ambipar response

ambipar GROUP

Estudo de Análise de Risco (EAR)

IMETAME LOGÍSTICA PORTO

Revisão 02

Novembro/2025

RT-FI-0010-2025-001

IMETAME
LOGÍSTICA PORTO



SUMÁRIO

1 SUMÁRIO EXECUTIVO 8

1.1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS 8
1.2 CONTEÚDO DO ESTUDO 9
1.3 RESUMO DA METODOLOGIA APLICADA 10
1.4 RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS 11

2 DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO E DA REGIÃO 13

2.1 LOCALIZAÇÃO 13
2.2 DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO 15
2.3 CLASSIFICAÇÃO E CARACTERISTICAS DAS SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS 68
2.4 DESCRIÇÃO POPULACIONAL DO ENTORNO 71
2.5 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS E METEOROLÓGICAS 74

3 ANÁLISE HISTÓRICA DE ACIDENTES 80

3.1 BANCO DE DADOS EMPREGADOS 80
3.2 HISTÓRICO DE ACIDENTES PORTOS E TERMINAIS 80

4 IDENTIFICAÇÃO DOS CENÁRIOS DE RISCOS 88

4.1 INTRODUÇÃO 88
4.2 TÉCNICA EMPREGADA NA IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS 88
4.3 METODOLOGIA DA ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS (APR) 88
4.4 RESULTADOS DA APR 93
4.5 SELEÇÃO DAS HIPÓTESES ACIDENTAIS PARA SIMULAÇÕES 94

5 ANÁLISE DE CONSEQUÊNCIAS E VULNERABILIDADE 98

5.1 INTRODUÇÃO 98
5.2 METODOLOGIA 99
5.3 DESCRIÇÃO DO SOFTWARE UTILIZADO 104
5.4 HIPÓTESES ACIDENTAIS E INPUTS 105
5.5 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES 123

6 ANÁLISE DE FREQUÊNCIAS 128

6.1 INTRODUÇÃO 128
6.2 METODOLOGIA 128
6.3 RESULTADOS 134

7 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE RISCOS 137

7.1 INTRODUÇÃO 137
7.2 MEDIDAS DE RISCO 138
7.3 RISCO SOCIAL - RESULTADOS 140
7.4 RISCO INDIVIDUAL - RESULTADOS 142

8 RECOMENDAÇÕES 144

8.1 GERAL 144
8.2 RECOMENDAÇÕES ESPECÍFICA DA APR 144

9 CONCLUSÕES 149

10 REFERÊNCIAS 151

11 GLOSSÁRIO 153

12 EQUIPE TÉCNICA 159

13 DESCRIÇÃO DOS ANEXOS 160

LISTA DE FIGURA

FIGURA 2-1: BERÇOS DO TERMINAL DE GRANÉIS LÍQUIDOS. 18

FIGURA 2-2: OPERAÇÕES SHIP TO BARGE 21

FIGURA 2-3: CORTE TRANSVERSAL DA COTA ENTRE A PASSAGEM DE VEÍCULOS DA RODOVIA ES-010 E O VIADUTO A SER CONSTRUÍDO 24

FIGURA 2-4: PROJEÇÃO DE VOLUME DO TGL. 26

FIGURA 2-5: TRÁFEGO TERRESTRE- TGL. 27

FIGURA 2-6: TRÁFEGO MARÍTIMO- TGL. 28

FIGURA 2-7: ÁREAS OPERACIONAIS MARÍTIMAS. 30

FIGURA 2-8: ÁREAS DE EMBARQUE, DESEMBARQUE DE PESSOAS – TRANSFERÊNCIA DE PESSOAS. 31

FIGURA 2-9: LAYOUT GERAL – TECON 38

FIGURA 2-10: PROJEÇÃO DE VOLUME DO TECON 51

FIGURA 2-11: TRÁFEGO TERRESTRE - TECON 52

FIGURA 2-12: TRÁFEGO MARÍTIMO - TECON 53

FIGURA 2-13: TOTAL DE COLABORADORES POR FAIXA DE MOVIMENTAÇÃO/ANO 54

FIGURA 2-14: PÁTIO DO TMULT IMETAME 55

FIGURA 2-15: CAIS ACOSTÁVEL DO TMULT 58

FIGURA 2-16: ÁREA DE APOIO OPERACIONAL TMULT 59

FIGURA 2-17: TRÁFEGO TERRESTRE TMULT 65

FIGURA 2-18: TRÁFEGO MARÍTIMO TMULT 66

FIGURA 2-19: TRÁFEGO TERRESTRE GRANÉIS SÓLIDOS 67

FIGURA 2-20: ÁREA DE INTERFACE DO PORTO IMETAME E RODOVIA ESTADUAL ES-010. 73

FIGURA 2-21: DISTRIBUIÇÃO DAS VELOCIDADES DOS VENTOS POR CLASSES DE FREQUÊNCIAS (DIURNO) 75

FIGURA 2-22: ROSA DOS VENTOS (DIURNO) 76

FIGURA 2-23: DISTRIBUIÇÃO DAS VELOCIDADES DOS VENTOS POR CLASSES DE FREQUÊNCIAS (NOTURNO)..... 77

FIGURA 2-24: ROSA DOS VENTOS (NOTURNO)..... 78

FIGURA 3-1: PRINCIPAIS CAUSAS DOS ACIDENTES GRAVES ENVOLVENDO ATIVIDADES PORTUÁRIAS E TERMINAIS. 81

FIGURA 4-1: MODELO DE UMA APR..... 89

FIGURA 4-2:RESULTADOS ESTATÍSTICOS DOS RISCOS, DE ACORDO COM O MAPEAMENTO DA APR..... 94

FIGURA 6-1: ÁRVORE DE EVENTOS (AE) POR TIPOLOGIA DE VAZAMENTO. FONTE: AUTOR, 2024..... 130

FIGURA 7-1: RESULTADO DO RISCO SOCIAL – RODOVIA ESTADUAL ES-010. 140

FIGURA 7-2: RESULTADO DO RISCO SOCIAL – ESTALEIRO JURONG. 141

FIGURA 7-3: RESULTADOS DO RISCO INDIVIDUAL 143

LISTA DE TABELAS

TABELA 2-1: LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO 13

TABELA 2-2: COORDENADAS GEOGRÁFICA DOS FUNDEADOUROS DO IMETAME LOGÍSTICA PORTO 22

TABELA 2-3: BOMBAS DE TRANSFERÊNCIA DE CARGA. 23

TABELA 2-4: SISTEMA DE DUTOS. 23

TABELA 2-5: NAVIOS TIPO DO TERMINAL DE CONTÊINER 41

TABELA 2-6: INFRAESTRUTURA DIMENSIONADA PARA RECEBIMENTO DE NAVIOS 58

TABELA 2-7: MAIORES NAVIOS QUE PODEM SER ATENDIDOS PELO MHC 60

TABELA 2-8: MIX DE EMBARCAÇÕES DO TMULT 66

TABELA 2-9: SUBSTÂNCIAS INFLAMÁVEIS E/OU TÓXICAS 70

TABELA 2-10: ESTIMATIVA DE PÚBLICO VULNERÁVEL – RODOVIA ES-010. 72

TABELA 2-11: CARACTERIZAÇÃO POPULACIONAL DO ENTORNO – ÁREAS VULNERÁVEIS. 72

TABELA 2-12: PARÂMETROS METEOROLÓGICOS MÉDIOS 74

TABELA 2-13: FREQUÊNCIA DOS VENTOS POR CLASSE DE VELOCIDADE (DIURNO) 75

TABELA 2-14: FREQUÊNCIA DOS VENTOS POR CLASSE DE VELOCIDADE (NOTURNO) 77

TABELA 2-15: CATEGORIA PASQUILL DE ESTABILIDADE. 79

TABELA 2-16: PARÂMETROS METEOROLÓGICOS MÉDIOS. 79

TABELA 3-1: LISTA DOS PRINCIPAIS ACIDENTES GRAVES NO SEGUIMENTO PORTUÁRIO E TERMINAIS, ENVOLVENDO O TEMA DE RISCOS TECNOLÓGICOS 82

TABELA 4-1: DESCRIÇÃO DE FREQUÊNCIA 90

TABELA 4-2: DESCRIÇÃO DE SEVERIDADE 91

TABELA 4-3: MATRIZ DE RISCO 93

TABELA 4-4: RESUMO DOS RESULTADOS DE RISCO 93

TABELA 4-5: SELEÇÃO DAS HIPÓTESES ACIDENTAIS PARA SIMULAÇÕES. 97

TABELA 5-1: SUBSTÂNCIAS REPRESENTATIVAS PARA SIMULAÇÃO 101

TABELA 5-2: EFEITOS FÍSICOS CONSIDERADOS EM ANÁLISES DE RISCOS. 102

TABELA 5-3: PROBABILIDADE DE FATALIDADE EM FUNÇÃO DO PROBIT. 103

TABELA 5-4: DADOS DE ENTRADA (INPUT) – H01 106

TABELA 5-5: DADOS DE ENTRADA (INPUT) – H02 107

TABELA 5-6: DADOS DE ENTRADA (INPUT) – H03 108

TABELA 5-7: DADOS DE ENTRADA (INPUT) – H04 109

TABELA 5-8: DADOS DE ENTRADA (INPUT) – H05 110

TABELA 5-9: DADOS DE ENTRADA (INPUT) – H06 111

TABELA 5-10: DADOS DE ENTRADA (INPUT) – H07 112

TABELA 5-11: DADOS DE ENTRADA (INPUT) – H08 113

TABELA 5-12: DADOS DE ENTRADA (INPUT) – H09.1 114

TABELA 5-13: DADOS DE ENTRADA (INPUT) – H09.2 115

TABELA 5-14: DADOS DE ENTRADA (INPUT) – H09.3 116

TABELA 5-15: DADOS DE ENTRADA (INPUT) – H10.1 117

TABELA 5-16: DADOS DE ENTRADA (INPUT) – H10.2 118

TABELA 5-17: DADOS DE ENTRADA (INPUT) – H10.3 119

TABELA 5-18: DADOS DE ENTRADA (INPUT) – H11 120

TABELA 5-19: DADOS DE ENTRADA (INPUT) – H12 121

TABELA 5-20: DADOS DE ENTRADA (INPUT) – H13 122

TABELA 5-21: DISTÂNCIA DE ALCANCE DOS EFEITOS FÍSICOS SIMULADOS. 124

TABELA 6-1: PROBABILIDADES DE IGNIÇÃO IMEDIATA. 132

TABELA 6-2: PROBABILIDADES DE IGNIÇÃO RETARDADA. 134

TABELA 6-3: FREQUÊNCIAS DE OCORRÊNCIA DOS EVENTOS INICIADORES DA HIPÓTESES ACIDENTAIS. 135

TABELA 8-1: RECOMENDAÇÕES 148

1 SUMÁRIO EXECUTIVO

1.1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O Estudo de Análise de Risco (EAR) é empregado para avaliar os possíveis riscos quando os métodos qualitativos não conseguem proporcionar uma compreensão adequada desses riscos. O método visa identificar os cenários que possam representar algum perigo potencial para uma instalação e suas possíveis consequências, em termos de danos às pessoas e ao meio ambiente, incluindo-se as populações vizinhas.

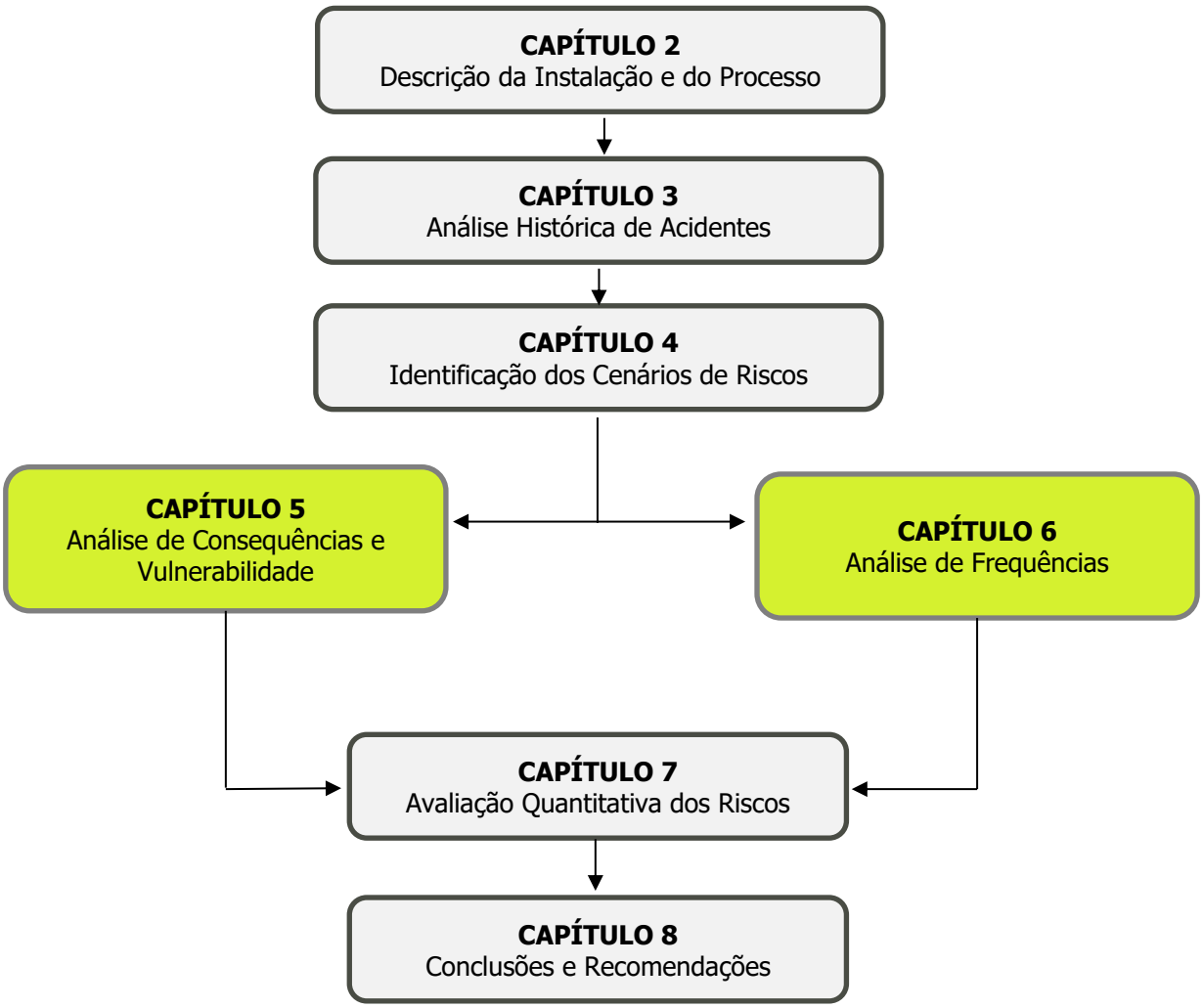
Desta forma, o presente estudo tem por finalidade apresentar o EAR da expansão do empreendimento Imetame Logística Porto, localizado na Rod. ES-010 – S/N – KM 58 - Barra do Riacho, Aracruz – Espírito Santo.

