	0,400	0	0,200	0	0,240	0,160	0
12	Fuga da linha-header de H2	Hidrogénio	Categoria 0, reatividade média/alta A	2	1,85E-04	0,200	0,400	0	0,200	0	0,240	0,160	0

Nº Evento	Evento	Produto	Categoria de inflamabilidade	Árvore de Acontecimentos	Frequência acontecimento acidental	Pii	Pir	P _{BOLA FOGO/BLEVE}	P _{JET}	P _{POOL}	P _{FLASHFIRE}	P _{SOBREPRESSÃO}	P _{TOXICIDADE}
13	Rotura da linha do compressor X-57001A para a armazenagem de hidrogénio a alta pressão (V-58001 A~AH)	Hidrogénio	Categoria 0, reatividade média/alta A	2	2,70E-05	0,200	0,400	0	0,200	0	0,240	0,160	0
14	Fuga na linha do compressor X-57001A para a armazenagem de hidrogénio a alta pressão (V-58001 A~AH)	Hidrogénio	Categoria 0, reatividade média/alta A	2	1,35E-04	0,200	0,400	0	0,200	0	0,240	0,160	0
15	Rotura do cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	Hidrogénio	Categoria 0, reatividade média/alta B	1	1,70E-05	0,500	0,250	0,350	0	0	0,240	0,160	0
16	Fuga de 100mm no cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	Hidrogénio	Categoria 0, reatividade média/alta B	2	1,02E-04	0,500	0,250	0	0,500	0	0,150	0,100	0

Nº Evento	Evento	Produto	Categoria de inflamabilidade	Árvore de Acontecimentos	Frequência acontecimento acidental	P _{ii}	P _{ir}	P _{BOLA FOGO/BLEVE}	P _{JET}	P _{POOL}	P _{FLASHFIRE}	P _{SOBREPRESSÃO}	P _{TOXICIDADE}
17	Fuga de 10mm no cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	Hidrogénio	Categoria 0, reatividade média/alta A	2	3,40E-04	0,200	0,400	0	0,200	0	0,240	0,160	0
18	Rotura do Flash Drum V-520152	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa C	3	5,00E-06	0,090	0,455	0,455	0	0,363	0,289	0,193	0,455
19	Fuga de 100mm no Flash Drum V-520152	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa C	4	1,20E-05	0,090	0,455	0	0,090	0,273	0,273	0,182	0,455
20	Fuga de 10mm no Flash Drum V-520152	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa C	4	1,00E-04	0,090	0,455	0	0,090	0,273	0,273	0,182	0,455
21	Rotura na linha de H2 do X-32901 (Dehydration Packages) para V-520150 (Syngas Compressor Suction Drum)	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa A	5	4,45E-05	0,020	0,490	0	0,020	0	0,294	0,196	0,490

Nº Evento	Evento	Produto	Categoria de inflamabilidade	Árvore de Acontecimentos	Frequência acidentamento	Pii	Pir	P _{BOLA} FOGO/BLEVE	P _{JET}	P _{POOL}	P _{FLASHFIRE}	P _{SOBREPRESSÃO}	P _{TOXICIDADE}
22	Fuga na linha de H2 do X-32901 (Dehydration Packages) para V-520150 (Syngas Compressor Suction Drum)	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa A	5	2,23E-04	0,020	0,490	0	0,020	0	0,294	0,196	0,490
23	Rotura na linha de saída do compressor K-520103	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa B	4	4,00E-06	0,040	0,480	0	0,040	0,288	0,288	0,192	0,480
24	Fuga na linha de saída do compressor K-520103	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa C	4	2,00E-05	0,090	0,455	0	0,090	0,273	0,273	0,182	0,455
25	Rotura na linha de NH3 de saída do fundo do V-520146 (Separador de NH3) para o V-520147 (Letdown Drum)	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa B	4	1,00E-06	0,040	0,480	0	0,040	0,288	0,288	0,192	0,480
26	Fuga na linha de NH3 de saída do fundo do V-520146 (Separador de NH3) para o V-520147 (Letdown Drum)	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa B	4	5,00E-06	0,040	0,480	0	0,040	0,288	0,288	0,192	0,480

Nº Evento	Evento	Produto	Categoria de inflamabilidade	Árvore de Acontecimentos	Frequência acidentoal	Pii	Pir	P _{BOLA FOGO/BLEVE}	P _{JET}	P _{POOL}	P _{FLASHFIRE}	P _{SOBREPRESSÃO}	P _{TOXICIDADE}
27	Rotura na linha saída 3ºestágio do compressor K-520105	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa B	5	2,00E-07	0,040	0,480	0	0,040	0	0,288	0,192	0,480
28	Fuga na linha saída 3ºestágio do compressor K-520105	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa A	5	1,00E-06	0,020	0,490	0	0,020	0	0,294	0,196	0,490
29	Rotura na linha de NH3 de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH3	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa C	4	4,00E-05	0,090	0,455	0	0,090	0,273	0,273	0,182	0,455
30	Fuga na linha de NH3 de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH3	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa A	4	2,00E-04	0,020	0,490	0	0,020	0,294	0,294	0,196	0,490
31	Rotura na linha de NH3 de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa B	4	1,00E-05	0,040	0,480	0	0,040	0,288	0,288	0,192	0,480

Nº Evento	Evento	Produto	Categoria de inflamabilidade	Árvore de Acontecimentos	Frequência acidentoal	Pii	Pir	P _{BOLA FOGO/BLEVE}	P _{JET}	P _{POOL}	P _{FLASHFIRE}	P _{SOBREPRESSÃO}	P _{TOXICIDADE}
32	Fuga na linha de NH3 de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa B	4	5,00E-05	0,040	0,480	0	0,040	0,288	0,288	0,192	0,480
33	Rotura na linha de NH3 de saída do topo do V-520152 (Flash Drum) para o compressor K-520105 (1ºestágio)	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa A	4	3,00E-06	0,020	0,490	0	0,020	0,294	0,294	0,196	0,490
34	Fuga na linha de NH3 de saída do topo do V-520152 (Flash Drum) para o compressor K-520105 (1ºestágio)	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa A	4	1,50E-05	0,020	0,490	0	0,020	0,294	0,294	0,196	0,490
35	Rotura na linha de NH3 de saída do topo da coluna de destilação C-520125 para o arrefecedor E-520127	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa A	5	2,00E-05	0,020	0,490	0	0,020	0	0,294	0,196	0,490
36	Fuga na linha de NH3 de saída do topo da coluna de destilação C-520125 para o arrefecedor E-520127	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa A	5	1,00E-04	0,020	0,490	0	0,020	0	0,294	0,196	0,490

Nº Evento	Evento	Produto	Categoria de inflamabilidade	Árvore de Acontecimentos	Frequência acidentoal	Pii	Pir	P _{BOLA FOGO/BLEVE}	P _{JET}	P _{POOL}	P _{FLASHFIRE}	P _{SOBREPRESSÃO}	P _{TOXICIDADE}
37	Rotura do tanque A-530001	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa C	3	1,25E-08	0,090	0,455	0,063	0	0,363	0,289	0,193	0,455
38	Fuga de 100mm no tanque A-530001	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa B	4	2,50E-08	0,040	0,480	0	0,040	0,288	0,288	0,192	0,480
39	Fuga de 10mm no tanque A-530001	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa A	4	1,10E-05	0,020	0,490	0	0,020	0,294	0,294	0,196	0,490
40	Rotura do separador V-530002	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa C	3	5,00E-06	0,090	0,455	0,063	0	0,363	0,289	0,193	0,455
41	Fuga de 100mm no separador V-530002	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa C	4	1,00E-05	0,090	0,455	0	0,090	0,273	0,273	0,182	0,455

Nº Evento	Evento	Produto	Categoria de inflamabilidade	Árvore de Acontecimentos	Frequência acontecimento acidental	Pii	Pir	P _{BOLA FOGO/BLEVE}	P _{JET}	P _{POOL}	P _{FLASHFIRE}	P _{SOBREPRESSÃO}	P _{TOXICIDADE}
42	Fuga de 10mm no separador V-530002	Amoníaco	Categoria 0, reatividade baixa C	4	1,00E-04	0,090	0,455	0	0,090	0,273	0,273	0,182	0,455

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

- $F_{\text{ambiental}}$ (vai corresponder à frequência de ocorrência de acidentes);
- $F_{\text{tox final}}$ (toxicidade);
- $F_{\text{jet final}}$ (incêndio de fato)
- $F_{\text{charco final}}$ (incêndio de charco)
- $F_{\text{flashfire final}}$ (inflamabilidade);
- $F_{\text{exp final}}$ (explosão ou sobrepressão).

A **negrito** encontram-se os cenários de acidente com frequência superior a 10^{-06} .

Quadro 2.9 - Frequências finais dos fenómenos perigosos.

Nº Evento	Evento	Produto	$F_{\text{BOLA FOGO FINAL(BLEVE)}}$	$F_{\text{JET FINAL}}$	$F_{\text{POOL FINAL}}$	$F_{\text{FLASHFIRE FINAL}}$	$F_{\text{SOBREPRESSÃO FINAL}}$	$F_{\text{TOXICIDADE FINAL}}$
1	Rotura na linha de envio de hidrogénio do módulo de eletrólise para os filtros coalescentes F-32901 A/B	Hidrogénio	0	3,50E-06	0	1,05E-06	7,00E-07	0
2	Fuga na linha de envio de hidrogénio do módulo de eletrólise para os filtros coalescentes F-32901 A/B	Hidrogénio	0	7,00E-06	0	8,40E-06	5,60E-06	0
3	Rotura na linha dos filtros coalescentes F-32901 A/B para o permutador E-32901A (Heat Exchanger)	Hidrogénio	0	1,00E-07	0	1,20E-07	8,00E-08	0
4	Fuga na linha dos filtros coalescentes F-32901 A/B para o permutador E-32901A (Heat Exchanger)	Hidrogénio	0	5,00E-07	0	6,00E-07	4,00E-07	0
5	Rotura na linha do permutador E-32901-A, que passa pelo aquecedor H-32901 (electric heater) até ao reator R-32901 (DeOxo reactor)	Hidrogénio	0	2,00E-07	0	2,40E-07	1,60E-07	0
6	Fuga na linha do permutador E-32901-A, que passa pelo aquecedor H-32901 (electric heater) até ao reator R-32901 (DeOxo reactor)	Hidrogénio	0	1,00E-06	0	1,20E-06	8,00E-07	0
7	Rotura na linha do R-32901 (DeOxo reactor), que passa pelo permutador de calor E-32901A/A1/A2 (Heat Exchanger) até ao V-32901A (knockout drum)	Hidrogénio	0	3,00E-07	0	3,60E-07	2,40E-07	0
8	Fuga na linha do R-32901 (DeOxo reactor) que passa pelo permutador de calor E-32901A/A1/A2 (Heat Exchanger) até ao V-32901A (knockout drum)	Hidrogénio	0	1,50E-06	0	1,80E-06	1,20E-06	0