O estudo visa estimar efeitos físicos adversos (radiação térmica, sobrepressão e toxicidade) e definir às áreas de vulnerabilidade para as hipóteses acidentais mais críticas, passiveis de modelagem matemática bem como, a quantificação dos riscos através de indicadores de Risco Individual (RI) e Risco Social (RS).

Este EAR está em conformidade com Norma Técnica CETESB P4.261/2011 – Parte II e Parte III.

1.2 CONTEÚDO DO ESTUDO

Este relatório está organizado em um único volume, que contém:



1.3 RESUMO DA METODOLOGIA APLICADA

Este estudo foi desenvolvido com base em metodologias reconhecidas e adotadas nacionalmente e internacionalmente, mediante a aplicação de modelos matemáticos de efeitos físicos validados e técnicas de probabilidade largamente utilizadas.

A metodologia aplicada para este estudo é baseada fundamentalmente na Norma Técnica P4.261 da CETESB (2011), assim como nos livros e manuais de orientações para elaboração de estudos de análise de risco da *The Netherlands Organization – TNO* (*Purple Book; Yellow Book e RIVM-BEVI*).

Para a identificação dos Riscos, foi empregado a técnica de Análise Preliminar de Risco – (APR) conforme **ANEXO III**.

De acordo com os resultados desses estudos, foram selecionados os riscos com potenciais cenários de efeitos físicos de explosões, incêndios e toxicidade, para a elaboração das simulações computacionais a fim de se determinar as áreas vulneráveis e calcular quantitativamente os riscos.

Para a elaboração deste EAR, foram utilizados softwares capazes de simular as consequências dos efeitos físicos identificados (*Process Hazard Analysis Software Tool* – PHAST®) e dos riscos individual e social (SAFETI®). Esses softwares utilizam metodologias reconhecidas e são largamente utilizadas para a elaboração de AQR em instalações industriais.

Os níveis de interesse dos alcances dos efeitos físicos danosos, foram determinados de acordo com o preconizado pela Norma Técnica P4.261 da CETESB.

As frequências dos eventos iniciadores foram baseadas nas probabilidades de vazamento de cada cenário, onde para tal, foram empregadas frequências disponíveis em banco de dados reconhecidos internacionalmente.

Após a elaboração das simulações computacionais das consequências e dos riscos, os valores foram comparados com os critérios de tolerabilidade estabelecido pela Norma Técnica P4.261 da CETESB.

1.4 RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS

O Estudo de Análise de Risco (EAR) um método concebido para prover aos gestores uma ferramenta destinada a ajudá-los a avaliar o risco global de um processo.

As hipóteses acidentais foram identificadas através da técnica de Análise Preliminar de Risco – APR.

Baseado nos cenários acidentais da técnica de APR foram elaboradas 13 (treze) hipóteses acidentais seguidas de simulações computacionais, nos quais envolvem cenários de perda de contenção de rupturas catastróficas de equipamentos, rupturas de linhas e líquidos para o meio ambiente.

De acordo com a Avaliação dos Riscos, o Risco Individual (RI) e Risco Social (RS) do Empreendimento **Imetame Logística Porto**, localizada no município de Aracruz – ES, se enquadra em parte dentro da região de **TOLERÁVEL**.

Não se observa ocupações sensíveis (residências, escolas, hospitais, etc) nos alcances dos efeitos físicos danosos, resultantes dos cenários acidentais postulados. Apesar dos alcances não atingirem ocupações sensíveis eles possuem potencial de causar danos em sistemas de segurança da instalação.

Todas as informações aqui apresentadas são frutos de informações de processos e projeto, logo, são ressalvados os cenários cuja negligência na operação ou vontade humana para falha potencialize os casos de sabotagem da operação desta unidade.

2 DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO E DA REGIÃO

2.1 LOCALIZAÇÃO

A área para instalação do empreendimento Imetame Logística Porto é no município de Aracruz, localizada no estado de Espírito Santo. As coordenadas de referência da Imetame Logística Porto, são apresentadas Tabela 2-1 abaixo:

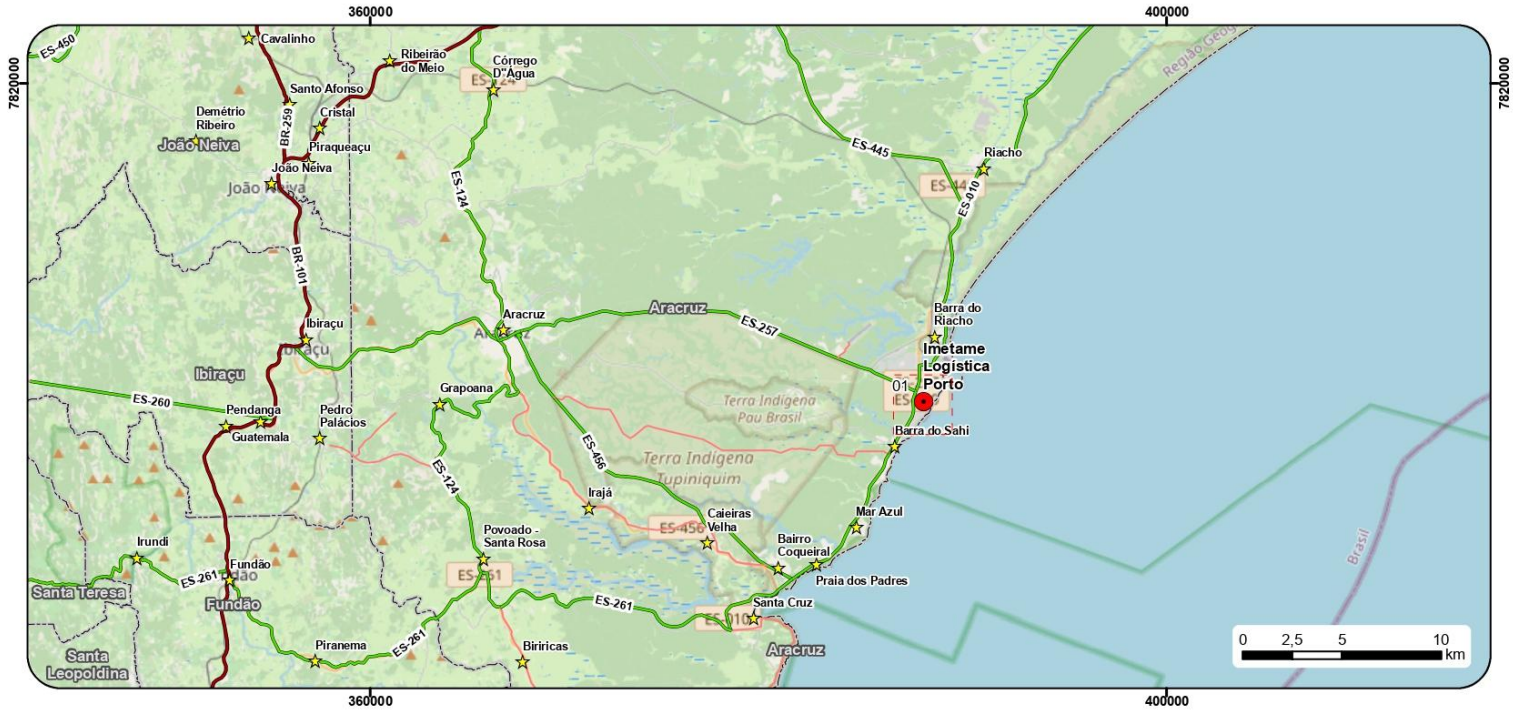
Tabela 2-1: Localização do empreendimento

Latitude	Longitude
387704.87 m E	7803846.03 m S

Fonte: Ambipar Response, 2025.

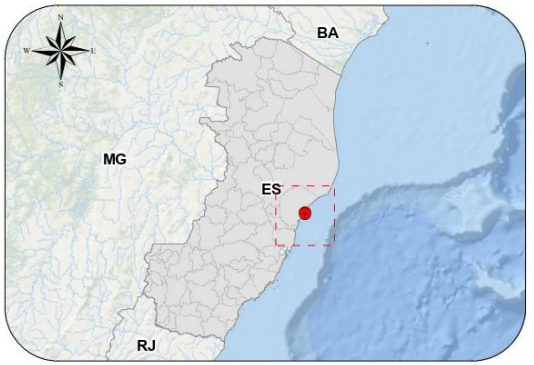
A 83 km da capital Vitória, o município de Aracruz está localizado no litoral capixaba, na Rod. ES-010 – S/N – KM 58 - Barra do Riacho, conforme apresenta o **MAPA-PRT-AMBP-ENV-817-001** abaixo.

O **ANEXO I** apresenta o layout geral do projeto.





Localização Geográfica



Legenda

- Localização do Empreendimento
- Localidades
- Via Vicinal
- Rodovia Estadual
- Rodovia Federal
- Limites Municipais

Cliente IMETAME LOGÍSTICA PORTO	**Executante** ambipar response
Projeto Elaboração de Estudo de Análise de Riscos- EAR	
Estudo Estudo de Análise de Riscos- EAR	
Título Mapa de localização do empreendimento	
Local Aracruz - ES	
Fonte Base Cartográfica IBGE, 2021; GoogleMapsImagery; Basemap ESRI.	
Dados Cartográficos: Projeção Universal Transversa de Mercator Sistema de Referência SIRGAS2000 - Zona 24S	**Escala:** Indicada
Elaboração Gabriel Severo Carvalho Setor de Geoprocessamento	**Responsável** Emerson Tomasoni - CREA: 211640325 Engenheiro de Petróleo e Gás Engenheiro de Segurança do trabalho Especialista em Segurança de Processo
Arquivo Digital MAPA-PRT-AMBP-ENV-817-001	**Data** MARÇO/2024 — **Revisão** 0

G:\Bases\03 - Produção Ambipar\Imetame\PRT-AMBP-ENV-817\Arquivos MXD

A3

2.2 DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO

O Imetame Logística Porto é um complexo portuário privado, situado no município de Aracruz, norte do Espírito Santo, com operação focada em quatro seguimentos de carga: container, carga geral, granel sólido e combustíveis (líquido e gasoso). Além de uma robusta estrutura compartilhada, cada um de seus quatro terminais portuários – Terminal de Contêineres (TECON), Terminal de Granéis Líquidos (TGL), Terminal de Granéis Sólidos (TGS) e Terminal Multipropósito (TMULT) – terão estruturas exclusivas e poderão ter operadores portuários independentes.

2.2.1 Terminal de Granéis Líquidos – TGL

A finalidade do Terminal de Granéis Líquidos da Imetame é a de oferecer estrutura segura para atender as demandas de movimentação de petróleo e seus derivados, além de combustíveis em geral e outros granéis líquidos, através de operações de transbordo de petróleo entre navios (Ship-to-Ship - STS), abastecimento de navios (bunkering) e de armazenagem e distribuição (tancagem).

Para viabilizar a realização de operações Ship-to-Ship estão previstos dois berços de atracação (berço 8 e berço 9) com capacidade de receber navios VLCC com navios Suezmax atracados a contrabordo, bem como as instalações sobre o píer necessárias à operação, como sistemas de utilidades e sistemas auxiliares dedicados ao transbordo STS.

A movimentação de óleo combustível e granéis líquidos em geral será realizada através de um berço específico para essa finalidade (berço 10), com capacidade de receber navios Suezmax, além dos berços 8 e 9 quando estes estiverem ociosos. Os três berços serão ligados ao parque de tancagem instalado na área retro portuária.

Esse conjunto representa o Terminal de Granéis Líquidos (TGL) Imetame.

2.2.1.1 Operações Ship to Ship

A operação STS consistirá na atracação de um navio de grande porte (Navio tanque convencional) contra o berço, recebendo o de menor porte (DPST - Dynamic Positioning Shuttle Tanker) a seu contrabordo.

A vazão total de petróleo a ser considerada irá variar de acordo com a capacidade de recebimento e transferência de cada embarcação, os limitantes serão conhecidos no plano de operações que será desenvolvido a cada operação com base nos documentos técnicos que cada embarcação compartilhará durante o processo de trocas de informações pré-operacionais e aceitação de navios. Considerando o arranjo de transferência previsto a ser fornecido pelo Porto como limitante, teremos uma vazão estimada em até 10.800 m³/hora no sistema de transferência. O sistema de transferência será composto por 3 lances de mangotes, dimensionados para suportar velocidade do fluxo de petróleo e 1 lance de mangotes (16 polegadas) destinado ao processo de balanço de vapores, este arranjo impedirá que os vapores (fração volátil) gerados pela agitação do petróleo durante o processo de transferência de carga (Evolução de Vapores), sejam liberados para atmosfera. Toda operação de transferência de carga entre navios e seus processos auxiliares serão realizados em sistema de operação fechado (Closed System).

O navio de maior porte que será carregado com petróleo deverá estar atracado no píer de forma a facilitar e/ou viabilizar a menor estadia da embarcação tipo DPST e toda a operação de transferência de óleo será realizada em sistema fechado e com auxílio do balanço de vapor.

A transferência de petróleo STS será realizada através do sistema de bombeamento dos próprios navios, utilizando conexões não-rígidas entre seus manifolds e com o auxílio das instalações de apoio do píer, que serão: o sistema de içamento de mangotes e os sistemas da amarração dos navios, monitoramentos e acesso (transferência de Pessoas) aos mesmos

2.2.1.2 Sistema de Transferência e Descarte de Vapor

Durante enchimento ou esvaziamento dos tanques dos navios, ocorre desprendimento de frações leves de petróleo, gerando um volume de gases adicional ao volume de líquido movimentado. Este efeito é conhecido como "evolução de vapor". O conteúdo presente nos tanques vazios é basicamente composto de gás inerte. Quando estes tanques são carregados, à medida que o nível aumenta, o volume compreendido entre a superfície de líquido e o teto do tanque é preenchido em parte pelo hidrocarboneto desprendido de compostos orgânicos voláteis (V.O.C. - etano, propano, butano, etc.).

A evolução de vapor é um efeito de vaporização, diretamente proporcional à pressão de vapor do petróleo ou qualquer fluido em processo de transferência. Os vapores de hidrocarbonetos, hora presentes nos tanques dos navios, não poderão ser liberados para o ambiente. Devido a este fato, o processo ocorrerá em sistema fechado com auxílio do sistema de balanço de vapores.

Durante a operação de transbordo de petróleo, o vapor (gás inerte e compostos orgânicos voláteis) dos tanques do navio que está sendo carregado deve ser transferido para os tanques do navio que está sendo descarregado, por balanço de vapor., o vapor é enviado por meio do processo de balanço de vapores para os tanques de carga do navio que está sendo aliviado "navio mãe - *Mother Vessel*".

O Sistema de Balanço e Recuperação de Vapores resultante da agitação de hidrocarbonetos durante a transferência de petróleo entre navios (evolução de vapores) será composto por um lance de mangotes que serão conectados entre os manifolds específico para transferência de vapores dos navios envolvidos na operação.

2.2.1.3 Armazenagem e Distribuição (Bunkering/Tancagem)

A movimentação de combustíveis e outros granéis líquidos para armazenagem ou distribuição acontecerá a partir dos sistemas de dutos que estarão distribuídos ao longo dos berços 8, 9 e 10 do terminal de granéis líquidos.

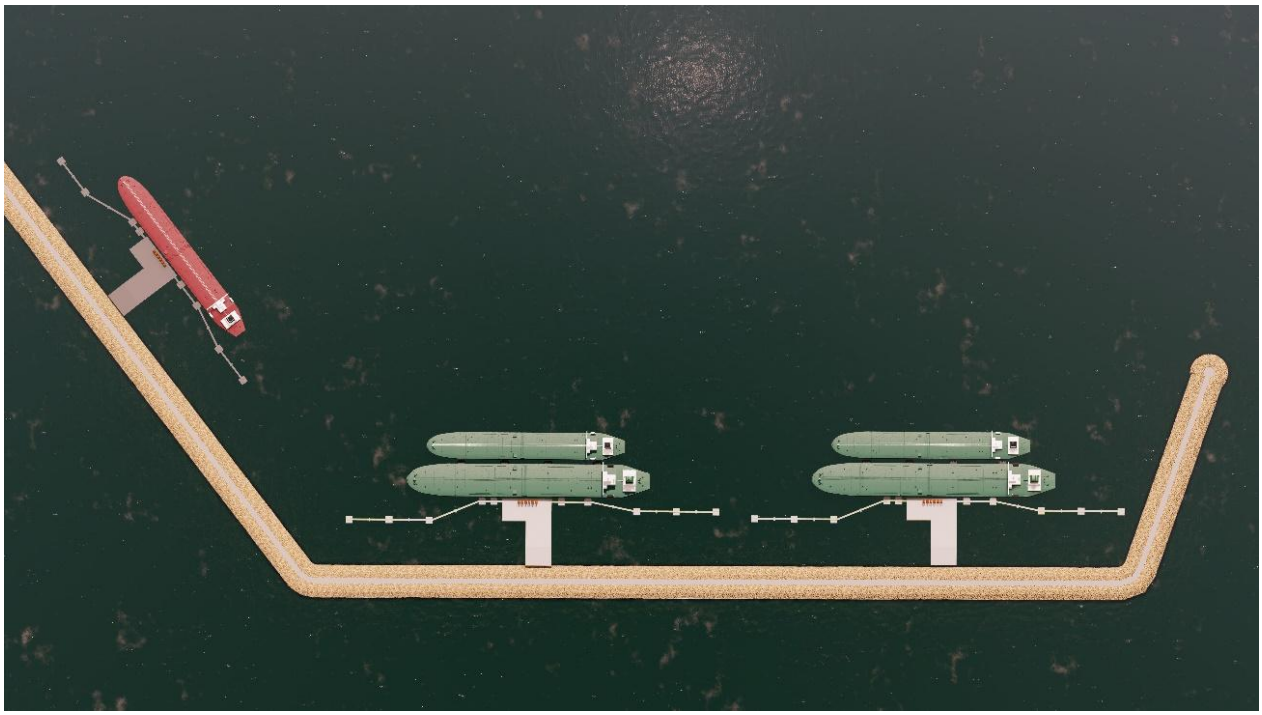


Figura 2-1: Berços do terminal de granéis líquidos.
Fonte: Acervo Imetame

2.2.1.4 Parque de Tancagem

O Parque de Tancagem terá capacidade de 35.000 m³ de capacidade estática, com três tanques de 10.000 m³ e um tanque de 5.000 m³, ambos dedicados ao armazenamento e movimentações de combustíveis marítimos, óleos vegetais, petróleo e combustíveis derivados de petróleo, assim como biocombustíveis.

O Parque de Tancagem será ligado ao terminal marítimo por um sistema de dutos, para atender o abastecimento de embarcações menores e barcaças de distribuição de combustíveis, além de transferências internas entre tanques.

Todo sistema de monitoramento da armazenagem será automatizado e monitorado remotamente, e as válvulas de entrada dos tanques deverão obter sistema de segurança e intertravamento com sistema de alarme e sequência de interrupção de fluxo, além do sistema de Shutdown (Parada de Emergência) com acionamento local e/ou remoto. O sistema de gerenciamento será capaz de monitorar todos os parâmetros de movimentação do tanque e ser dotado de protocolo de hierarquização e priorização de alertas e alarmes conforme ANSI/ISA18.2. O nível de integridade de segurança dos sistemas e subsistemas (SIL) deverá ser determinado com base em estudos de análises de Riscos e estudo de perigos e operabilidade (HAZOP).

Cada tanque deverá ser dotado de sistema de proteção e combate a incêndio que deverá ser dimensionado com base em normas internacionais (NPFA 20), a partir de analises de riscos dos cenários possíveis, instrumentação de controle e monitoramento dos parâmetros operacionais em campo e remota, sistema de proteção contra surtos, colapso e/ou transbordamento de tanques devidamente dimensionado para atender as diversas variações de movimentações de cada tanque durante os processos de manutenção de armazenagem e movimentação de carga e/ou descarga conforme norma API 650 em sua última revisão.

Os tanques destinados a produtos escuros, deverão ser dotados de sistema de serpentinas internas para aquecimento do produto quando necessário e revestimento térmico para minimizar as trocas de calor do inventario do tanque com a atmosfera e assim tornar mais eficiente a manutenção da temperatura do produto no interior do tanque. O produto deverá permanecer aquecido para assegurar a temperatura mínima do ponto de fluidez e assim permitir o perfeito escoamento de todo inventário de cada tanque.

Os tanques serão instalados sob bacia de contenção impermeabilizada e com capacidade de absorção não inferior a 1 1/2 (uma vez e meia) a capacidade do maior tanque da bacia, conforme estabelecido pela NBR 7505-1 Armazenagem de líquidos inflamáveis e combustíveis Parte 1: Armazenagem em tanques estacionários.

2.2.1.5 Operações Ship to barge / Barge to ship (Bunkering)

As operações de Bunker ocorrerão entre o Navio Importador que servirá como cisterna, ou seja, este navio permanecerá atracado no Berço 10 do TGL e servirá como equipamento de armazenagem flutuante e fará a transferência de lotes de óleo combustível diretamente para uma barcaça autopropelida que servirá para fazer a distribuição (Abastecimento) dos navios que visitam o porto de ARACRUZ e seus vizinhos. As operações de abastecimento (distribuição) poderão ocorrer com a barcaça a contrabordo dos navios atracados nas instalações portuárias ou ocorrerão nos fundeadouros. As operações de abastecimento são caracterizadas como STB, portanto norteada sob os requerimentos da NORMAM 204 CAPÍTULO 5 – Operações Especiais em AJB, SEÇÃO – Abastecimentos – Bunkering, além de atender as recomendações dos guias internacionais da OCIMF para este tipo de operação.



Figura 2-2: Operações Ship to barge
Fonte: Acervo Imetame

2.2.1.6 Área de fundeio

O Imetame Logística Porto prevê a implementação do sistema de janelas de atracação, também conhecido pelo termo em inglês "Berthing Window", que é uma metodologia muito utilizada e solicitada pelos armadores, principalmente no segmento de contêineres, onde é feita a programação prévia do dia e horário para realização da atividade, com o objetivo de eliminar a espera dos navios, uma vez que o custo de um navio parado é elevado. Dessa forma faz-se necessário o estabelecimento de áreas de fundeio.

A Área de Fundeio do Imetame Logística Porto será composta por duas zonas, dimensionadas conforme recomendações da PIANC, sendo uma destinada especificamente aos navios carregando combustível, petróleo ou seus derivados (Fundeadouro ILP2 - Figura 7), geralmente destinados ao TGL, e outra destinada aos

demais terminais (Fundeadouro ILP1 - Figura 7). A Tabela abaixo (Tabela 2), apresenta as coordenadas geográficas dos fundeadouros propostos para o Imetame Logística Porto.

	Este (E)	Norte (N)
Fundedouro ILP1	403463,54	7809638,58
	403463,54	7806674,1
	399120,98	7806674,1
	399120,98	7809638,58
Fundedouro ILP2	403709,27	7804829,6
	403709,27	7801703,84
	399131,51	7801703,84
	399131,51	7804829,6
	UTM	

Tabela 2-2: Coordenadas Geográfica dos fundeadouros do Imetame Logística Porto
Fonte: Imetame Logística Porto

Por conta da dinâmica operacional do mercado atendido pelos terminais, em especial o Terminal de Contêiner e o Terminal de Granéis Líquidos, a expectativa é que os navios com esses destinos apresentem uma baixa utilização da área de fundeio, apesar do fluxo de embarcações.

2.2.1.7 *Parque de Bombas*

O parque de bombas que alimentará os sistemas de transferências a partir do Parque de Tancagem, será composto por 4 conjuntos motobombas centrifugas sendo 2 conjuntos com capacidade nominal de entregar 1.000 m³/h para atender exportações e 2 conjuntos com capacidade nominal de 800 m³ para alimentar o sistema de distribuição e abastecimento de navios.

Produto	Exportação	Distribuição e transferência
MGO E VLSFO	2 x 1.000 m³/h	2 x 800 m³/h

Tabela 2-3: Bombas de transferência de carga.

Fonte: Ambipar Response, 2025.

2.2.1.8 Sistema de Dutos

Os berços do terminal marítimo serão ligados ao Parque de Tancagem por um sistema de transferência composto por 6 dutos distribuídos conforme descrito na Tabela 2-4

Produto	Importação e Exportação	Distribuição e transferência
MGO E VLSFO	2 x 14”	4 x 12”

Tabela 2-4: Sistema de dutos.