Nº Evento	Evento	Produto	F _{BOLA FOGO FINAL(BLEVE)}	F _{JET FINAL}	F _{POOL FINAL}	F _{FLASHFIRE FINAL}	F _{SOBREPRESSÃO FINAL}	F _{TOXICIDADE FINAL}
9	Rotura na linha do V-32901A (DeOxo KO Drum) para o X-32901 (Dehydration Packages)	Hidrogénio	0	1,40E-07	0	1,68E-07	1,12E-07	0
10	Fuga na linha do V-32901A (DeOxo KO Drum) para o X-32901 (Dehydration Packages)	Hidrogénio	0	7,00E-07	0	8,40E-07	5,60E-07	0
11	Rotura da linha-header de H2	Hidrogénio	0	7,40E-06	0	8,88E-06	5,92E-06	0
12	Fuga da linha-header de H2	Hidrogénio	0	3,70E-05	0	4,44E-05	2,96E-05	0
13	Rotura da linha do compressor X-57001A para a armazenagem de hidrogénio a alta pressão (V-58001 A~AH)	Hidrogénio	0	5,40E-06	0	6,48E-06	4,32E-06	0
14	Fuga na linha do compressor X-57001A para a armazenagem de hidrogénio a alta pressão (V-58001 A~AH)	Hidrogénio	0	2,70E-05	0	3,24E-05	2,16E-05	0
15	Rotura do cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	Hidrogénio	5,95E-06	0	0	4,08E-06	2,72E-06	0
16	Fuga de 100mm no cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	Hidrogénio	0	5,10E-05	0	1,53E-05	1,02E-05	0
17	Fuga de 10mm no cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	Hidrogénio	0	6,80E-05	0	8,16E-05	5,44E-05	0
18	Rotura do Flash Drum V-520152	Amoníaco	3,15E-07	0	1,82E-06	1,45E-06	9,64E-07	2,28E-06
19	Fuga de 100mm no Flash Drum V-520152	Amoníaco	0	1,08E-06	3,28E-06	3,28E-06	2,18E-06	5,46E-06
20	Fuga de 10mm no Flash Drum V-520152	Amoníaco	0	9,00E-06	2,73E-05	2,73E-05	1,82E-05	4,55E-05
21	Rotura na linha de H2 do X-32901 (Dehydration Packages) para V-520150 (Syngas Compressor Suction Drum)	Amoníaco	0	8,90E-07	0	1,31E-05	8,72E-06	2,18E-05
22	Fuga na linha de H2 do X-32901 (Dehydration Packages) para V-520150 (Syngas Compressor Suction Drum)	Amoníaco	0	4,45E-06	0	6,54E-05	4,36E-05	1,09E-04
23	Rotura na linha de saída do compressor K-520103	Amoníaco	0	1,60E-07	1,15E-06	1,15E-06	7,68E-07	1,92E-06
24	Fuga na linha de saída do compressor K-520103	Amoníaco	0	1,80E-06	5,46E-06	5,46E-06	3,64E-06	9,10E-06
25	Rotura na linha de NH3 de saída do fundo do V-520146 (Separador de NH3) para o V-520147 (Letdown Drum)	Amoníaco	0	4,00E-08	2,88E-07	2,88E-07	1,92E-07	4,80E-07
26	Fuga na linha de NH3 de saída do fundo do V-520146 (Separador de NH3) para o V-520147 (Letdown Drum)	Amoníaco	0	2,00E-07	1,44E-06	1,44E-06	9,60E-07	2,40E-06
27	Rotura na linha saída 3º estágio do compressor K-520105	Amoníaco	0	8,00E-09	0	5,76E-08	3,84E-08	9,60E-08

Nº Evento	Evento	Produto	F _{BOLA} FOGO FINAL(BLEVE)	F _{JET} FINAL	F _{POOL} FINAL	F _{FLASHFIRE} FINAL	F _{SOBREPRESSÃO} FINAL	F _{TOXICIDADE} FINAL
28	Fuga na linha saída 3ºestágio do compressor K-520105	Amoníaco	0	2,00E-08	0	2,94E-07	1,96E-07	4,90E-07
29	Rotura na linha de NH3 de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH3	Amoníaco	0	3,60E-06	1,09E-05	1,09E-05	7,28E-06	1,82E-05
30	Fuga na linha de NH3 de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH3	Amoníaco	0	4,00E-06	5,88E-05	5,88E-05	3,92E-05	9,80E-05
31	Rotura na linha de NH3 de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)	Amoníaco	0	4,00E-07	2,88E-06	2,88E-06	1,92E-06	4,80E-06
32	Fuga na linha de NH3 de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)	Amoníaco	0	2,00E-06	1,44E-05	1,44E-05	9,60E-06	2,40E-05
33	Rotura na linha de NH3 de saída do topo do V-520152 (Flash Drum) para o compressor K-520105 (1ºestágio)	Amoníaco	0	6,00E-08	8,82E-07	8,82E-07	5,88E-07	1,47E-06
34	Fuga na linha de NH3 de saída do topo do V-520152 (Flash Drum) para o compressor K-520105 (1ºestágio)	Amoníaco	0	3,00E-07	4,41E-06	4,41E-06	2,94E-06	7,35E-06
35	Rotura na linha de NH3 de saída do topo da coluna de destilação C-520125 para o arrefecedor E-520127	Amoníaco	0	4,00E-07	0	5,88E-06	3,92E-06	9,80E-06
36	Fuga na linha de NH3 de saída do topo da coluna de destilação C-520125 para o arrefecedor E-520127	Amoníaco	0	2,00E-06	0	2,94E-05	1,96E-05	4,90E-05
37	Rotura do tanque A-530001	Amoníaco	7,88E-10	0	4,54E-09	3,62E-09	2,41E-09	5,69E-09
38	Fuga de 100mm no tanque A-530001	Amoníaco	0	1,00E-09	7,20E-09	7,20E-09	4,80E-09	1,20E-08
39	Fuga de 10mm no tanque A-530001	Amoníaco	0	2,20E-07	3,23E-06	3,23E-06	2,16E-06	5,39E-06
40	Rotura do separador V-530002	Amoníaco	3,15E-07	0	1,82E-06	1,45E-06	9,64E-07	2,28E-06
41	Fuga de 100mm no separador V-530002	Amoníaco	0	9,00E-07	2,73E-06	2,73E-06	1,82E-06	4,55E-06
42	Fuga de 10mm no separador V-530002	Amoníaco	0	9,00E-06	2,73E-05	2,73E-05	1,82E-05	4,55E-05

2.5 AVALIAÇÃO DAS CONSEQUÊNCIAS

2.5.1 INTRODUÇÃO

O controlo e a planificação, perante o risco de um acidente grave para estabelecimentos industriais, fundamentam-se na avaliação das consequências sobre elementos

vulneráveis (pessoas, ambiente e bens materiais) dos fenómenos perigosos que podem produzir os acidentes graves.

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 (sobrepresão);
- De tipo térmico (radiação);
- De tipo químico (toxicidade).
- Estes fenómenos podem ocorrer, isolada, simultânea ou sequencialmente.

2.5.2 VALORES LIMITE – DEFINIÇÃO DE ZONAS DE IMPLANTAÇÃO

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 e Pessoas.

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:

- **Zona 1**, limiar da possibilidade de ocorrência de letalidade, no interior da qual são esperados danos graves para praticamente a totalidade de pessoas não protegidas.
- **Zona 2**, limiar da possibilidade de ocorrência de efeitos irreversíveis na saúde humana.

No quadro seguinte apresenta-se a definição das zonas:

Quadro 2.10 - Definição dos valores limite de radiação térmica, sobrepressão, inflamabilidade e toxicidade.

		Zona 1	Zona 2
Radiação Térmica	(kW/m ²)	7	5
Sobrepressão	(bar)	0,14	0,05
Toxicidade	(ppm)	AEGL-3	AEGL-2
Flash-fire	(%)	LFL/2	-

Os valores utilizados para toxicidade foram os AEGL (*Acute Exposure Guideline Levels*) da EPA (*Environmental Protection Agency*) dos Estados Unidos. Na falta de registos de valores de AEGL, estes são substituídos por ERPG (*Emergency Response Planning Guidelines*) do SCAPA (*Subcommittee on Consequence Assessment and Protective Actions*) dos Estados Unidos.

Os valores AEGL são função do tempo de exposição. Os valores que se empregaram de AEGL 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.

A definição concreta de cada índice é a seguinte:

- **AEGL-1:** concentração a/ ou acima da qual se prevê que a população geral, incluindo indivíduos suscetíveis, mas excluindo os hiper suscetíveis, pode experimentar irritação, sem que haja efeitos a longo prazo sérios ou irreversíveis.
- **AEGL-2:** concentração a/ ou acima da qual se prevê que a população geral, incluindo indivíduos suscetíveis, mas excluindo os Hiper suscetíveis, pode experimentar efeitos a longo prazo sérios ou irreversíveis ou ver impedida a sua capacidade para escapar.
- **AEGL-3:** concentração a/ou acima da qual se prevê que a população geral, incluindo indivíduos suscetíveis, mas excluindo os Hiper suscetíveis, pode experimentar efeitos ameaçadores para a vida ou a morte.

Concentrações abaixo de AEGL 3, mas acima de AEGL 2 representam níveis de exposição que podem causar efeitos a longo prazo, sérios ou irreversíveis ou impedir a capacidade de escapar.

Os valores limite para efeitos tóxicos estão representados no seguinte quadro

Quadro 2.11 - Valores limite de AEGL (60 min).

	AEGL para 60 min (ppm) - Amoníaco
AEGL 1	30
AEGL 2	160
AEGL 3	1100

2.5.3 CRITÉRIOS GERAIS EMPREGUES

Para determinar as condições de cálculo dos acidentes, considerou-se o seguinte conjunto de critérios e simplificações “conservadores” ou “pessimistas”, de forma a que estabeleçam em qualquer caso um limite superior das consequências estimadas. A escolha dos critérios baseou-se na literatura técnica (*Purple Book – Committee for the Prevention of Disasters - The Netherlands. Guidelines for Quantitative Risk Assessment, TNO e BEVI – Reference Manual Bevi Risk Assessment version 3.2, 2009*):

- Os cálculos realizados para os acidentes considerados foram realizados com o programa informático PHAST v. 9.0 da DNV GL. O programa PHAST encadeia os modelos em função das características do produto, da descarga e ambientais, dando resultados para as evoluções possíveis.
- Em relação à direção das fugas, considerou-se a direção horizontal;
- Os cálculos efetuados obtiveram-se mediante a utilização dos seguintes modelos:
 - Fuga de gás/vapor;
 - Fuga de líquido;
 - Nuvem tóxica;
 - Nuvem inflamável;
 - Incêndio de charco (Pool Fire);
 - Deflagração, UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion);
 - BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion).
- 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.
- 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.
- Assumiu-se como perda de carga, devida à geometria e irregularidade do orifício de descarga 0,62 para roturas totais de tubagens.
- Para o cálculo das distâncias dos efeitos de toxicidade o critério refere-se à dispersão da nuvem tóxica, determinando-se a distância máxima a que esta atinge o valor limite de concentração de referência.