Fonte: Ambipar Response, 2025.

O sistema de dutos utilizados será dimensionado para atender esse tipo de operação seguindo as normas e boas práticas desse tipo de operação no Brasil. O trecho terrestre do pipeline será em sua maior parte aéreo, seguindo a rota das estruturas a serem construídas no píer, até a área limite do quebra-mar leste, utilizando piperack. Haverá um trecho submerso, encaminhado através de um furo direcional ou preparação de fundo para colocação dos tubos, a exemplo do modelo de implantação de emissários, de forma que chegue até a área operacional e de conexões dos berços 08, 9 & 10.

O duto será operado de forma local e monitorado remotamente por um Sistema Supervisório de Controle e Aquisição de Dados e ainda serão instaladas câmaras de lançamento e recebimento de pigs, visando a realização de serviços de inspeção e limpeza do interior dos dutos.

O trecho terrestre do pipeline será construído e testado de acordo com a norma NBR 15280-1 e 15280-2. Além de ser construído com material adequado, o sistema deverá

contar com tratamento externo de pintura seguindo standard da indústria (N13 – padrão Petrobras) o trecho submerso deverá ser em aço carbono com tratamento e pintura, além de revestimento com polipropileno ou material similar de maneira que minimize qualquer tipo de corrosão.

Há um pequeno trecho dos dutos que passará acima da rodovia estadual ES-010. Destaca-se que os dutos serão aéreos, instalados acima do viaduto, sobre piperack, sem suportações diretas no viaduto, que possa comprometer sua integridade em caso de colisões contra o viaduto, que já se encontra a uma cota mínima de 5,5m da rodovia.

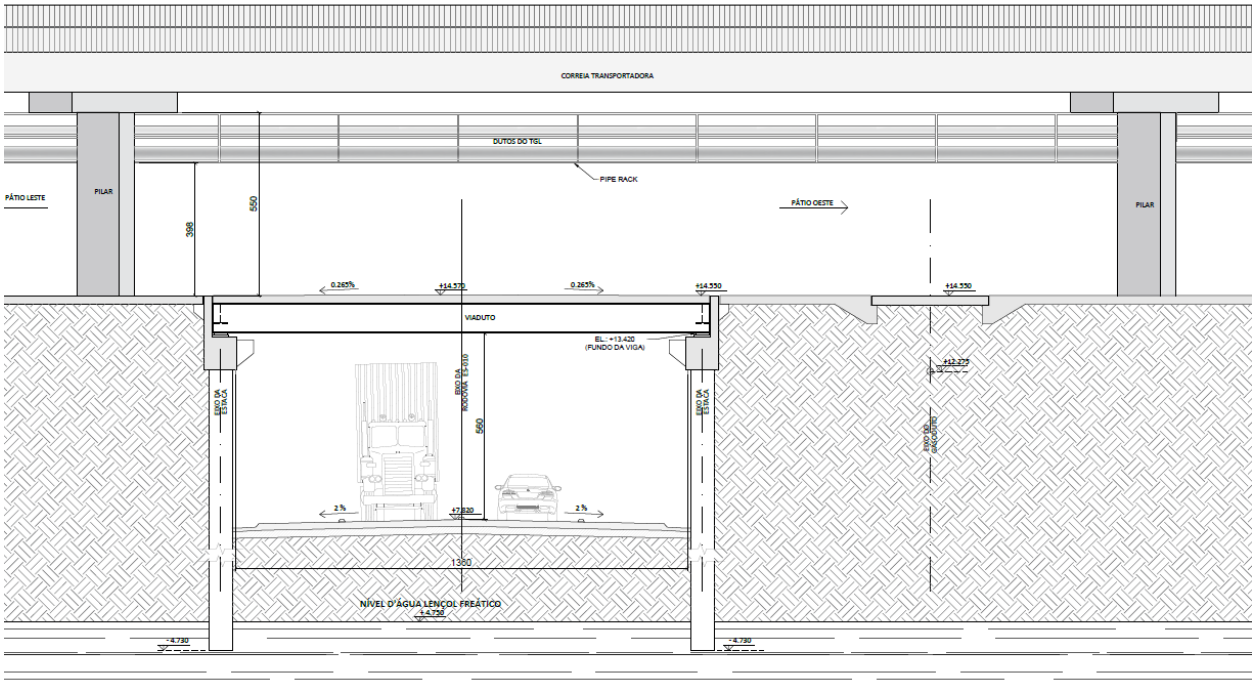


Figura 2-3: Corte transversal da cota entre a passagem de veículos da Rodovia ES-010 e o viaduto a ser construído.

Fonte: Imetame Logística Porto (Plano Funcional).

2.2.1.9 Fluxo de Transferência

O sistema de transferência será alimentado pelo sistema de bombeamento dos navios para os casos de carregamento dos tanques (Importação – Fluxo Ship-to-Shore) e para

os processos de descarga dos tanques (Exportação – Fluxo Shore-to-Ship), este sistema será alimentado pelo sistema de bombeamento do terminal.

Para atendimento a abastecimento de embarcações menores e alimentação da barcaça de distribuição, o berço será dotado de um sistema de dutos composto por 2 dutos.

O sistema de transferência está dimensionado para descarregar ou carregar um navio da classe Suezmax em no máximo 25 horas. Este dimensionamento leva em conta as seguintes premissas:

- Elevada perda de carga ao logo do sistema, resultando em uma vazão efetiva de 500 m³/h em cada linha de bombeamento – 1.000m³/h em cada sistema;
- Lote de 50.000 m³ a 80.000 m³;
- Massa especifica do produto 896,8 kg/m³ @ 20°C;
- Viscosidade de 2,0 mm²/s a 11,0 mm²/s @ 40°C;
- Fluidez entre 0 a 6°C.

2.2.1.10 Volume de Granéis Líquidos

O Terminal de Granéis Líquidos (TGL) será destinado para a movimentação de granéis líquidos destino ao mercado externo e mercado interno através de operações de transferências entre navios (STS), além dos serviços de recepção, armazenagem e distribuição de combustíveis marítimos (bunkering).

As instalações do terminal serão implantadas de forma faseada acompanhando a demanda do mercado. No primeiro estágio de implantação o terminal contará com 4 tanques de armazenamento (três tanques de 10.000 m³ e um tanque de 5.000 m³) e 1 berço de atracação (berço 10). Após o início das operações a obra dos berços 8 e 9

continuará avançando até a conclusão e consequente aumento da capacidade do terminal.

Para projeção de demanda considera-se um ramp-up de até 10 anos. Conforme Gráfico 13, estima-se que o volume total aproximado parta de 1,45 milhões de tons por ano e chegue a 7,55 milhões de tons de produtos movimentados ao longo dos anos.

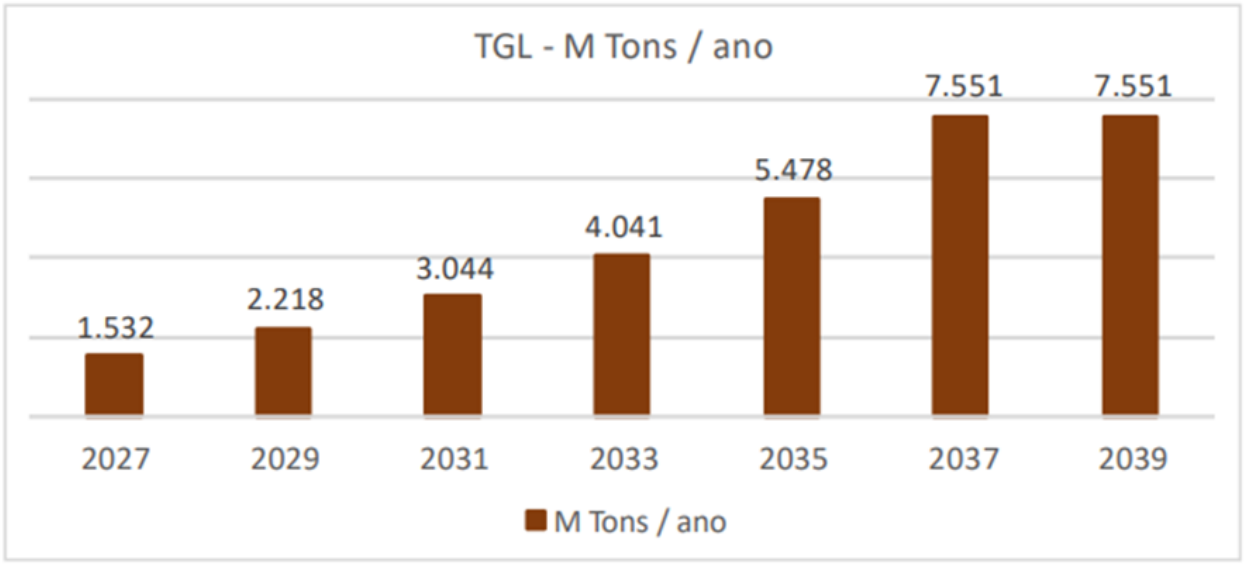


Figura 2-4: Projeção de volume do TGL.
Fonte: Ambipar Response, 2025.

Por conta da dinâmica operacional, considera-se que apenas 15% desse volume seja movimentado através do modal rodoviário. Adota-se ainda que a carga média por caminhão é de 45 m³ e que 30% dos caminhões são bi-trens. Com isso, o volume de veículos por ano gerado nesse terminal começa em cerca de 1,2 mil caminhões por ano e pode chegar a quase 2,5 mil caminhões por ano.

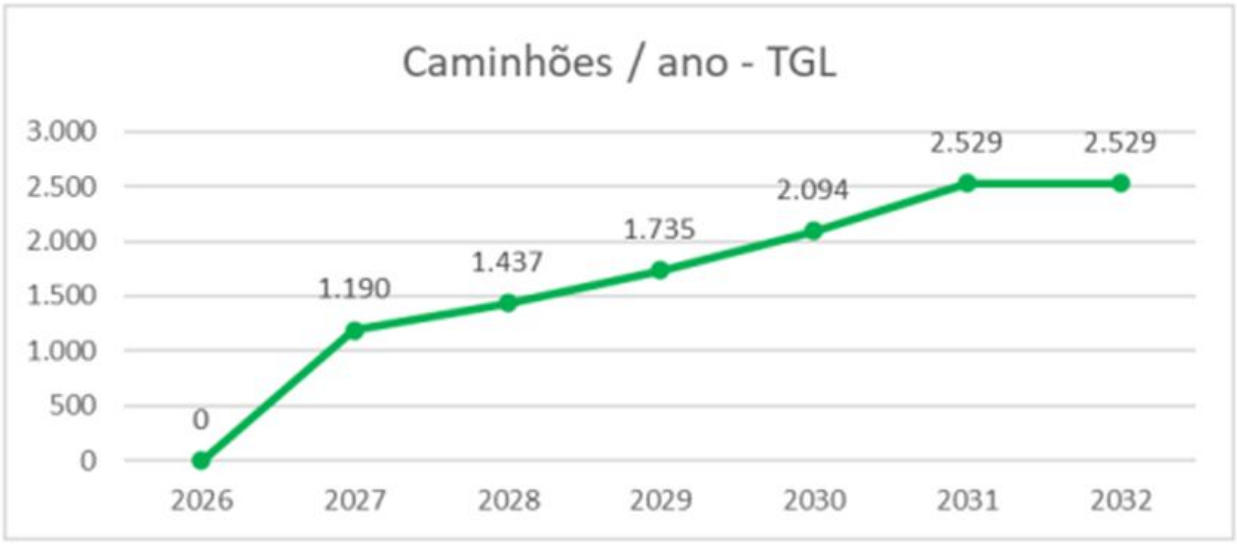


Figura 2-5: Tráfego terrestre- TGL.

Fonte: Ambipar Response, 2025.

Para o cálculo do tráfego marítimo, considera-se a utilização do mix de embarcações que operam na costa brasileira em operações semelhantes. Vale notar que para operações STS são considerados conjuntos de 2 navios, considerando que para operações com VLCC são necessárias duas operações distintas de navios tipo Suezmax a contrabordo do VLCC, que ocorrerão sem simultaneidade. Já para a movimentação de armazenamento e distribuição, foi adotado um mix de navios Panamax (65.000 DWT) e Supply (20.000 DWT). O tipo de embarcação e a frequência da escala no terminal seguem a projeção de volume associado àquele serviço.

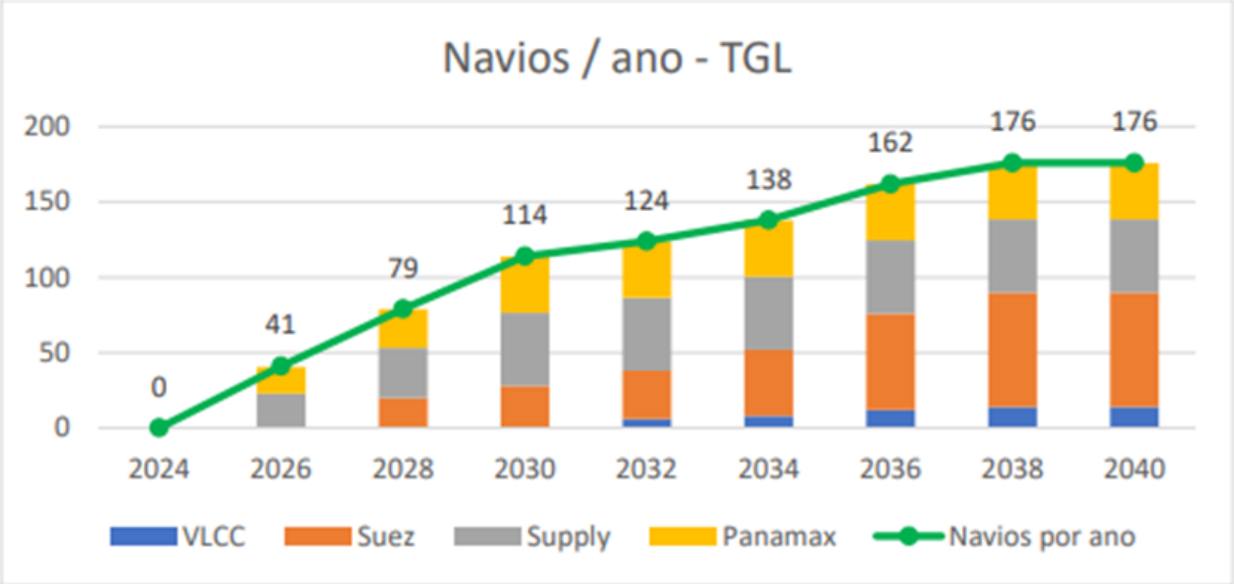


Figura 2-6: Tráfego marítimo- TGL.
Fonte: Ambipar Response, 2025.

2.2.1.11 Berço de Atracação

Os três berços de atracação serão construídos paralelos ao quebra-mar leste e seguirão a mesma metodologia.

Os berços 8 e 9, localizados nas coordenadas UTM (390.414; 7.803.354) e (390.102; 7.803.129) respectivamente, estarão preparados para atender operações Ship to Ship, além de operações de Ship to Shore, foram concebidos para receber navios até o porte de um navio tipo VLCC e deverão ter 407,2 m de comprimento cada e serão compostos por 6 dolfins de amarração, 4 dolfins de atracação e uma plataforma central. Já o berço 10, localizado nas coordenadas UTM (389.602; 7.803.065), foi concebido para receber navios até o porte de um navio tipo Panamax e deverá ter 380 m de comprimento e será destinado para atender as movimentações de combustíveis (Ship to Shore / Shore to Ship e Ship to Barge).

Em cada berço de atracação deverá ser instalada uma escada portaló (gangway), para transferência de pessoas (acesso bordo/terra) e sistemas de monitoramento de aproximação, atracação e amarração dos navios.

Os dolfins serão compostos por passarelas de interligação, ganchos de desengate rápido, além de defensas do tipo cônicas para absorção da energia de atracação.

Uma plataforma de operação será instalada, onde será posicionado a escada de acesso aos navios, e terá dimensões a serem determinadas no projeto executivo.

2.2.1.12 Área Operacional Marítima

O sistema de utilidades disponível aos usuários do Terminal de Granel Líquido será compartilhado entre os terminais de Ship-to-Ship e de Granéis Líquidos, utilizando uma área operacional situada no quebra-mar leste entre os píeres 9 e 10, assim como na extremidade oposta do berço 10, onde os dutos de transferência dos produtos chegarão à terra.

Essas duas áreas serão construídas para fornecer suporte operacional ao embarque e desembarque de pessoas, armazenamento de materiais e acessórios operacionais, além de realizar manutenções, montagens e mobilização dos mangotes. Elas também darão suporte às operações realizadas nos berços 8, 9 e 10. As áreas estarão localizadas nas coordenadas UTM (389.902; 7.802.970) e (389.902; 7.802.970), com dimensões de 63 metros x 42 metros (2.646 m²) e 90 metros x 22,5 metros (2.025 m²), respectivamente.

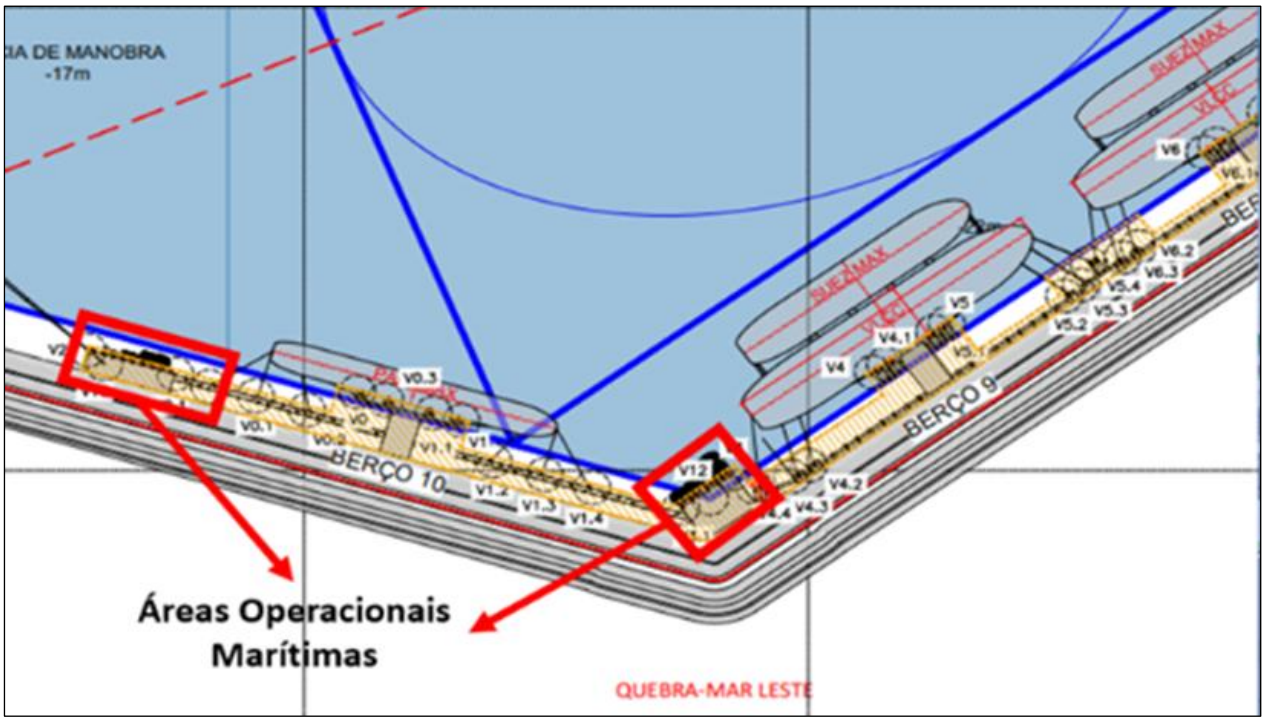


Figura 2-7: Áreas operacionais marítimas.

Fonte: Imetame Logística Poto, 2024.

Área de embarque e desembarque de pessoas.

Os acessos às áreas operacionais serão realizados exclusivamente por meio de uma lancha homologada para transporte e transferência de pessoas. O embarque e desembarque das pessoas que acessarão as áreas operacionais offshore serão efetuados através de plataformas de apoio específicas, utilizando o serviço de lancha do terminal. Uma dessas plataformas estará localizada na área operacional onshore, sob a coordenada UTM (388.670; 7.803.441), servindo também como ponto de apoio para fiscalização marítima por autoridades competentes, como a Autoridade Marítima, Alfândega, Polícia Federal, entre outras. A outra plataforma estará situada na área operacional offshore, sob as coordenadas UTM (389.902; 7.802.970). As áreas destinadas ao embarque e desembarque serão equipadas com todas as facilidades necessárias para garantir que o processo de transferência de pessoas ocorra de forma segura e em conformidade com todas as normas e recomendações vigentes.

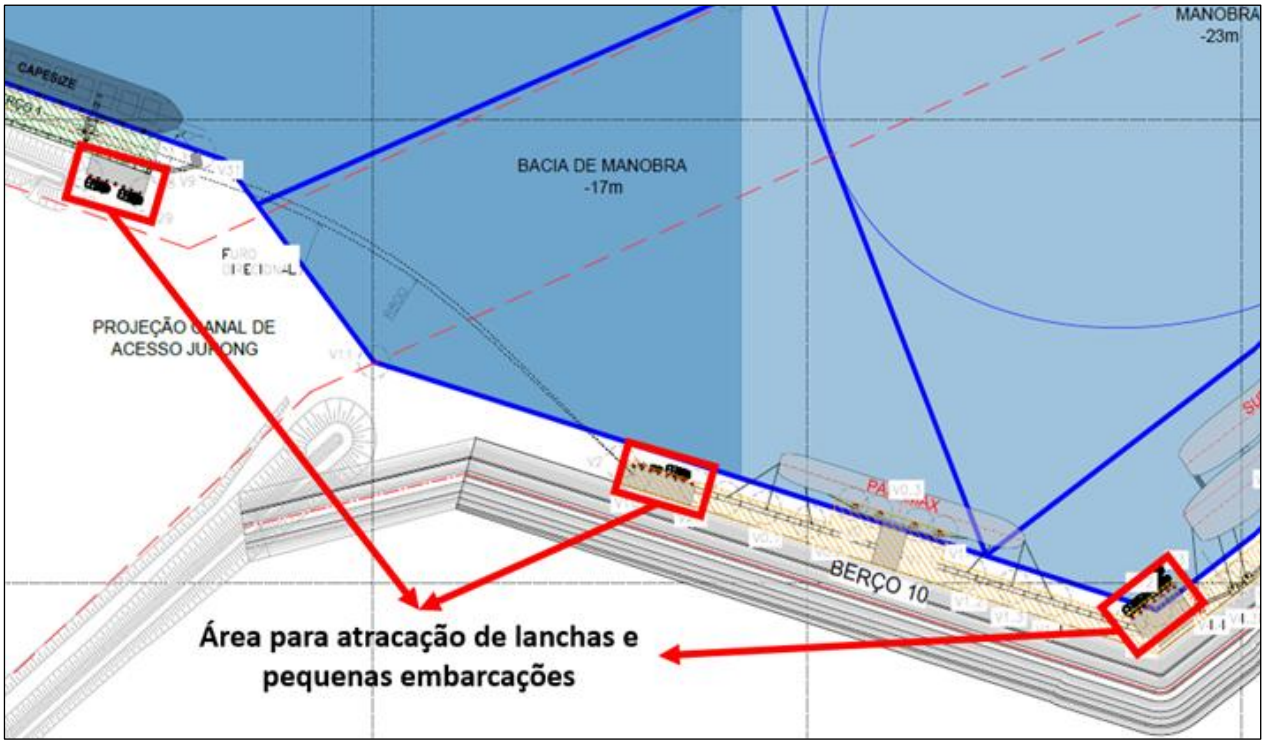


Figura 2-8: Áreas de embarque, desembarque de pessoas – Transferência de pessoas.
Fonte: Imetame Logítica Porto, 2024.

Próximo à área de embarque / desembarque on-shore será construído o dolphin de amarração que atenderá o berço 01 para atracação de embarcações tipo Capesize, este dolphin estará localizado sob as coordenadas UTM (388.801; 7.803.465).

2.2.1.13 Utilidades

O sistema de Utilidades disponíveis aos usuários do Terminal de Granéis Líquidos atenderá a todas as instalações do terminal de granéis líquidos compartilhado entre os berços de Ship-to-Ship (berços 8 e 9) e de Armazenagem e Distribuição (berço 10). O sistema deverá ser provido de:

- Central de N_2 (nitrogênio de baixa pureza)

O sistema deverá atender com tubulações de não inferior a 1" com tomadas próxima as câmaras de "PIG" localizada no berço dedicado à tancagem, na casa de bombas e no parque de tancagem. Com a finalidade de inertizar os sistemas de armazenagem e transferências, além de servir como elemento motriz para o deslocamento do "PIG" durante o processo de limpeza e/ou setup do sistema de transferência.

Para melhor dimensionamento do sistema será necessário o detalhamento do projeto para identificar a demanda de N_2 considerando possível alimentação e instrumentos de controle de fluxo e sistema de segurança e intertravamento. O sistema de nitrogênio será composto por uma central de nitrogênio e uma rede de distribuição. A central de nitrogênio será composta por vaso criogênico, vaporizador, reguladores de pressão, válvulas de segurança, entre outros componentes e será especificada por terceiros. O sistema de nitrogênio será utilizado para inertização dos sistemas referidos acima e esta operação ocorrerá após a realização das operações de transbordo de petróleo STS e transferências de graneis líquidos.

- Sistema de aquecimento

O sistema de aquecimento deverá ser dimensionado para aquecer os tanques de combustível pesado e óleo cru (3 tanques de 10.000 m³/cada). O sistema deverá ter capacidade de manter a temperatura do produto estabilizada para garantir o ponto de fluidez do produto armazenado. Os tanques de armazenagem destinados a óleo pesado e óleo cru deverão ser dotados de serpentina em seu interior e sistema de revestimento para minimizar a troca de calor do produto com a atmosfera, assegurando a eficiência da manutenção de temperatura no interior do tanque de armazenagem.