- Para fugas de substâncias perigosas considerou-se a área da bacia de retenção onde se encontram os equipamentos origem de eventos críticos. Para as áreas sem bacia de retenção ou área delimitada, considerou-se uma área máxima de dispersão do líquido de 1500 m² como critério conservador⁶.
- As condições meteorológicas utilizadas nos cálculos efetuados, foram as mais frequentes da zona.
- As condições climatológicas quanto à estabilidade e velocidade do vento que se utilizaram nas modelações são seguintes, com base nos dados mais atuais fornecidos pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), para as condições mais frequentes da zona do estabelecimento:

Quadro 2.12 - Condições meteorológicas utilizadas nas modelações.

Estabilidade atmosférica (Pasquill)	Velocidade vento (m/s)	Temperatura (°C)	Humidade relativa (%)
E (mais frequente)	5.3/E	16,4	81
Estação Meteorológica de Sines – Monte Chãos e Estação Meteorológica de Sines			
1998-2021 - para a caracterização do vento, no que respeita frequência, intensidade de ventos e classes de estabilidade;			
1992-2021 - para a temperatura;			
1971-2000 - para humidade do ar, uma vez que para o período mais recente não existem estes dados.			

Tempos de fuga considerados

Os tempos de fuga de produto, considerados nos cenários de acidentes graves, 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.

Seguidamente apresentam-se os tempos de fuga considerados:

⁶ Guía técnica de criterios para la evaluación de escenarios en Análisis de Riesgo (AR) y Análisis Cuantitativos de Riesgo (ACR) en el marco del RD 1254/1999. TNO Report 2006-A-R0308/B.

Quadro 2.13 - Tempos de fuga considerados.

Tipo de acidentes	Tempo máximo até isolamento da fuga	Justificação
Acidente de rotura catastrófica de reservatórios/equipamentos de processo e roturas catastróficas de cisterna	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/equipamentos de processo e roturas de 100 mm e 10 mm de cisterna	1 hora (3600 s)	De acordo com o “ <i>Guia de orientação para a elaboração do Relatório de Segurança</i> ” da APA, considerar 3600 s. Sem possibilidade de interrupção do derrame.
Acidentes de fugas em tubagem	120 s	Valor estimado segundo referência bibliografia ⁷ onde as linhas possuem sistemas de deteção de fugas ligados a válvulas de fecho automáticas que isolam o troço onde ocorre a fuga. Este sistema não depende da atuação humana.
Acidente de rotura catastrófica/Fuga/Rotura de 100 mm e 10 mm em equipamento de processo	120 s	Valor estimado segundo referência ⁸ tendo em conta a instalação de um sistema de deteção de amoníaco, com ligação a um sistema automático de atuação de cortina de água, de modo a garantir a diluição/neutralização de nuvens tóxicas e, assim reduzir a quantidade de produto libertado para o exterior do estabelecimento.

2.5.4 RESULTADOS DOS CENÁRIOS SELECIONADOS

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

- Magnitude e duração da fuga ou derrame;
- Duração e intensidade da radiação térmica, em função da distância;

⁷ Critério obtido do capítulo 4.2.2. do *Reference Manual Bevi Risk Assessments version 3.2 – Module C*.

⁸ Critério obtido do capítulo 4.2.2. do *Reference Manual Bevi Risk Assessments version 3.2 – Module C*.

- Sobrepressão devida a uma explosão, em função da distância.

Nos quadros seguintes apresentam-se os dados de entrada dos eventos críticos avaliados e os resultados dos cenários de acidentes **com probabilidade igual ou superior a 10^{-6}** .

Nos Apêndices incluem-se:

- Apêndice 5 - os resultados dos acidentes modelizados, obtidos nas simulações (outputs do software PHAST).
- Apêndice 4 – a representação gráfica das duas zonas de perigosidade correspondente aos maiores alcances, que tenham frequências $\geq 10^{-6}$.
- Apêndice 3 – a representação gráfica (plantas à escala) dos alcances dos danos provocados pela radiação térmica (níveis para $5,0 \text{ kW/m}^2$ e $7,0 \text{ kW/m}^2$), flash-fire (LFL/2), explosão (níveis para 140 mbar e 50 mbar) e toxicidade (AEGL-2 e AEGL-3). Todos os cenários de acidentes, com probabilidade superior ou igual a 10^{-6} serão representados.

Quadro 2.14 - Descrição dos parâmetros dos cenários de acidentes (dados de entrada PHAST).

Nº Evento	Evento	Localização	Produto	Pressão rel. (bar)	Temperatura (°C)	Diâm. Tubagem (mm)	Diâm. Equiv. Orifício (mm)	Quant. máx. disp. (kg)	Área Bacia (m²)	Duração da fuga (s)
1	Rotura na linha de envio de hidrogénio do módulo de eletrólise para os filtros coalescentes F-32901 A/B	Linha de envio de hidrogénio do módulo de eletrólise para os filtros coalescentes F-32901 A/B	Hidrogénio	14	25	355,6	355,6	2592	1500	120
2	Fuga na linha de envio de hidrogénio do módulo de eletrólise para os filtros coalescentes F-32901 A/B	Linha de envio de hidrogénio do módulo de eletrólise para os filtros coalescentes F-32901 A/B	Hidrogénio	14	25	355,6	35,56	2592	1500	120
3	Rotura na linha dos filtros coalescentes F-32901 A/B para o permutador E-32901A (Heat Exchanger)	Linha dos filtros coalescentes F-32901 A/B para o permutador E-32901A (Heat Exchanger)	Hidrogénio	13,5	25	355,6	355,6	75,6	1500	120
4	Fuga na linha dos filtros coalescentes F-32901 A/B para o permutador E-32901A (Heat Exchanger)	Linha dos filtros coalescentes F-32901 A/B para o permutador E-32901A (Heat Exchanger)	Hidrogénio	13,5	25	355,6	35,56	75,6	1500	120
5	Rotura na linha do permutador E-32901-A, que passa pelo aquecedor H-32901 (electric heater) até ao reator R-32901 (DeOxo reactor)	Linha do permutador E-32901-A, que passa pelo aquecedor H-32901 (electric heater) até ao reator R-32901 (DeOxo reactor)	Hidrogénio	13,2	120	203,2	203,2	75,6	1500	120
6	Fuga na linha do permutador E-32901-A, que passa pelo aquecedor H-32901 (electric heater) até ao reator R-32901 (DeOxo reactor)	Linha do permutador E-32901-A, que passa pelo aquecedor H-32901 (electric heater) até ao reator R-32901 (DeOxo reactor)	Hidrogénio	13,2	120	203,2	20,32	75,6	1500	120
7	Rotura na linha do R-32901 (DeOxo reactor), que passa pelo permutador de calor E-32901A/A1/A2 (Heat Exchanger) até ao V-32901A (knockout drum)	Linha do R-32901 (DeOxo reactor), que passa pelo permutador de calor E-32901A/A1/A2 (Heat Exchanger) até ao V-32901A (knockout drum)	Hidrogénio	12,7	153,7	203,2	203,2	75,6	1500	120

Nº Evento	Evento	Localização	Produto	Pressão rel. (bar)	Temperatura (°C)	Diâm. Tubagem (mm)	Diâm. Equiv. Orifício (mm)	Quant. máx. disp. (kg)	Área Bacia (m²)	Duração da fuga (s)
8	Fuga na linha do R-32901 (DeOxo reactor) que passa pelo permutador de calor E-32901A/A1/A2 (Heat Exchanger) até ao V-32901A (knockout drum)	Linha do R-32901 (DeOxo reactor), que passa pelo permutador de calor E-32901A/A1/A2 (Heat Exchanger) até ao V-32901A (knockout drum)	Hidrogénio	12,7	153,7	203,2	20,32	75,6	1500	120
9	Rotura na linha do V-32901A (DeOxo KO Drum) para o X-32901 (Dehydration Packages)	Linha do V-32901A (DeOxo KO Drum) para o X-32901 (Dehydration Packages)	Hidrogénio	12,3	33	203,2	203,2	75,6	1500	120
10	Fuga na linha do V-32901A (DeOxo KO Drum) para o X-32901 (Dehydration Packages)	Linha do V-32901A (DeOxo KO Drum) para o X-32901 (Dehydration Packages)	Hidrogénio	12,3	33	203,2	20,32	75,6	1500	120
11	Rotura da linha-header de H2	Linha-header de H2	Hidrogénio	7	amb	355,6	355,6	4,44	1500	120
12	Fuga da linha-header de H2	Linha-header de H2	Hidrogénio	7	amb	355,6	35,56	4,44	1500	120
13	Rotura da linha do compressor X-57001A para a armazenagem de hidrogénio a alta pressão (V-58001 A~AH)	Linha do compressor X-57001A para a armazenagem de hidrogénio a alta pressão	Hidrogénio	135	50	152,4	152,4	116,4	1500	120
14	Fuga na linha do compressor X-57001A para a armazenagem de hidrogénio a alta pressão (V-58001 A~AH)	Linha do compressor X-57001A para a armazenagem de hidrogénio a alta pressão	Hidrogénio	135	50	152,4	15,24	116,4	1500	120
15	Rotura do cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	Armazenagem de alta pressão de hidrogénio	Hidrogénio	150	110			1680	1500	3600

Nº Evento	Evento	Localização	Produto	Pressão rel. (bar)	Temperatura (°C)	Diâm. Tubagem (mm)	Diâm. Equiv. Orifício (mm)	Quant. máx. disp. (kg)	Área Bacia (m²)	Duração da fuga (s)
16	Fuga de 100mm no cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	Armazenagem de alta pressão de hidrogénio	Hidrogénio	150	110			1680	1500	3600
17	Fuga de 10mm no cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	Armazenagem de alta pressão de hidrogénio	Hidrogénio	150	110			1680	1500	3600
18	Rotura do Flash Drum V-520152	Flash Drum V-520152	Amoníaco	atm	-33,6	-	-	16269	1500	3600
19	Fuga de 100mm no Flash Drum V-520152	Flash Drum V-520152	Amoníaco	atm	-33,6	-	100	16269	1500	3600
20	Fuga de 10mm no Flash Drum V-520152	Flash Drum V-520152	Amoníaco	atm	-33,6	-	10	16269	1500	3600
21	Rotura na linha de H2 do X-32901 (Dehydration Packages) para V-520150 (Syngas Compressor Suction Drum)	Linha de H2 do X-32901 (Dehydration Packages) para V-520150 (Syngas Compressor Suction Drum)	Amoníaco	11,5	45	203,2	203,2	300	1500	120
22	Fuga na linha de H2 do X-32901 (Dehydration Packages) para V-520150 (Syngas Compressor Suction Drum)	Linha de H2 do X-32901 (Dehydration Packages) para V-520150 (Syngas Compressor Suction Drum)	Amoníaco	11,5	45	203,2	20,32	300	1500	120
23	Rotura na linha de saída do compressor K-520103	Linha de saída do compressor K-520103	Amoníaco	142,3	67,7	609,6	609,6	6 708	1500	120
24	Fuga na linha de saída do compressor K-520103	Linha de saída do compressor K-520103	Amoníaco	142,3	67,7	609,6	50	6 708	1500	120