- Sistema de serviço/industrial

Deverá atender toda a bacia de tanques dotada de rede de distribuição será composta por tubulação com diâmetro não inferior a 1 1/2 polegada e terá derivações para atender cada grupo de tanques, casa de bombas e píeres. O sistema de água industrial, que

deverá atender toda a bacia de tanques, será composto por um tanque de estocagem de água, duas bombas (principal e reserva) e uma rede de distribuição que alimentará as estações de serviço e de utilidades.

O tanque será resposto/alimentado por caminhão tanque ou por barcaça. Para as estações de utilidades serão previstas tomadas de água nas proximidades dos manifolds de carregamento a serem instalados nos berços de atracação. Ao longo de todo píer serão previstas estações de serviço com tomadas de água para atender aos serviços de manutenção e operação. A distância entre uma estação e outra não deverá ser superior a 30 m.

- Sistema de drenagem

Os tipos de drenagens que serão gerenciados no Terminal são: Óleo de respingos (spill) e pequenas drenagens coletado em bacia de contenção e água de lavagem. Toda a área de contenção será dotada de saídas segregadas, permanentemente bloqueadas para o sistema pluvial e para o sistema contaminado. O pessoal de operação deverá destinar o conteúdo da área contida ao sistema respectivo após analisar o fluido retido.

Define-se por "água contaminada" toda água contida nas bacias de contenção quando houver a presença concomitante de qualquer resíduo previsto (óleo de respingos, óleo de lavagem ou petróleo). Nesta condição recomenda-se que seja realizada análise visual para verificação de sobrenadantes e, no mínimo, determinação de temperatura, teor de óleo e pH previamente ao alinhamento para rede pluvial.

Os parâmetros a serem atendidos para lançamento ao mar devem seguir a padronização estabelecida pelas resoluções do CONAMA 357 e 430, todavia cabe ao órgão outorgante da Licença de Operação do terminal estabelecer tais limites. A água pluvial sem contaminação coletada nas áreas contidas do TGL será encaminhada diretamente para a rede de drenagem pluvial. Não foram previstas instalações para recebimento e tratamento de lastro segregado ou sujo dos navios ou de produto de lavagem de tanques de carga e de "slope".

- Geradores de ar comprimido

O sistema de ar comprimido será aplicado principalmente para alimentar o sistema pneumático que servem os atuadores e instrumentação dos sistemas de transferência e armazenagem (Instrumentação, atuadores de válvulas e sistemas pneumáticos), além de ser utilizado como insumo na manutenção do terminal e calibragem das defensas pneumáticas. Os geradores de ar comprimido serão disponibilizados na área operacional localizada no quebra mar leste.

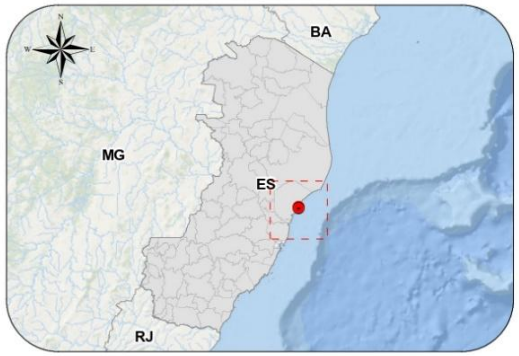
2.2.1.14 Ramal ferroviário

Já com relação ao ramal ferroviário, o Porto contará com uma pera ferroviária interna (**MAPA-PRT-AMBP-ENV-817-004**) que se conectará com a malha nacional através de um ramal pertencente à Estrada de Ferro Vitória-Minas que liga o Porto da Barra do Riacho à estação de Piraqueaçu (**MAPA-AMBP-ENV-817-003**), na cidade de João Neiva. Atualmente o acesso ferroviário até Aracruz que atende o Porto de Barra do Riacho e a fábrica da SUZANO, está em operação e possui cerca de 47 km de extensão.





Localização Geográfica



Legenda

- Trecho Ferroviário
- Via Vicinal
- Rodovia Estadual
- Rodovia Federal
- Área da Imetame
- Limites Municipais

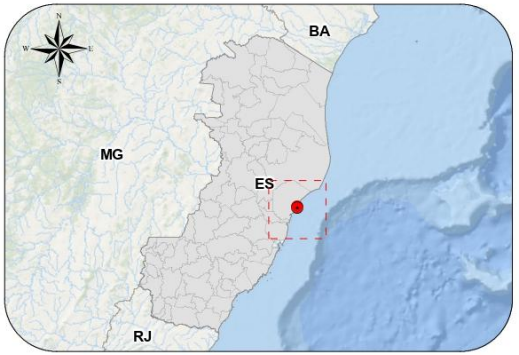
Cliente IMETAME	**Executante** ambipar response
Projeto Elaboração de Estudo de Análise de Riscos- EAR	
Estudo Estudo de Análise de Riscos- EAR	
Título Mapa do ramal ferroviário	
Local Aracruz - ES	
Fonte Base Cartográfica IBGE, 2021; GoogleMapsImagery; Basemap ESRI.	
Dados Cartográficos: Projeção Universal Transversa de Mercator Sistema de Referência SIRGAS2000 - Zona 24S	**Escala:** Indicada
Elaboração Gabriel Severo Carvalho Setor de Geoprocessamento	**Responsável** Emerson Tomasoni - CREA: 211640032S Engenheiro de Petróleo e Gás Engenheiro de Segurança do trabalho Especialista em Segurança de Processo
Arquivo Digital MAPA-PRT-AMBP-ENV-817-003	**Data** MARÇO/2024 — **Revisão** 0

G:\Bases\03 - Produção Ambipar\Imetame\PRT-AMBP-ENV-817\Arquivos MXD

A3



Localização Geográfica



Legenda

- Via Vicinal
- Rodovia Estadual

Ramal ferroviário

- Estrada de Ferro Vitória a Minas
- Pera Barra do Riacho Pera Barra do Riacho;
- Pera interna Imetame
- Ramal ferroviário Imetame
- Limites Municipais

Cliente IMETAME	**Executante** ambipar response	
Projeto Elaboração de Estudo de Análise de Riscos- EAR		
Estudo Estudo de Análise de Riscos- EAR		
Título Ramal ferroviário Imetame		
Local Aracruz - ES		
Fonte Base Cartográfica IBGE, 2021; GoogleMapsImagery; Basemap ESRI.		
Dados Cartográficos: Projeção Universal Transversa de Mercator Sistema de Referência SIRGAS2000 - Zona 24S		**Escala:** Indicada
Elaboração Gabriel Severo Carvalho Setor de Geoprocessamento	**Responsável** Emerson Tomasoni CREA 2116400325 Engenheiro de Petróleo e Gás	
Arquivo Digital MAPA-PRT-AMBP-ENV-817-004	**Data** JUNHO/2024	**Revisão** 0

G:\Bases\03 - Produção Ambipar\Imetame\PRT-AMBP-ENV-817\Arquivos MXD

A3

O ramal ferroviário previsto para atendimento ao Porto da Imetame possui cerca de 7 km de extensão da Barra do Riacho até a futura retroárea do Porto. Com capacidade de movimentação de 3 milhões de toneladas na primeira fase, a estimativa é que 90% da carga de granéis sólidos do porto seja movimentada utilizando o modal ferroviário.

Internamente, na área da Imetame Logística Porto, em sua plena capacidade de movimentação, será implementada uma Pêra Ferroviária de 3,6 km (com ramais internos independentes) que possibilitará o transbordo da carga sem a necessidade de desmembramento da composição.

Pelo modal ferroviário, o empreendimento expandirá seu potencial para movimentação, atendendo aos três terminais do complexo portuário, uma vez que irá introduzir uma nova alternativa logística para o escoamento de cargas de Minas Gerais e do Centro Oeste brasileiro.

2.2.2 Terminal de Containers – TECON

O Terminal de Contêineres (TECON) da Imetame Logística Porto foi concebido com o propósito de proporcionar uma infraestrutura moderna e eficiente para o recebimento, armazenamento e distribuição de contêineres, contribuindo para o desenvolvimento econômico da região e promovendo o comércio internacional.

Como parte integrante do Complexo Portuário, o TECON se beneficia com a infraestrutura compartilhada pela Administração Portuária que conta com canal de acesso marítimo, acesso rodoviário, quebra-mar de proteção, energia, etc.

O acesso marítimo é realizado através de um canal de aproximadamente 2,1 km de extensão, mantido pela Administração Portuária a uma profundidade que varia de 17 metros na região da bacia de manobras e berços de atracação à 19 metros ao longo do

canal. Com isso, o TECON é capaz de receber navios New-Post Panamax com 14.000 TEUs e dimensões em torno de 366 metros de comprimento e 15,5 metros de calado, ou maiores.

Sua estrutura é composta por gates de acesso exclusivos, pátio de armazenamento segregado, armazém alfandegado para carga solta, cais de atracação exclusivo e prédios administrativos e de apoio às operações. A Figura 2-9 apresenta o layout do TECON.

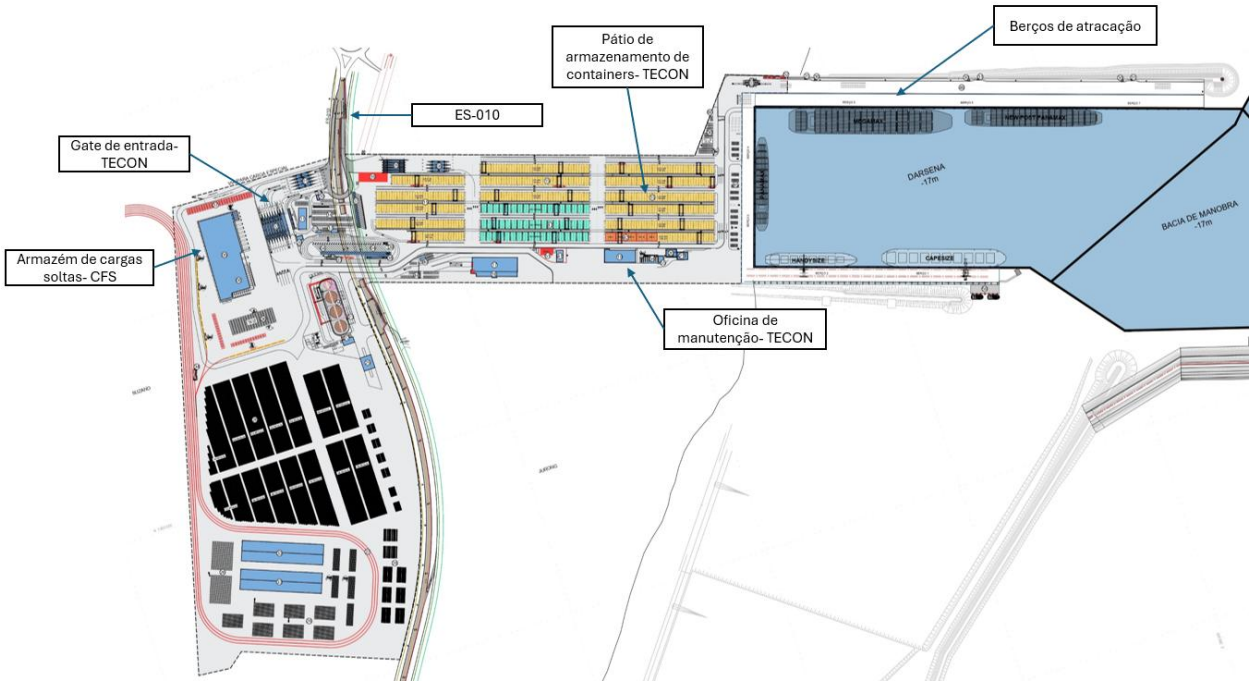


Figura 2-9: Layout Geral – TECON
Fonte: Acervo Imetame

Visando otimizar a aplicação do CAPEX diante do ramp-up de demanda, o empreendimento será implantado de maneira faseada. Em um primeiro estágio o terminal contará com infraestrutura e equipamentos com capacidade para movimentar até 200.000 TEUs por ano, em uma operação compartilhada com a movimentação de Carga Geral, em uma segunda fase de implantação a capacidade será expandida para 450.000 TEUs, que de acordo com o perfil da carga conteinerizada brasileira, equivalem a aproximadamente 5 milhões de toneladas.

2.2.2.1 Descrição dos berços de atracação para navios do TECON

O Terminal de Contêiner possui 1100 metros de cais, elevado a uma cota +5,0 (DNH). O cais será equipado com cabeços, defensas e canaletas de suprimentos ao longo de toda sua extensão e poderá receber entre 3 e 4 navios atracados simultaneamente, a depender do porte das embarcações.

Em plena operação, os navios serão servidos entre 9 à 12 portêineres. Esses equipamentos poderão ser operados remotamente e contarão com dispositivos de checagem automática de embarque e desembarque (*OCR - Optical Character Recognition*) que, integrado ao TOS (*Terminal Operating System*), darão mais agilidade ao processo.

O Terminal de contêiner estará com sua infraestrutura preparada para instalação do sistema OPS (*Onshore Power Supply*) garantindo energia de terra aos navios enquanto estiverem atracados, tornando a operação mais sustentável através da eliminação da emissão de CO_2 pelos navios durante a operação de embarque e descarga.

O cais com cerca de 70 metros de largura possuirá vias de tráfego de veículos bem delimitadas, sendo 6 vias em um sentido sob o STS e 5 vias atrás do STS no sentido contrário, garantindo assim o fluxo de transporte interno de movimentação dos contêineres bem-organizado. Existirá ainda espaço suficiente para posicionar as tampas de porão dos navios, eventuais manutenções e tráfego dos veículos de serviços de suporte interno.

O cais contará ainda com pontos de apoio e equipamentos de inspeção não invasiva (scanner) para atender normas da Receita Federal e áreas de apoio operacional.

2.2.2.1.1 Equipamentos de Cais

Portêiner – STS (Ship to Shore Crane)

As operações terão início com a movimentação de cais sendo realizada através dos Mobile Harbour Cranes (MHC), detalhados na seção destinada a Carga Geral. No auge das operações, o embarque e desembarque de contêineres no TECON será realizado por portêineres dimensionados para atender navios com até 62 metros de boca (24 rows), instalados sobre trilhos dispostos ao longo de todo o cais. Os equipamentos serão alimentados por cabos de energia acomodados em canaleta de proteção paralela ao trilho.

Para garantir melhores condições de trabalho ao colaborador, com atenção a ergonomia e menor risco, a operação dos STSs poderá acontecer de forma remota a partir de um centro de controle de operacional e possuirá confirmação automática do embarque e desembarque de contêineres por meio de OCR próprio para garantir a integração direta ao TOS e controle do fluxo de carga no Terminal.

Ao todo serão de 9 a 12 portêineres com lança articulada de 72 metros de alcance e altura máxima de 152 metros em repouso. Sua capacidade máxima é de 65MT em twinlift e 51MT em single-lift.

2.2.2.1.2 Detalhes sobre as Estrutura dos Berços

O dimensionamento do cais foi feito para suportar os esforços da amarração dos seguintes navios tipo:

Características	Maior navio	Menor navio
Comprimento	400,0 m	150,0 m
Boca	62,0 m	23,6 m

Características	Maior navio	Menor navio
Calado na situação de carga máxima	16,5 m	9,0 m
Porte bruto	130.000 TPB	15.000 TPB
Deslocamento	170.000 tf	20.000 tf

Tabela 2-5: Navios tipo do Terminal de Contêiner

Fonte: Acervo Imetame.

A estrutura foi concebida em elementos pré-moldados com fabricação no local.
Para atracação estão previstos cabeços de amarração e defensas com capacidade de absorção da energia gerada pela acostagem do maior navio.

2.2.2.2 Pátio de contêineres

O TECON possui um pátio de aproximadamente 227.000 metros quadrados dedicado ao armazenamento de contêineres a serem movimentados pelo terminal. Para além dessa área, o TECON ainda conta com uma área de inspeção de lacres, armazém, gates, oficina de manutenção, entre outras estruturas.

Para melhorar a dinâmica operacional, os contêineres são organizados no pátio de acordo com o tipo de movimentação a qual serão submetidos (exportação, importação ou transbordo). Além disso, existem áreas que são preparadas para receber cargas que precisam de tratamentos específicos, como aquelas que possuem tomadas para contêineres refrigerados e as que possuem canaletas de contenção para evitar contaminação da rede pluvial em caso de vazamentos de produtos químicos.

O manuseio dos contêineres é feito por transtêineres do tipo RTG (*Rubber Tyred Gantry*) e por *Reach Stackers* para pilhas de contêineres cheios, e, para pilhas de contêiner vazio, *Empty Handlers*. Já o transporte horizontal – cais-pátio e vice-versa – é feito por caminhões comuns ou equipamentos específicos que são os "terminal tractors". As pilhas

são posicionadas numa configuração back-to-back de forma o otimizar o uso dos equipamentos e o fluxo interno de veículos.

Ao longo de todo o pátio existirão postes que além de oferecerem suporte às luzes do terminal, também abrigarão antenas para redes sem fio e câmeras de monitoramento CFTV.

2.2.2.2.1 Equipamentos de pátio

Rubber Tyred Gantry Crane – RTG

A movimentação vertical de contêineres no pátio será realizada, na maioria dos casos, por transtêineres do tipo RTG – Rubber Tyred Gantry Crane (Guindaste Pórtico sobre Pneus).

Os equipamentos dimensionados para operação no TECON possuem cerca de 30 metros de largura e 28 metros de altura, podendo atender de forma segura pilhas com 7 contêineres de largura com espaço para passagem de um caminhão ou terminal tractor e 6 contêineres de altura para estivagem, e mais uma altura (sétima altura) para passagem do trolley movimentando um contêiner.

De forma semelhante ao STS, a operação dos RTGs poderá estar concentrada em um centro de controle operacional. No caso desse tipo de equipamento é possível que um operador consiga operar de 2 à 3 equipamentos simultaneamente, dessa forma haverá menos estações de controle do que equipamentos no pátio. As atividades operacionais de movimentação do contêiner são geradas automaticamente pelo sistema operacional do Terminal – TOS (Terminal Operation System) e apresentadas ao operador através de um painel.

Reach Stackers – RS

As Reach Stackers são empilhadeiras de grande porte utilizadas para movimentação de contêineres cheios ou vazios. Além de poderem ser utilizadas no fluxo padrão de contêineres entre pátio e cais por conta da sua versatilidade e eficiência, principalmente no início das operações do TECON e TMULT, elas também serão utilizadas em operações intermodais e outras operações paralelas como movimentação de contêiner para vistoria, etc.

Esses equipamentos possuirão spreaders adaptáveis, capazes de movimentar contêineres de 20', 40' e 45' pesando até 45 toneladas, a depender da posição do contêiner na pilha.

Os operadores das RS receberão as atividades de movimentação dos contêineres através de um dispositivo integrado ao sistema operacional – TOS.

Empty Handlers – EH

As Empty Handlers serão empregadas no TECON para movimentação de contêineres vazios, em pilhas com até 7 de altura. Os equipamentos possuem capacidade para um único contêiner de 20', 40' ou 45' com até 9 toneladas. Por conta das características do spreader, esses equipamentos só podem movimentar contêineres posicionados na primeira fila da pilha.

Terminal Tractor – TT, ou Caminhão Convencional

Os caminhões ou Terminal Tractors são equipamentos otimizados para o ambiente portuário e realizam o transporte horizontal de contêineres no interior do terminal, seja no fluxo padrão de importação e exportação, seja no transporte para outras atividades como serviços de armazém ou inspeções de órgãos anuentes.

A operação do TECON poderá contar com 2 tipos de TTs ou Caminhões convencionais, os 4x2 para operações padrão com um único contêiner e 4x4 para operações específicas com bitrens. Em ambos os modelos o motorista terá à disposição um dispositivo conectado ao TOS para recebimento das missões a serem realizadas.

Além do Caminhão ou Terminal Tractor (cabine/cavalo), os reboques ou semi-trailers também são adaptados para facilitar a movimentação dentro do terminal. Um exemplo são os encaixes que substituem os twislocks na fixação do contêiner para o transporte.

2.2.2.3 Gates

O gate de acesso do Terminal é responsável por controlar e monitorar a entrada e saída de veículos e cargas, bem como o acesso de pessoal autorizado.

No TECON, a entrega e retirada de carga será realizada através de agendamento prévio e o gate fará, de forma automática e sem interação humana, a validação dos documentos associados àquele agendamento. Para garantir a segurança e a integração dos dados com os sistemas do Terminal, o gate será equipado com dispositivos de reconhecimento ótico, câmeras e totens de autoatendimento.

2.2.2.3.1 Equipamentos do Gate

<u>Portal OCR</u>

Os portais OCR possuem refletores de iluminação e câmeras dotadas de mecanismos de Reconhecimento Ótico de Caracteres (OCR, em inglês), para produzir imagens do número de identificação do contêiner com qualidade suficiente (foco, resolução, contraste e uniformidade), independente das condições operacionais e ambientais (luz solar, brilho solar, noite, condições adversas condições climáticas e números cobertos de sujeira).

O portal contará também com sistema LPR (license plate recognition) para leitura das placas dos veículos e sistema de detecção automática de avarias dos contêineres.

Assim, o sistema verifica a placa, os números de identificação do contêiner e outras informações enquanto o caminhão está em movimento, com base em um conjunto de sensores. Ele aciona automaticamente a iluminação, tira fotos de várias câmeras, extrai os números de identificação, classifica os tipos de contêineres, processa os resultados e, em seguida, alimenta os sistemas do terminal.

Quiosque de autoatendimento

O último estágio para acesso dos caminhões no Terminal acontece no quiosque de autoatendimento. Cada quiosque contará com totem de autoatendimento, sensor biométrico, câmera, interfone, sistema de reconhecimento de placa de veículos (LPR) e balança.

Neste estágio o sistema validará todas as informações referentes ao agendamento, ao mesmo tempo em que a carga é pesada junto com o caminhão completando o processo de pesagem na saída do caminhão. Por fim, o sistema irá fornecer orientações ao motorista quanto ao tráfego e à operação no interior do Terminal.

Após a conclusão dos processos de entrada e saída nos gates o sistema TOS irá compartilhar os dados com as partes interessadas por meio de um arquivo eletrônico – EDI.

Para tratamento de exceções e sempre que necessário, uma central de atendimento remoto poderá ser acionada a partir do totem.

2.2.2.4 Sistemas

As operações do TECON serão apoiadas por diversos sistemas que recebem, processam e retornam dados gerando agilidade e eficiência para a movimentação de contêineres. Internamente o TOS (Terminal Operating System) atua como uma plataforma centralizada que integra e coordena todas as atividades envolvidas no terminal, desde o recebimento dos contêineres até a sua movimentação, armazenamento e expedição.

A principal importância do TOS reside na sua capacidade de otimizar, automatizar os processos operacionais e fornecer uma visão completa e em tempo real das atividades do terminal, permitindo que os gerentes e operadores tomem as melhores decisões. Outra grande importância do TOS é a sua capacidade de integrar e se comunicar com outros sistemas internos e externos, como de autoridades portuárias, por exemplo. Essa integração facilita a troca de informações e a sincronização de processos entre os diferentes atores envolvidos na cadeia logística, garantindo uma colaboração eficiente e maior segurança para a cadeia.

Terminal Operating System – TOS

O TOS (Terminal Operating System) é um sistema robusto, responsável pela gestão de diversas frentes de operação do terminal de contêineres.

O TOS fornece configuração completa e realização de tarefas relacionadas a embarcações, desde a configuração de tipos de embarcação, suas visitas, até a realização das atividades relacionadas a embarcações em cada visita ao porto. O sistema combina fatores de estiva com restrições do pátio e estratégia operacional para selecionar o melhor contêiner para carregar/descarregar, resultando em planos de estiva aprimorados, redução de tempo de planejamento, maior produtividade do pátio e maior capacidade de resposta a desafios operacionais.

O planejamento e controle do pátio será realizado pelo sistema, que fornecerá controle total das operações de pátio de qualquer tipo e volume de movimentação, utilizando todos os tipos de equipamentos de manuseio de contêineres, fornecendo um modelo detalhado do pátio, visualizações gráficas e planejamento em tempo real para permitir que se alcance eficiências ótimas no planejamento do pátio. Além disso, essa opção fornece atribuição automática de posições de contêiner com base em estratégias de planejamento de pátio predefinidas, garantindo que os contêineres recebidos, seja pelo portão, navio ou trem, sejam posicionados no pátio com o objetivo de minimizar o manuseio repetido de contêineres, economizando assim tempo e recursos.

O TOS possuirá também, módulo de monitoramento de contêineres refrigerados, que realizará a aquisição de dados de monitoramento dos reefers automaticamente, sem exigir que um colaborador visite fisicamente o contêiner. Portanto, ao usar um sistema de monitoramento de contêineres refrigerados, o terminal reduzirá significativamente a carga de trabalho.

O sistema terá módulo de controle de equipamentos para reduzir o tempo ocioso destes utilizando menos equipamentos para alcançar o mesmo ou maior volume de movimentação quando comparado a terminal sem sistema de otimização. O módulo combina restrições de pátio e equipamentos com regras de negócio operacionais de forma a otimizar as atribuições de trabalho em tempo real, visando o uso eficiente de equipamentos, distâncias de deslocamento mais curtas, menos movimentos vazios e menores consumo de combustível, mão de obra e manutenção.

O sistema fornecerá também monitoramento em tempo real dos cronogramas de guindastes, movimentações de contêineres de navios, atividades de navios e atribuições de mão de obra, permitindo ajustes dinâmicos nos tempos previstos de carregamento, descarregamento e sequências de guindastes. Os planejadores de navios podem obter previsões mais precisas de movimentações de contêineres e tempos de conclusão,

aumento da produtividade da mão de obra e um controle de equipamentos mais integrado.

Através de uma plataforma de armazenamento de dados, o sistema permitirá a análise dos KPIs operacionais auxiliando na identificação de gargalos e, em uma abordagem mais aprofundada, na identificação das causas raiz, visando a tomada de decisões mais assertivas pela gestão.

Warehouse Management System – WMS

O terminal contará também, com um sistema de gerenciamento de armazém (Warehouse Management System – WMS), solução de software projetada para otimizar e controlar as operações de armazenamento e movimentação de carga nos armazéns do porto.