Nº Evento	Evento	Localização	Produto	Pressão rel. (bar)	Temperatura (°C)	Diâm. Tubagem (mm)	Diâm. Equiv. Orifício (mm)	Quant. máx. disp. (kg)	Área Bacia (m²)	Duração da fuga (s)
25	Rotura na linha de NH3 de saída do fundo do V-520146 (Separador de NH3) para o V-520147 (Letdown Drum)	Linha de NH3 de saída do fundo do V-520146 (Separador de NH3) para o V-520147 (Letdown Drum)	Amoníaco	135	0	203,2	203,2	1 668	1500	120
26	Fuga na linha de NH3 de saída do fundo do V-520146 (Separador de NH3) para o V-520147 (Letdown Drum)	Linha de NH3 de saída do fundo do V-520146 (Separador de NH3) para o V-520147 (Letdown Drum)	Amoníaco	135	0	203,2	20,32	1 668	1500	120
27	Rotura na linha saída 3ºestágio do compressor K-520105	Linha saída 3ºestágio do compressor K-520105	Amoníaco	21	128,7	355,6	355,6	1 668	1500	120
28	Fuga na linha saída 3ºestágio do compressor K-520105	Linha saída 3ºestágio do compressor K-520105	Amoníaco	21	128,7	355,6	35,56	1 668	1500	120
29	Rotura na linha de NH3 de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH3	Linha de NH3 de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH3	Amoníaco	7	-33,3	203,2	203,2	16 023	1500	120
30	Fuga na linha de NH3 de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH3	Linha de NH3 de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH3	Amoníaco	7	-33,3	203,2	20,32	16 023	1500	120
31	Rotura na linha de NH3 de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)	Linha de NH3 de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)	Amoníaco	7,1	18	254	254	2796	1500	120
32	Fuga na linha de NH3 de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)	Linha de NH3 de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)	Amoníaco	7,1	18	254	25,4	2796	1500	120

Nº Evento	Evento	Localização	Produto	Pressão rel. (bar)	Temperatura (°C)	Diâm. Tubagem (mm)	Diâm. Equiv. Orifício (mm)	Quant. máx. disp. (kg)	Área Bacia (m²)	Duração da fuga (s)
33	Rotura na linha de NH3 de saída do topo do V-520152 (Flash Drum) para o compressor K-520105 (1ºestágio)	Linha de NH3 de saída do topo do V-520152 (Flash Drum) para o compressor K-520105 (1ºestágio)	Amoníaco	atm	-33,6	203,2	203,2	408	1500	120
34	Fuga na linha de NH3 de saída do topo do V-520152 (Flash Drum) para o compressor K-520105 (1ºestágio)	Linha de NH3 de saída do topo do V-520152 (Flash Drum) para o compressor K-520105 (1ºestágio)	Amoníaco	atm	-33,6	203,2	20,32	408	1500	120
35	Rotura na linha de NH3 de saída do topo da coluna de destilação C-520125 para o arrefecedor E-520127	Linha de NH3 de saída do topo da coluna de destilação C-520125 para o arrefecedor E-520127	Amoníaco	23,5	72,4	50,8	50,8	10,8	1500	120
36	Fuga na linha de NH3 de saída do topo da coluna de destilação C-520125 para o arrefecedor E-520127	Linha de NH3 de saída do topo da coluna de destilação C-520125 para o arrefecedor E-520127	Amoníaco	23,5	72,4	50,8	5,08	10,8	1500	120
37	Rotura do tanque A-530001	Bacia do tanque A-530001	Amoníaco	atm	-40	-	-	28 287 600	4 900	3600
38	Fuga de 100mm no tanque A-530001	Bacia do tanque A-530001	Amoníaco	atm	-40	-	100	28 287 600	4 900	3600
39	Fuga de 10mm no tanque A-530001	Bacia do tanque A-530001	Amoníaco	atm	-40	-	10	28 287 600	4 900	3600
40	Rotura do separador V-530002	Separador V-530002	Amoníaco	15	-43	-	-	85369	1500	120
41	Fuga de 100mm no separador V-530002	Separador V-530002	Amoníaco	15	-43	-	100	85369	1500	120

Nº Evento	Evento	Localização	Produto	Pressão rel. (bar)	Temperatura (°C)	Diâm. Tubagem (mm)	Diâm. Equiv. Orifício (mm)	Quant. máx. disp. (kg)	Área Bacia (m²)	Duração da fuga (s)
42	Fuga de 10mm no separador V-530002	Separador V-530002	Amoníaco	15	-43	-	10	85369	1500	120

Inclui-se a seguir uma Quadro-Resumo com os acidentes postulados e as zonas calculadas para cada fenómeno produzido.

Quadro 2.15 - Resultados da modelação no programa PHAST.

Nº Evento Crítico	Evento Crítico	Toxicidade (m)		Bola de fogo (m)		Jet Fire (m)		Pool Fire (m)		Flash Fire (m)	Explosão (m)	
		AEGL-3	AEGL-2	7 kW/m²	5 kW/m²	7 kW/m²	5 kW/m²	7 kW/m²	5 kW/m²	LFL/2	140 mbar	50 mbar
1	Rotura na linha de envio de hidrogénio do módulo de eletrólise para os filtros coalescentes F-32901 A/B	-	-	-	-	119	131	-	-	38	N.S.	N.S.
2	Fuga na linha de envio de hidrogénio do módulo de eletrólise para os filtros coalescentes F-32901 A/B	-	-	-	-	22	24	-	-	19	42	73
3	Rotura na linha dos filtros coalescentes F-32901 A/B para o permutador E-32901A (Heat Exchanger)	-	-	-	-	N.S.	N.S.	-	-	N.S.	N.S.	N.S.
4	Fuga na linha dos filtros coalescentes F-32901 A/B para o permutador E-32901A (Heat Exchanger)	-	-	-	-	N.S.	N.S.	-	-	N.S.	N.S.	N.S.
5	Rotura na linha do permutador E-32901-A, que passa pelo aquecedor H-32901 (electric heater) até ao reator R-32901 (DeOxo reactor)	-	-	-	-	N.S.	N.S.	-	-	N.S.	N.S.	N.S.
6	Fuga na linha do permutador E-32901-A, que passa pelo aquecedor H-32901 (electric heater) até ao reator R-32901 (DeOxo reactor)	-	-	-	-	12	13	-	-	13	N.S.	N.S.
7	Rotura na linha do R-32901 (DeOxo reactor), que passa pelo permutador de calor E-32901A/A1/A2 (Heat Exchanger) até ao V-32901A (knockout drum)	-	-	-	-	N.S.	N.S.	-	-	N.S.	N.S.	N.S.
8	Fuga na linha do R-32901 (DeOxo reactor) que passa pelo permutador de calor E-32901A/A1/A2 (Heat Exchanger) até ao V-32901A (knockout drum)	-	-	-	-	12	13	-	-	13	20	35
9	Rotura na linha do V-32901A (DeOxo KO Drum) para o X-32901 (Dehydration Packages)	-	-	-	-	N.S.	N.S.	-	-	N.S.	N.S.	N.S.
10	Fuga na linha do V-32901A (DeOxo KO Drum) para o X-32901 (Dehydration Packages)	-	-	-	-	N.S.	N.S.	-	-	N.S.	N.S.	N.S.

Nº Evento Crítico	Evento Crítico	Toxicidade (m)		Bola de fogo (m)		Jet Fire (m)		Pool Fire (m)		Flash Fire (m)	Explosão (m)	
		AEGL-3	AEGL-2	7 kW/m²	5 kW/m²	7 kW/m²	5 kW/m²	7 kW/m²	5 kW/m²	LFL/2	140 mbar	50 mbar
11	Rotura da linha-header de H2	-	-	-	-	11	11	-	-	4	-	-
12	Fuga da linha-header de H2	-	-	-	-	30	32	-	-	22	60	103
13	Rotura da linha do compressor X-57001A para a armazenagem de hidrogénio a alta pressão (V-58001 A~AH)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	Fuga na linha do compressor X-57001A para a armazenagem de hidrogénio a alta pressão (V-58001 A~AH)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Rotura do cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	-	-	N.S.	N.S.	-	-	-	-	N.S.	N.S.	N.S.
16	Fuga de 100mm no cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	-	-	-	-	163	179	-	-	N.S.	N.S.	N.S.
17	Fuga de 10mm no cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	-	-	-	-	20	22	-	-	17	40	70
18	Rotura do Flash Drum V-520152	133	678	-	-	-	-	45	49	112	N.S.	N.S.
19	Fuga de 100mm no Flash Drum V-520152	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	Fuga de 10mm no Flash Drum V-520152	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	Rotura na linha de H2 do X-32901 (Dehydration Packages) para V-520150 (Syngas Compressor Suction Drum)	13	33	-	-	N.S.	N.S.	-	-	12	21	38
22	Fuga na linha de H2 do X-32901 (Dehydration Packages) para V-520150 (Syngas Compressor Suction Drum)	14	32	-	-	9	10	-	-	5	-	-

Nº Evento Crítico	Evento Crítico	Toxicidade (m)		Bola de fogo (m)		Jet Fire (m)		Pool Fire (m)		Flash Fire (m)	Explosão (m)	
		AEGL-3	AEGL-2	7 kW/m²	5 kW/m²	7 kW/m²	5 kW/m²	7 kW/m²	5 kW/m²	LFL/2	140 mbar	50 mbar
23	Rotura na linha de saída do compressor K-520103	151	478	-	-	N.S.	N.S.	40	43	110	N.S.	N.S.
24	Fuga na linha de saída do compressor K-520103	163	409	-	-	175	186	-	-	195	261	378
25	Rotura na linha de NH3 de saída do fundo do V-520146 (Separador de NH3) para o V-520147 (Letdown Drum)	N.S.	N.S.	-	-	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
26	Fuga na linha de NH3 de saída do fundo do V-520146 (Separador de NH3) para o V-520147 (Letdown Drum)	62	167	-	-	N.S.	N.S.	33	35	58	N.S.	N.S.
27	Rotura na linha saída 3ºestágio do compressor K-520105	N.S.	N.S.	-	-	N.S.	N.S.	-	-	N.S.	N.S.	N.S.
28	Fuga na linha saída 3ºestágio do compressor K-520105	N.S.	N.S.	-	-	N.S.	N.S.	-	-	N.S.	N.S.	N.S.
29	Rotura na linha de NH3 de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH3	23	106	-	-	36	37	24	27	21	36	59
30	Fuga na linha de NH3 de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH3	34	93	-	-	39	41	23	25	24	26	35
31	Rotura na linha de NH3 de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)	79	235	-	-	N.S.	N.S.	35	38	57	72	104
32	Fuga na linha de NH3 de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)	60	148	-	-	53	57	28	29	38	45	66
33	Rotura na linha de NH3 de saída do topo do V-520152 (Flash Drum) para o compressor K-520105 (1ºestágio)	10	54	-	-	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
34	Fuga na linha de NH3 de saída do topo do V-520152 (Flash Drum) para o compressor K-520105 (1ºestágio)	8	20	-	-	N.S.	N.S.	10	11	7	-	-

Nº Evento Crítico	Evento Crítico	Toxicidade (m)		Bola de fogo (m)		Jet Fire (m)		Pool Fire (m)		Flash Fire (m)	Explosão (m)	
		AEGL-3	AEGL-2	7 kW/m²	5 kW/m²	7 kW/m²	5 kW/m²	7 kW/m²	5 kW/m²	LFL/2	140 mbar	50 mbar
35	Rotura na linha de NH3 de saída do topo da coluna de destilação C-520125 para o arrefecedor E-520127	6	11	-	-	N.S.	N.S.	-	-	3	-	-
36	Fuga na linha de NH3 de saída do topo da coluna de destilação C-520125 para o arrefecedor E-520127	5	18	-	-	1	4	-	-	-	-	-
37	Rotura do tanque A-530001	N.S.	N.S.	-	-	-	-	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
38	Fuga de 100mm no tanque A-530001	N.S.	N.S.	-	-	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
39	Fuga de 10mm no tanque A-530001	94	349	-	-	N.S.	N.S.	22	24	6	-	-
40	Rotura do separador V-530002	38	179	-	-	-	-	45	49	124	N.S.	N.S.
41	Fuga de 100mm no separador V-530002	148	357	-	-	N.S.	N.S.	45	49	92	117	156
42	Fuga de 10mm no separador V-530002	27	53	-	-	31	33	18	19	18	18	30

Notas:

N.S. representa os cenários de acidente Não Significativos, isto é, aqueles cuja frequência de ocorrência é inferior a 10^{-6} .

“-” – Simulação sem resultados

2.6 SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS PARA OS ORGANISMOS AQUÁTICOS

Neste ponto analisam-se as consequências ambientais dos eventos que envolvem substâncias perigosas para os organismos aquáticos (com as frases de perigo H400 / H410 / H411). Da análise das substâncias presentes no estabelecimento no estabelecimento, verifica-se que aquelas que representam efeitos perigosos para o ambiente são:

- Gasóleo – frase de perigo H411;
- Hipoclorito de Sódio 12% - frases de perigo H410;
- NALCO 77352 – frase de perigo H410;
- NALCO PC-11 - frase de perigo H411;
- Amoníaco de anidro – frase de perigo H400.

Das substâncias acima apenas o amoníaco anidro e o NALCO PC-11 se encontra em quantidade superior a 2%. O NALCO PC-11 é utilizado no tratamento da água que será manuseado e utilizado em local dedicado e impermeabilizado. Um potencial derrame deste será limitado, quer pela quantidade de cada recipiente, quer pela atuação dos operadores que poderão limitar o derrame com os materiais de absorção destinados para este fim e encaminhando como resíduo para destino final apropriado.

Os solos da zona onde se localizará o estabelecimento são solos urbanos ou urbanizáveis, pelo que perderam, na sua maior parte, as propriedades típicas dos solos comuns nesta zona. Os solos originais serão eliminados mediante pavimentação ou modificados com a adição de outros materiais, pelo que a sua impermeabilidade se encontrará reforçada.

Se ocorrer um derrame de substâncias referidas no solo, poderá haver uma contaminação de níveis freáticos e aquíferos, dificultando a transferência de oxigénio, provocando efeito ambientais negativos nos organismos aquáticos. No entanto, estes efeitos só se produzirão se não houver uma ação imediata de acordo com o Plano de Emergência Interno. Assim, pelo exposto, não é previsível que ocorra um derrame com quantidade significativa de produto passível de sair do perímetro da instalação e provocar um acidente grave para o meio ambiente.

Apresenta-se no quadro seguinte uma avaliação sistematizada das consequências para o ambiente, para os eventos críticos selecionados mais relevantes para a ocorrência de acidentes graves no estabelecimento, que envolvem substâncias perigosas para o ambiente. 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, nomeadamente o coletor municipal. 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.

Quadro 2.16 - Avaliação das consequências para o ambiente para os eventos críticos, que envolvem substâncias perigosas para o ambiente aquático.

AVALIAÇÃO SISTEMATIZADA DAS CONSEQUÊNCIAS PARA O AMBIENTE	
IDENTIFICAÇÃO DOS EVENTOS Eventos: 18/19/20 (Rotura/Fuga do do Flash Drum V-520152); 21/22 (Rotura/Fuga na linha de H2 do X-32901 (Dehydration Packages) para V-520150 (Syngas Compressor Suction Drum)); 23/24 (Rotura/Fuga na linha de saída do compressor K-520103); 25/26 (Rotura/Fuga na linha de NH3 de saída do fundo do V-520146 (Separador de NH3) para o V-520147 (Letdown Drum); 27/28 (Rotura/Fuga na linha saída 3ºestágio do compressor K-520105); 29/30 (Rotura/Fuga na linha de NH3 de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH3); 31/32 (Rotura/Fuga na linha de NH3 de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)); 33/34 (Rotura/Fuga na linha de NH3 de saída do topo do V-520152 (Flash Drum) para o compressor K-520105 (1ºestágio)); 35/36 (Rotura/Fuga na linha de NH3 de saída do topo da coluna de destilação C-520125 para o arrefecedor E-520127); 40/41/42 (Rotura/Fuga 100mm/10mm do separador V-530002) Substâncias perigosas: Amoníaco Localização: Fábrica de NH3	
Tipo de meio de contenção	Rede de drenagem de águas pluviais potencialmente contaminadas distribuída ao longo da fábrica, conforme plantas apresentadas no Anexo 20 (T2022-0793-01-INF-000-241-00, T2022-0793-01-INF-000-242-00- e T2022-0793-01-INF-000-243-00)
Ligações ao sistema de águas residuais ou outros	Ligação da rede de drenagem de águas pluviais potencialmente contaminadas a uma bacia de águas pluviais de primeira lavagem (W-360001), conforme descrito noutro ponto do estudo. Após tratamento que consiste na remoção de óleo através do sistema CPI (<i>Corrugated Plate Intercetor</i>), segue para a ETARI (Estação de Tratamento de Águas Industriais) da AdSA (Águas de Santo André).
Procedimentos de controlo contaminação da rede pública de águas pluviais	Se os derrames atingirem áreas fora da rede de água contaminada será recolhido pelos operadores ou encaminhado pela rede de águas industriais do estabelecimento que encaminha o efluente para a ETARI.
Contaminação dos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, tendo em conta a vulnerabilidade do meio envolvente	Não se considera credível tendo em consideração que: - em caso de derrame este ocorrerá em área pavimentada e impermeabilizada com ligação e encaminhamento de um eventual derrame para a rede de drenagem de águas pluviais potencialmente contaminadas; - a linha de água mais próxima (Ribeira de Moinhos) desenvolve-se a cerca de 1900 metros do limite sudoeste do estabelecimento, conforme mapa do SNIAmb; - Na zona próxima do estabelecimento não existem aquíferos ou níveis freáticos referenciados. Há ainda a referir a existência de piezómetros, instalados no âmbito do EIA, não tendo sido encontrada água até aos 15m, pelo que o arrastamento de poluentes até ao nível freático é muito improvável.
Possibilidade de um derrame atingir a ligação ao coletor municipal ou outro ponto de descarga e ocorrer a consequente contaminação dos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos/recetores ambientalmente sensíveis	Considera-se que a possibilidade de um derrame atingir a ligação ao coletor municipal ou a outro ponto de descarga e ocorrer a consequente contaminação dos recetores ambientalmente sensíveis é reduzida, porquanto: - os equipamentos/linhas encontra-se em área impermeabilizada e circunscrita ou em área próxima abrangida pela rede de drenagem de águas pluviais potencialmente contaminadas do estabelecimento, que encaminha os potenciais efluentes para uma bacia de águas pluviais de primeira lavagem (W-360001), e após tratamento segue para a ETARI;

AVALIAÇÃO SISTEMATIZADA DAS CONSEQUÊNCIAS PARA O AMBIENTE	
IDENTIFICAÇÃO DOS EVENTOS	
Eventos: 18/19/20 (Rotura/Fuga do do Flash Drum V-520152); 21/22 (Rotura/Fuga na linha de H2 do X-32901 (Dehydration Packages) para V-520150 (Syngas Compressor Suction Drum)); 23/24 (Rotura/Fuga na linha de saída do compressor K-520103); 25/26 (Rotura/Fuga na linha de NH3 de saída do fundo do V-520146 (Separador de NH3) para o V-520147 (Letdown Drum); 27/28 (Rotura/Fuga na linha saída 3ºestágio do compressor K-520105); 29/30 (Rotura/Fuga na linha de NH3 de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH3); 31/32 (Rotura/Fuga na linha de NH3 de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)); 33/34 (Rotura/Fuga na linha de NH3 de saída do topo do V-520152 (Flash Drum) para o compressor K-520105 (1ºestágio)); 35/36 (Rotura/Fuga na linha de NH3 de saída do topo da coluna de destilação C-520125 para o arrefecedor E-520127); 40/41/42 (Rotura/Fuga 100mm/10mm do separador V-530002) Substâncias perigosas: Amoníaco Localização: Fábrica de NH3	
	- caso o derrame extravase o limite das caleiras este será recolhido pelos operadores do estabelecimento ou encaminhado pela rede de águas contaminadas do estabelecimento que encaminha o efluente para a ETARI.
Não confinamento de efluentes contaminados provenientes da utilização em grandes quantidades de água/espuma no combate a incêndios	No caso de produção de grandes quantidades de água/espuma resultantes do combate a incêndio, que poderá constituir um efluente potencialmente contaminado, será efetuada a sua retenção pelos operadores, com os meios disponíveis, sendo efetuado o seu encaminhamento para a rede de drenagem de águas industriais seguindo para a ETARI

AVALIAÇÃO SISTEMATIZADA DAS CONSEQUÊNCIAS PARA O AMBIENTE	
IDENTIFICAÇÃO DOS EVENTOS	
Eventos: 37/38/39 (Rotura/Fuga 100mm/10mm no tanque A-530001) Substâncias perigosas: Amoníaco Localização: Fábrica de NH3	
Tipo de meio de contenção	Bacia de retenção impermeabilizada, com ligação à rede de drenagem de águas pluviais potencialmente contaminadas, conforme planta T2022-0793-01-INF-000-242-00.
Ligações ao sistema de águas residuais ou outros	Ligação da rede de drenagem de águas pluviais potencialmente contaminadas a uma bacia de águas pluviais de primeira lavagem (W-360001).
Procedimentos de controlo contaminação da rede pública de águas pluviais	Se o derrame ocorrer fora de uma bacia de retenção e atingir áreas fora da rede de água contaminada e alcançarem as águas pluviais, será recolhido pelos operadores ou encaminhado pela rede de águas contaminadas do estabelecimento que encaminha o efluente para a ETARI.
Contaminação dos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, tendo em conta a vulnerabilidade do meio envolvente	Não se considera credível tendo em consideração que: - o reservatório de parede dupla com capacidade para conter 110% da capacidade; - adicionalmente o tanque encontra-se no interior de uma bacia de retenção impermeabilizada onde o produto ficará retido; - a linha de água mais próxima (Ribeira de Moinhos) desenvolve-se a cerca de 1900 metros do limite sudoeste do estabelecimento, conforme mapa do SNIAMB - Na zona próxima do estabelecimento não existem aquíferos ou níveis freáticos referenciados. Há ainda a referir a existência de piezómetros, instalados no âmbito do EIA, não tendo sido encontrada água até aos 15m, pelo que o arrastamento de poluentes até ao nível freático é muito improvável.

AVALIAÇÃO SISTEMATIZADA DAS CONSEQUÊNCIAS PARA O AMBIENTE	
IDENTIFICAÇÃO DOS EVENTOS Eventos: 37/38/39 (Rotura/Fuga 100mm/10mm no tanque A-530001) Substâncias perigosas: Amoníaco Localização: Fábrica de NH ₃	
Possibilidade de um derrame atingir a ligação ao coletor municipal ou outro ponto de descarga e ocorrer a consequente contaminação dos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos/recetores ambientalmente sensíveis	Considera-se que a possibilidade de um derrame atingir a ligação ao coletor municipal ou a outro ponto de descarga e ocorrer a consequente contaminação dos recetores ambientalmente sensíveis é reduzida, porquanto: - o reservatório de parede dupla que constitui uma bacia, encontrar-se-á ainda instalado em bacia de retenção impermeabilizada; - a bacia tem com ligação à rede de drenagem de águas pluviais potencialmente contaminadas.
Não confinamento de efluentes contaminados provenientes da utilização em grandes quantidades de água/espuma no combate a incêndios	No caso de produção de grandes quantidades de água/espuma resultantes do combate a incêndio, que poderá constituir um efluente potencialmente contaminado, será efetuada a sua retenção pelos operadores, com os meios disponíveis, sendo efetuado o seu encaminhamento para a rede de drenagem de águas pluviais potencialmente contaminadas seguindo para a ETARI

3 DETERMINAÇÃO DAS ZONAS DE PERIGOSIDADE

Os cenários de acidente que tiveram frequência (F) menor que 10^{-06} , não foram considerados para determinação das zonas de perigosidade e também para efeitos da avaliação final das consequências. Assim, estes cenários não serão avaliados.

Para a definição das zonas de perigosidade foi efetuada uma representação gráfica dos alcances de cada um dos fenómenos perigosos obtidos na modelação dos cenários, nomeadamente para os valores correspondentes ao limiar da possibilidade de ocorrência de letalidade (distância 1) e o limiar da possibilidade de ocorrência de efeitos irreversíveis na saúde humana (distância 2), apresentadas no Apêndice 4.

De acordo com os resultados da modelação dos cenários selecionados e os limiares definidos pela APA, identificam-se as zonas de perigosidade, obtidas a partir da estimativa dos maiores alcances dos efeitos dos cenários de acidente estudados, apresentadas nas Representações Gráficas do Apêndice 3. Estas representam o conjunto das representações gráficas de cada uma das distâncias de segurança, de modo a identificar as áreas vulneráveis e elementos sensíveis potencialmente atingidos pelos limiares da possibilidade de ocorrência de letalidade e de ocorrência de efeitos irreversíveis na saúde humana.

Quadro 3.1 - Resultados incluídos no Formulário de Proposta de Zonas de Perigosidade.

N.ºEvento	Evento Crítico	Cenário	Tipo de Fenómeno	Substância perigosa	Distância 1 (m)	Distância 2 (m)
1	Rotura na linha de envio de hidrogénio do módulo de eletrólise para os filtros coalescentes F-32901 A/B	1	Incêndio Jato	Hidrogénio	119	131
1	Rotura na linha de envio de hidrogénio do módulo de eletrólise para os filtros coalescentes F-32901 A/B	2	Inflamabilidade	Hidrogénio	38	-
2	Fuga na linha de envio de hidrogénio do módulo de eletrólise para os filtros coalescentes F-32901 A/B	3	Incêndio Jato	Hidrogénio	22	24
2	Fuga na linha de envio de hidrogénio do módulo de eletrólise para os filtros coalescentes F-32901 A/B	4	Inflamabilidade	Hidrogénio	19	-
2	Fuga na linha de envio de hidrogénio do módulo de eletrólise para os filtros coalescentes F-32901 A/B	5	Sobrepresão	Hidrogénio	42	73
6	Fuga na linha do permutador E-32901-A, que passa pelo aquecedor H-32901 (electric heater) até ao reator R-32901 (DeOxo reactor)	6	Incêndio Jato	Hidrogénio	12	13

N.ºEvento	Evento Crítico	Cenário	Tipo de Fenómeno	Substância perigosa	Distância 1 (m)	Distância 2 (m)
6	Fuga na linha do permutador E-32901-A, que passa pelo aquecedor H-32901 (electric heater) até ao reator R-32901 (DeOxo reactor)	7	Inflamabilidade	Hidrogénio	13	-
8	Fuga na linha do R-32901 (DeOxo reactor) que passa pelo permutador de calor E-32901A/A1/A2 (Heat Exchanger) até ao V-32901A (knockout drum)	8	Incêndio Jato	Hidrogénio	12	13
8	Fuga na linha do R-32901 (DeOxo reactor) que passa pelo permutador de calor E-32901A/A1/A2 (Heat Exchanger) até ao V-32901A (knockout drum)	9	Inflamabilidade	Hidrogénio	13	-
8	Fuga na linha do R-32901 (DeOxo reactor) que passa pelo permutador de calor E-32901A/A1/A2 (Heat Exchanger) até ao V-32901A (knockout drum)	10	Sobrepresão	Hidrogénio	20	35
11	Rotura da linha-header de H2	11	Incêndio Jato	Hidrogénio	11	11
11	Rotura da linha-header de H2	12	Inflamabilidade	Hidrogénio	4	-
12	Fuga da linha-header de H2	13	Incêndio Jato	Hidrogénio	30	32
12	Fuga da linha-header de H2	14	Inflamabilidade	Hidrogénio	22	-

N.ºEvento	Evento Crítico	Cenário	Tipo de Fenómeno	Substância perigosa	Distância 1 (m)	Distância 2 (m)
12	Fuga da linha-header de H2	15	Sobrepresão	Hidrogénio	60	103
15	Rotura do cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	16	BLEVE	Hidrogénio	206	242
15	Rotura do cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	17	Inflamabilidade	Hidrogénio	123	-
15	Rotura do cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	18	Sobrepresão	Hidrogénio	285	642
16	Fuga de 100mm no cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	19	Incêndio Jato	Hidrogénio	163	179
16	Fuga de 100mm no cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	20	Inflamabilidade	Hidrogénio	49	-
16	Fuga de 100mm no cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	21	Sobrepresão	Hidrogénio	271	475
17	Fuga de 10mm no cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	22	Incêndio Jato	Hidrogénio	20	22
17	Fuga de 10mm no cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	23	Inflamabilidade	Hidrogénio	17	-

N.ºEvento	Evento Crítico	Cenário	Tipo de Fenómeno	Substância perigosa	Distância 1 (m)	Distância 2 (m)
17	Fuga de 10mm no cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	24	Sobrepessão	Hidrogénio	40	70
18	Rotura do Flash Drum V-520152	25	Toxicidade	Amoníaco	133	678
18	Rotura do Flash Drum V-520152	26	Incêndio Charco	Amoníaco	45	49
18	Rotura do Flash Drum V-520152	27	Inflamabilidade	Amoníaco	112	-
21	Rotura na linha de H2 do X-32901 (Dehydration Packages) para V-520150 (Syngas Compressor Suction Drum)	28	Toxicidade	Amoníaco	13	33
21	Rotura na linha de H2 do X-32901 (Dehydration Packages) para V-520150 (Syngas Compressor Suction Drum)	29	Inflamabilidade	Amoníaco	12	-
21	Rotura na linha de H2 do X-32901 (Dehydration Packages) para V-520150 (Syngas Compressor Suction Drum)	30	Sobrepessão	Amoníaco	21	38
22	Fuga na linha de H2 do X-32901 (Dehydration Packages) para V-520150 (Syngas Compressor Suction Drum)	31	Toxicidade	Amoníaco	14	32

N.ºEvento	Evento Crítico	Cenário	Tipo de Fenómeno	Substância perigosa	Distância 1 (m)	Distância 2 (m)
22	Fuga na linha de H2 do X-32901 (Dehydration Packages) para V-520150 (Syngas Compressor Suction Drum)	32	Incêndio Jato	Amoníaco	9	10
22	Fuga na linha de H2 do X-32901 (Dehydration Packages) para V-520150 (Syngas Compressor Suction Drum)	33	Inflamabilidade	Amoníaco	5	-
23	Rotura na linha de saída do compressor K-520103	34	Toxicidade	Amoníaco	151	478
23	Rotura na linha de saída do compressor K-520103	35	Incêndio Charco	Amoníaco	40	43
23	Rotura na linha de saída do compressor K-520103	36	Inflamabilidade	Amoníaco	110	-
24	Fuga na linha de saída do compressor K-520103	37	Toxicidade	Amoníaco	163	409
24	Fuga na linha de saída do compressor K-520103	38	Incêndio Jato	Amoníaco	175	186
24	Fuga na linha de saída do compressor K-520103	39	Inflamabilidade	Amoníaco	195	-
24	Fuga na linha de saída do compressor K-520103	40	Sobrepresão	Amoníaco	261	378
26	Fuga na linha de NH3 de saída do fundo do V-520146 (Separador de NH3) para o V-520147 (Letdown Drum)	41	Toxicidade	Amoníaco	62	167

N.ºEvento	Evento Crítico	Cenário	Tipo de Fenômeno	Substância perigosa	Distância 1 (m)	Distância 2 (m)
26	Fuga na linha de NH3 de saída do fundo do V-520146 (Separador de NH3) para o V-520147 (Letdown Drum)	42	Incêndio Charco	Amoníaco	33	35
26	Fuga na linha de NH3 de saída do fundo do V-520146 (Separador de NH3) para o V-520147 (Letdown Drum)	43	Inflamabilidade	Amoníaco	58	-
29	Rotura na linha de NH3 de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH3	44	Toxicidade	Amoníaco	23	106
29	Rotura na linha de NH3 de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH3	45	Incêndio Jato	Amoníaco	36	37
29	Rotura na linha de NH3 de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH3	46	Incêndio Charco	Amoníaco	24	27
29	Rotura na linha de NH3 de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH3	47	Inflamabilidade	Amoníaco	21	-
29	Rotura na linha de NH3 de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH3	48	Sobrepessão	Amoníaco	36	59

N.ºEvento	Evento Crítico	Cenário	Tipo de Fenômeno	Substância perigosa	Distância 1 (m)	Distância 2 (m)
30	Fuga na linha de NH3 de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH3	49	Toxicidade	Amoníaco	34	93
30	Fuga na linha de NH3 de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH3	50	Incêndio Jato	Amoníaco	39	41
30	Fuga na linha de NH3 de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH3	51	Incêndio Charco	Amoníaco	23	25
30	Fuga na linha de NH3 de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH3	52	Inflamabilidade	Amoníaco	24	-
30	Fuga na linha de NH3 de saída do fundo do V-520152 (Flash Drum) para a armazenagem de NH3	53	Sobrepresão	Amoníaco	26	35
31	Rotura na linha de NH3 de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)	54	Toxicidade	Amoníaco	79	235
31	Rotura na linha de NH3 de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)	55	Incêndio Charco	Amoníaco	35	38

N.ºEvento	Evento Crítico	Cenário	Tipo de Fenômeno	Substância perigosa	Distância 1 (m)	Distância 2 (m)
31	Rotura na linha de NH3 de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)	56	Inflamabilidade	Amoníaco	57	-
31	Rotura na linha de NH3 de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)	57	Sobrepessão	Amoníaco	72	104
32	Fuga na linha de NH3 de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)	58	Toxicidade	Amoníaco	60	148
32	Fuga na linha de NH3 de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)	59	Incêndio Jato	Amoníaco	53	57
32	Fuga na linha de NH3 de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)	60	Incêndio Charco	Amoníaco	28	29
32	Fuga na linha de NH3 de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)	61	Inflamabilidade	Amoníaco	38	-

N.ºEvento	Evento Crítico	Cenário	Tipo de Fenómeno	Substância perigosa	Distância 1 (m)	Distância 2 (m)
32	Fuga na linha de NH3 de saída do V-520149 (Refrigerant Receiver) para o E-520120CF1 (1º estágio do Refrigerant Flash Drum)	62	Sobrepessão	Amoníaco	45	66
33	Rotura na linha de NH3 de saída do topo do V-520152 (Flash Drum) para o compressor K-520105 (1ºestágio)	63	Toxicidade	Amoníaco	10	54
34	Fuga na linha de NH3 de saída do topo do V-520152 (Flash Drum) para o compressor K-520105 (1ºestágio)	64	Toxicidade	Amoníaco	8	20
34	Fuga na linha de NH3 de saída do topo do V-520152 (Flash Drum) para o compressor K-520105 (1ºestágio)	65	Incêndio Charco	Amoníaco	10	11
34	Fuga na linha de NH3 de saída do topo do V-520152 (Flash Drum) para o compressor K-520105 (1ºestágio)	66	Inflamabilidade	Amoníaco	7	-
35	Rotura na linha de NH3 de saída do topo da coluna de destilação C-520125 para o arrefecedor E-520127	67	Toxicidade	Amoníaco	6	11

N.ºEvento	Evento Crítico	Cenário	Tipo de Fenômeno	Substância perigosa	Distância 1 (m)	Distância 2 (m)
35	Rotura na linha de NH3 de saída do topo da coluna de destilação C-520125 para o arrefecedor E-520127	68	Inflamabilidade	Amoníaco	3	-
36	Fuga na linha de NH3 de saída do topo da coluna de destilação C-520125 para o arrefecedor E-520127	69	Toxicidade	Amoníaco	5	18
36	Fuga na linha de NH3 de saída do topo da coluna de destilação C-520125 para o arrefecedor E-520127	70	Incêndio Jato	Amoníaco	1	4
39	Fuga de 10mm no tanque A-530001	71	Toxicidade	Amoníaco	94	349
39	Fuga de 10mm no tanque A-530001	72	Incêndio Charco	Amoníaco	22	24
39	Fuga de 10mm no tanque A-530001	73	Inflamabilidade	Amoníaco	6	-
40	Rotura do separador V-530002	74	Toxicidade	Amoníaco	38	179
40	Rotura do separador V-530002	75	Incêndio Charco	Amoníaco	45	49
40	Rotura do separador V-530002	76	Inflamabilidade	Amoníaco	124	-
41	Fuga de 100mm no separador V-530002	77	Toxicidade	Amoníaco	148	357
41	Fuga de 100mm no separador V-530002	78	Incêndio Charco	Amoníaco	45	49
41	Fuga de 100mm no separador V-530002	79	Inflamabilidade	Amoníaco	92	-

N.ºEvento	Evento Crítico	Cenário	Tipo de Fenómeno	Substância perigosa	Distância 1 (m)	Distância 2 (m)
41	Fuga de 100mm no separador V-530002	80	Sobrepessão	Amoníaco	117	156
42	Fuga de 10mm no separador V-530002	81	Toxicidade	Amoníaco	27	53
42	Fuga de 10mm no separador V-530002	82	Incêndio Jato	Amoníaco	31	33
42	Fuga de 10mm no separador V-530002	83	Incêndio Charco	Amoníaco	18	19
42	Fuga de 10mm no separador V-530002	84	Inflamabilidade	Amoníaco	18	-
42	Fuga de 10mm no separador V-530002	85	Sobrepessão	Amoníaco	18	30

Dos 42 eventos críticos identificados e avaliados, resultaram 85 cenários de acidentes (*jet fire, pool fire, flashfire, explosão, toxicidade*) relevantes (com frequência igual ou superior a 10^{-06}), que terão consequências físicas e para a saúde humana.

Analizando o quadro anterior e a planta com a definição das Zonas de Perigosidade, apresentada no apêndice 4, verifica-se que, o alcance máximo das Zonas de Perigosidade, distância 1 (limiar de possibilidade de ocorrência de letalidade) e distância 2 (limiar de possibilidade de efeitos irreversíveis), é de 285 metros e 678 metros, respetivamente. Estas distâncias referem-se aos eventos n.º15 Rotura do cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH), devido ao efeito de sobrepressão e n.º18 (Rotura do Flash Drum V-520152), devido ao efeito de toxicidade. Contudo, existem ainda outros cenários que definem, efetivamente, as zonas de perigosidade, assinalados no quadro seguinte, em conjunto com os eventos n.º15 e n.º18:

Quadro 3.2 - Cenários de acidentes que definem as zonas de perigosidade.

Nº Evento	Evento Crítico	Tipo de fenómeno	Substância perigosa	Distância 1 (m)	Distância 2 (m)
1	Rotura na linha de envio de hidrogénio do módulo de eletrólise para os filtros coalescentes F-32901 A/B	Incêndio Jato	Hidrogénio	119	---
15	Rotura do cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH	Sobrepessão	Hidrogénio	285	642

Nº Evento	Evento Crítico	Tipo de fenómeno	Substância perigosa	Distância 1 (m)	Distância 2 (m)
18	Rotura do Flash Drum V-520152	Toxicidade	Amoníaco	---	678
24	Fuga na linha de saída do compressor K-520103	Sobrepresão	Amoníaco	261	---
39	Fuga de 10mm no tanque A-530001	Toxicidade	Amoníaco	94	---
41	Fuga de 100mm no separador V-530002	Toxicidade	Amoníaco	148	---

4 CARACTERIZAÇÃO DA VULNERABILIDADE DA ZONA ENVOLVENTE

4.1 ELEMENTOS CONSTRUÍDOS

4.1.1 LOCALIZAÇÃO E ENVOLVENTE

As novas instalações da Fábrica de produção de amoníaco verde e hidrogénio verde localizar-se-ão na Freguesia de Sines, no Concelho de mesmo nome, nas instalações da Zona Industrial e Logística de Sines (ZILS). O acesso ao estabelecimento será efetuado pelas estradas de ligação entre a Autoestrada A 26 e a ZILS em estradas com 2 sentidos.

As coordenadas geográficas da fábrica de produção de amoníaco e hidrogénio verdes serão as seguintes:

- **Unidades Fabris:** 37.985685 N -8.808609 W

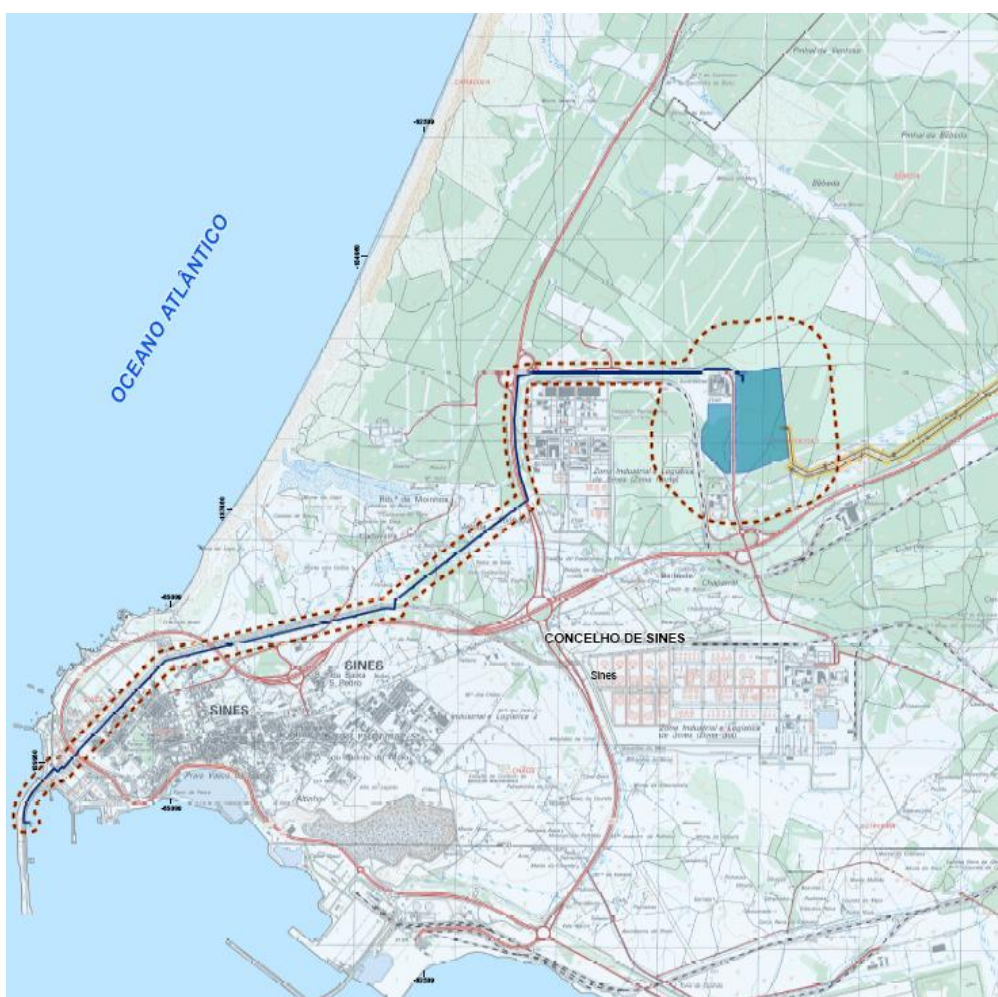


Figura 4.1 - Implantação das Fábricas de produção de hidrogénio e amoníaco verde da MADOQUA POWER 2X.

4.1.1.1 CARACTERIZAÇÃO DOS ELEMENTOS DE USO SENSÍVEL CONSTRUÍDOS NA ENVOLVENTE

As Fábricas de produção de amoníaco e hidrogénio verde localizar-se-á numa área classificada como “Zona Industrial e Logística de Sines”, de acordo com o Plano Diretor Municipal (PDM), nomeadamente a “Planta de Ordenamento - Planta de Síntese”. Dado estar numa zona industrial, outras indústrias irão estar localizadas bastante próximas.

Em termos de instalações indústrias na envolvente próxima do estabelecimento, indicam-se:

- Euroresinas- Produção de Formaldeído e de Resinas sintéticas, à base de Formaldeído (Seveso NS), a norte e a oeste, a cerca de 60 m;
- Repsol Polímeros - Complexo Petroquímico (Seveso NS), a oeste, a cerca de 53 m;
- Indorama Ventures Portugal - produção de ácido teraftálico (Seveso NS), a sudoeste, a cerca de 401 m;
- Air Liquide Sines - Produção de gases industriais (Seveso NI), a sudoeste, a cerca de 372 m;
- Repsol Portuguesa - Armazenagem de gasóleos (Seveso NS), a sudoeste, a cerca de 924 m;
- Recipneu – Empresa Nacional de Reciclagem de pneus, a oeste, a cerca de 1598 m;
- Refinaria de Sines - Petrogal – Produção e armazenagem de combustíveis líquidos e gasosos (Seveso NS), a sul, a cerca de 1677 m;
- Enerfuel - Produção e armazenagem de Biodiesel, a noroeste, a cerca de 1450 m.

No que respeita a elementos de uso sensível construídos na envolvente do estabelecimento destacam-se os seguintes, localizados a sudoeste:

- Zona Populacional de Sines, a cerca de 3717 m;
- Zona comercial, a cerca de 4130 m:
 - Supermercado Continente Modelo de Sines;
 - Supermercado Intermaché de Sines;
 - Supermercado Pingo Doce de Sines;

- Recheio Cash & Carry;
- Bricromarché de Sines;
- Roady de Sines;
- Restaurante McDonald's de Sines.
- Centro de Saúde de Sines, a cerca de 5200 m;
- Pavilhão Multiusos de Sines, a cerca de 4800 m;
- Estádio Municipal a cerca de 6670 m;
- Escola Secundária/3.ºCEB Poeta Al Berto, a cerca de 4690 m
- Centro Infantil de Sines "A Conchinha", a cerca de 5300 m;
- Creche e Jardim de Infância O Pintainho, a cerca de 5360 m
- Escola Preparatória EB 2, 3 Vasco da Gama, a cerca de 5500 m;
- Lares da Santa Casa da Misericórdia de Sines — Estrutura Residencial para Pessoas Idosas (3 edifícios: Prats Sénior, Prats e Anexo I), a cerca de 5900 m;
- AICEP / GLOBAL PARQUES, a oeste, a cerca de 1648 m.

4.1.1.2 CARACTERIZAÇÃO DOS ELEMENTOS DE USO DEDICADO AO SOCORRO

Os elementos de uso dedicado ao socorro da população em caso de acidente grave, na área de implantação dos estabelecimentos das fábricas de produção de Amoníaco e Hidrogénio Verde são os seguintes:

Quadro 4.1 - Elementos de uso dedicado ao socorro da população em caso de acidente grave.

Entidade	Distância aproximada ao estabelecimento (km)	Tempo aproximado de chegada ao estabelecimento (min)
Corpo Bombeiros Voluntários Sines	6.7	6
GNR - Posto Territorial de Sines	8.2	10
Hospital Particular do Alentejo-Sines	7.4	8
Unidade Local de Saúde do Litoral Alentejano, EPE	14.2	11

4.2 RECETORES AMBIENTALMENTE SENSÍVEIS

De acordo com as variantes do PDM de Sines a área de implantação das Fábricas de amoníaco e hidrogénio verde não se sobrepõe a nenhuma área classificada como Reserva Ecológica Nacional e áreas integradas no Sistema Nacional de Áreas Classificadas.

A área classificada mais próxima da área de implantação do estabelecimento em projeto é o Sítio Comporta/Galé (PTCON0034), a 2110 m a oeste/noroeste e a Lagoa da Sancha (PTZPE0014), situado a cerca de 3200 m a noroeste.

Apesar da proximidade da área de intervenção a esta área classificada é de salientar que entre elas ocorrem diversas perturbações, nomeadamente devido à existência na envolvente de unidades industriais e da rede viária. Por estes motivos, considera-se que as Fábricas de produção de hidrogénio verde e amoníaco verde da MADQUA POWER 2X, estão fora da área de influência da área classificada.

Como se pode verificar na figura seguinte o local de implantação do estabelecimento não se encontra abrangido pela Rede Natura 2000, que engloba as Zonas de Proteção Especial (ZPE, SPA - *Special Protection Areas*) e os Sítios de Interesse Comunitário (SIC).



Figura 4.2 - Localização dos Sítios de Interesse Comunitário, Zonas de Proteção Especial – Rede Natura 2000.

Em relação aos recursos hídricos, a área de implantação do projeto da MADOQUA POWER 2X está inserida na Bacia Hidrográfica do Sado e Mira (RH6). A principal linha de água na região é a Ribeira dos Moinhos, que se localiza a aproximadamente 1900 metros ao sudoeste da área de implantação do projeto, seguindo uma direção aproximada de leste a oeste e desaguando diretamente no Oceano Atlântico. Este curso de água é de caráter temporário, e o transporte de água nesta área deve ter pouca relevância em termos de caudais. Na figura seguinte apresenta-se a localização da Ribeira de Moinhos, na área envolvente do estabelecimento.

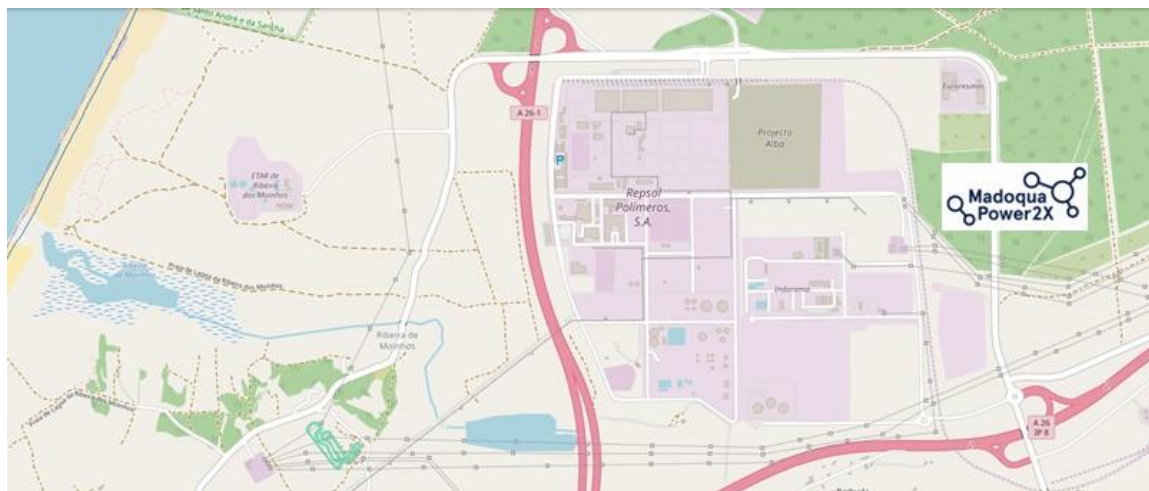


Figura 4.3 - Localização da Ribeira de Moinhos (Fonte: SNIAmb (Sistema Nacional de Informação de Ambiente)).

4.3 USOS, CLASSIFICAÇÕES E QUALIFICAÇÕES DO SOLO

Todos os solos que serão utilizados para a instalação industrial estarão, como mencionados anteriormente, numa Zona Industrial e Logística, classificada também como Faixa de Proteção Zona Costeira (5 km), sendo que não haverá qualquer tipo de proibição na construção das instalações.

Segundo a Planta de Ordenamento I – Planta Síntese do PDM de Sines, a área de implantação do estabelecimento em projeto está inserida na classe "*Áreas urbanas e urbanizáveis*".

4.4 CARTA DA ENVOLVENTE

No Apêndice 1 encontram-se as seguintes plantas do PDM do concelho de Leiria, com a identificação dos elementos anteriormente indicados:

- Planta de Ordenamento I - Planta de Síntese, escala 1: 25 000;
- Planta de Ordenamento II – Áreas de intervenção de Planos Especiais no concelho de Sines e faixas de proteção da zona costeira, escala 1: 25 000.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo diz respeito ao projeto das Fábricas de produção de hidrogénio e amoníaco verde da MADOQUA POWER 2X, relativo à utilização de energia renovável para produzir hidrogénio verde e amoníaco verde como combustíveis renováveis de origem não biológica.

No presente estudo foram identificados e analisados 42 eventos críticos, que podem afetar as pessoas, instalações e o meio ambiente. Na modelação dos cenários foram tidas em conta algumas das medidas de mitigação previstas para o estabelecimento, como seja, o fecho das válvulas de bloqueio automaticamente decorrente da deteção da fuga, atuação de sistemas de dilúvio por atuação automática, existência de bacia de retenção.

As Zonas de Perigosidade (ZP) vão corresponder aos alcances dos cenários com efeitos na saúde humana e os riscos físicos.

De acordo com a avaliação de consequências dos eventos significativos deste estudo ACL, o alcance máximo das Zonas de Perigosidade, distância 1 (limiar de possibilidade de ocorrência de letalidade) e 2 (limiar de possibilidade de efeitos irreversíveis), é de 285 metros e 678 metros, respetivamente. Estas distâncias referem-se aos eventos n.º15 (Rotura do cilindro de armazenagem de alta pressão de hidrogénio V-58001 A~AH), devido ao efeito de sobrepressão e n.º18 (Rotura do Flash Drum V-520152), devido ao efeito de toxicidade. Existem ainda outros cenários que definem as zonas de perigosidade, sendo os seguintes:

- Distância 1:
 - Incêndio de jato de 119 m (evento n.º1)
 - Sobrepressão de 285 m (evento n.º15)
 - Sobrepressão de 261 m (evento n.º24)
 - Toxicidade de 94 m (evento n.º39)
 - Toxicidade de 148 m (evento n.º41)
- Distância 2:
 - Sobrepressão de 642 m (evento n.º15)
 - Toxicidade de 678 m (evento n.º18)

De acordo com a planta com a definição das Zonas de Perigosidade, apresentada no Apêndice 4, os alcances poderão ultrapassar os limites do estabelecimento. Na zona abrangida pelas distâncias de limiar da possibilidade de ocorrência de letalidade ou de efeitos irreversíveis sobre a saúde humana, não existem elementos de uso sensível na envolvente do estabelecimento, sendo apenas afetadas áreas industriais, pelo limiar de efeitos irreversíveis.

Em termos de efeitos sobre o ambiente, considera-se que a possível ocorrência de um derrame que envolva substâncias perigosas para o ambiente aquático, não terá

impactes ambientais significativos, uma vez que existe Rede de drenagem de águas pluviais e a rede de drenagem de efluentes industriais distribuídas ao longo da fábrica que encaminha os possíveis derrames que possam ocorrer para a ETAR e o meio hídrico mais próximo encontra-se a cerca de 1900 m (Ribeira de Moinhos).

Assim, face ao exposto, considera-se que pelas medidas preventivas e de mitigação contempladas no projeto, o estabelecimento da MADOQUA POWER 2X, será compatível com os elementos construídos de uso sensível e com os usos do solo definidos no PDM em vigor, para a envolvente.