O sistema WMS possuirá funcionalidades de registro e monitoramento da chegada das cargas ao armazém; atribuição de um local de armazenamento adequado para cada carga (tipo de mercadoria, requisitos de armazenamento, prioridades e disponibilidade de espaço); gerenciamento de estoque; otimização da movimentação de cargas; controle de expedição; integração com outros sistemas como sistemas de gerenciamento de transporte, sistemas de controle de acesso e sistemas de rastreamento de contêineres; entre outras.

Dessa forma, o sistema WMS automatizará e otimizará as operações de armazenamento e movimentação de carga no armazém, garantindo um fluxo eficiente, controle preciso do estoque e um gerenciamento completo das operações. Isso resulta em maior produtividade, redução de erros, melhoria na utilização dos recursos e melhor serviço ao cliente.

Controle de Acessos

O controle de acesso de veículos e pessoas ao terminal será realizado por meio de sistema, que deverá realizar a integração entre o sistema TOS e os diversos dispositivos de controle empregados.

Para o controle rodoviário, o sistema deverá integrar dados de LPR (*License Plate Recognition*), OCR (*Optical Character Recognition),* cancelas, leitores de crachá, leitores de impressão digital, leitor biométrico facial e detecção de avarias de contêineres. Para o controle de acesso de pessoas, o sistema irá integrar o sistema a dispositivos de leitura de crachá, leitura de impressão digital, torniquete e scanner de bagagens.

Para ambos os casos, o ambiente será monitorado constantemente por sistema de CFTV, outra importante ferramenta para a segurança do terminal, que deverá contar com dispositivos suficientes para cobertura do perímetro da instalação e de todos os pontos sensíveis. O sistema irá contar com funcionalidades para ampliação da segurança como alarmes de detecção de movimento, alarmes por perda de sinal, programação de gravação automática de vídeo, controle de câmeras PTZ, além da gravação das imagens por 180 dias.

Sistemas auxiliares

O terminal contará ainda com um sistema WEB para interface com atores da comunidade portuária, desde grandes armadores a transportadores de carga. A interface proporcionará uma importante integração dos serviços do porto e seus clientes, fornecedores e parceiros, atuando como um portal para registro e disponibilização de dados compartilhados de cargas, embarcações e operação.

Além dos sistemas específicos para gestão portuária, o terminal contará com sistemas modernos de gestão em geral, como ERP (Enterprise Resource Planning), solução de software abrangente que integra e gerencia todos os processos e operações essenciais de uma empresa como: integração de processos para comunicação fluida e compartilhamento de informações entre diferentes áreas; controle financeiro para o controle de custos, faturamento, contabilidade e relatórios financeiros; análise e relatórios para coleta e consolidação de informações operacionais e financeiras, oferecendo insights valiosos sobre o desempenho do terminal; gestão da cadeia de suprimentos para facilitar a coordenação com fornecedores, parceiros comerciais e transportadoras, melhorando a visibilidade e o controle ao longo de toda a cadeia logística.

Outros sistemas empregados no terminal que podem ser citados são o sistema de service desk e os sistemas de cyber segurança como firewall, backup, autenticação e endpoint.

2.2.2.5 Volume de contêineres

Estima-se que o Terminal de Contêineres chegue a movimentar anualmente, entre importação, exportação e transbordo, aproximadamente 5 milhões de toneladas (450.000 TEUs), conforme gráfico de Projeção de Volume do TECON. Análises de mercado apontam que essa carga será distribuída em média, ao longo do tempo, em 56% de carga gate e 44% de carga de transbordo.

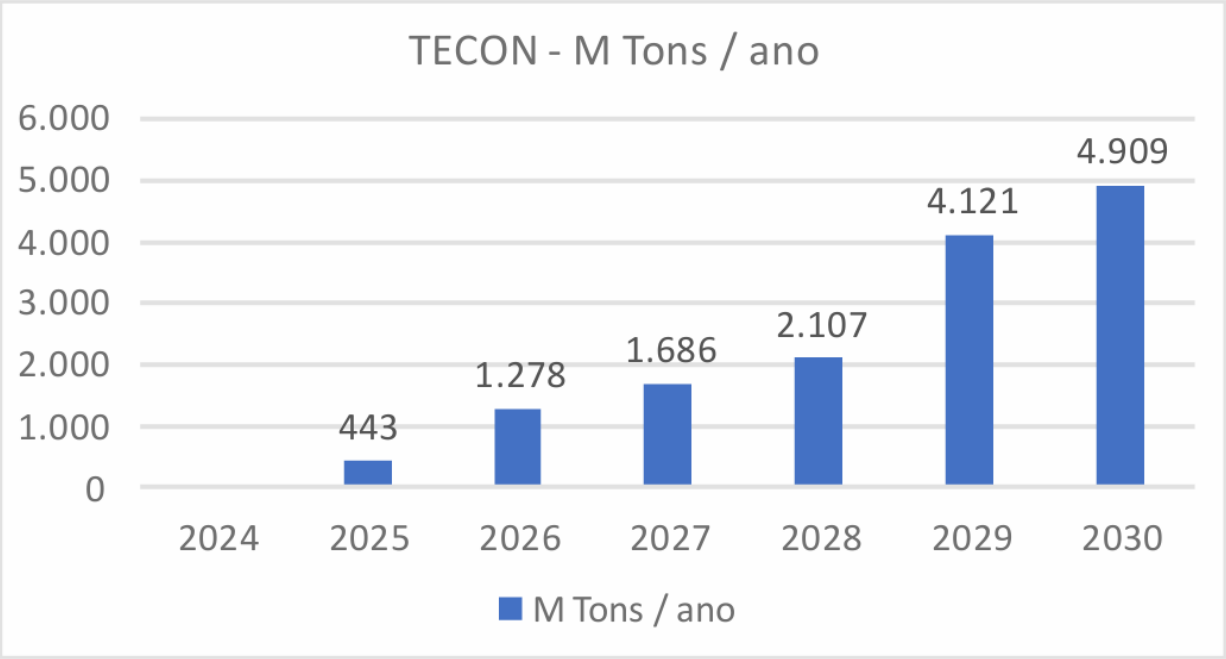


Figura 2-10: Projeção de volume do TECON
Fonte: Acervo Imetame.

Do ponto de vista de geração de tráfego, somente as cargas gate estão diretamente ligadas ao aumento do fluxo rodoviário e ferroviário na região. Para o dimensionamento desse fluxo considera-se inicialmente que 90% da carga gate é movimentada pelo transporte rodoviário, desse valor 30% são de caminhões bi-trens desde o início das operações. Como é possível observar a tabela abaixo, estima-se um volume inicial de 19.289 caminhões por ano, que representa cerca de 53 caminhões por dia, e, à medida que a movimentação do terminal aumenta, o volume de caminhões acompanha o crescimento chegando a 120.057 caminhões por ano, ou 330 caminhões por dia, no limite das operações, em 6 anos.

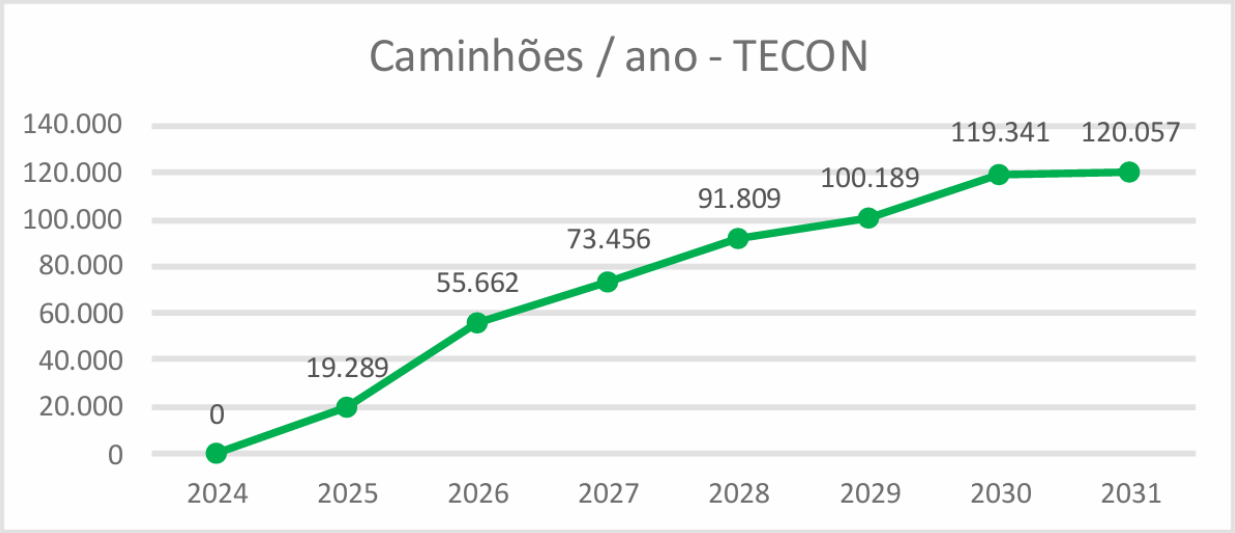


Figura 2-11: Tráfego Terrestre - TECON

Fonte: Acervo Imetame.

Para o cálculo do tráfego marítimo, considera-se a utilização do mix de embarcações que operam na costa brasileira em serviços de longo curso e cabotagem. O tipo de embarcação e a frequência da escala no terminal seguem a projeção de volume associado àquele serviço.

No início das operações, considera-se que o terminal atenda a 1 rota de longo curso e 1 rota de cabotagem, representando uma demanda de 50 navios por ano, ou 1 navios por semana. No limite das operações, entre navios de longo curso e cabotagem, estima-se uma demanda de 346 navios por ano, o que representa cerca de 6 navios por semana.

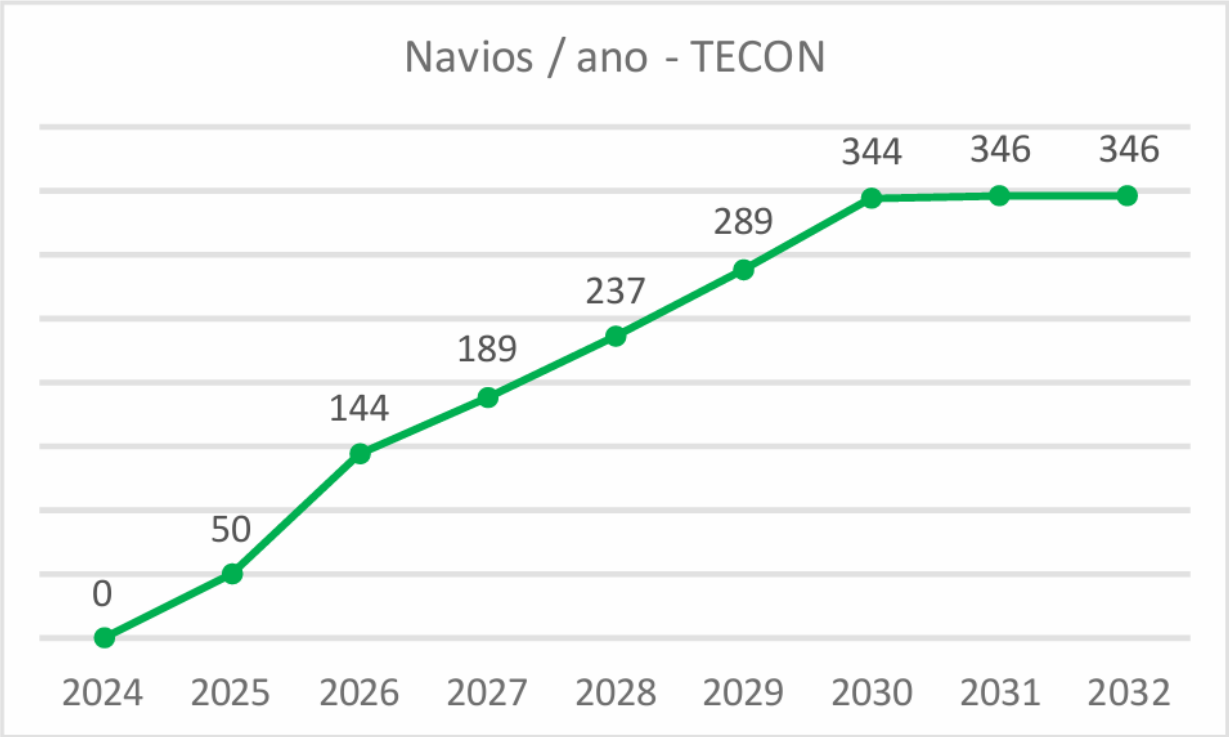


Figura 2-12: Tráfego Marítimo - TECON

Fonte: Acervo Imetame.

2.2.2.6 Mão de Obra – TECON

Os postos de trabalho do Terminal de Contêineres estão diretamente ligados à quantidade de equipamentos e à movimentação do Terminal. Em sua estrutura de pessoas, o TECON contará com um time de operações (operadores de guindastes, motoristas, auxiliares de costado, controlador de carga, etc) e um time administrativo (analistas de processos, compras, faturamento, RH, etc).

Por conta da característica das operações, o Terminal terá regime de turnos de trabalho. Em um primeiro momento, o Terminal operará com 3 turnos no Pátio/Cais e 1 turno no Armazém, já em plena operação as atividades serão realizadas em 4 turnos da operação de pátio/cais e 4 turnos da operação de Armazém.

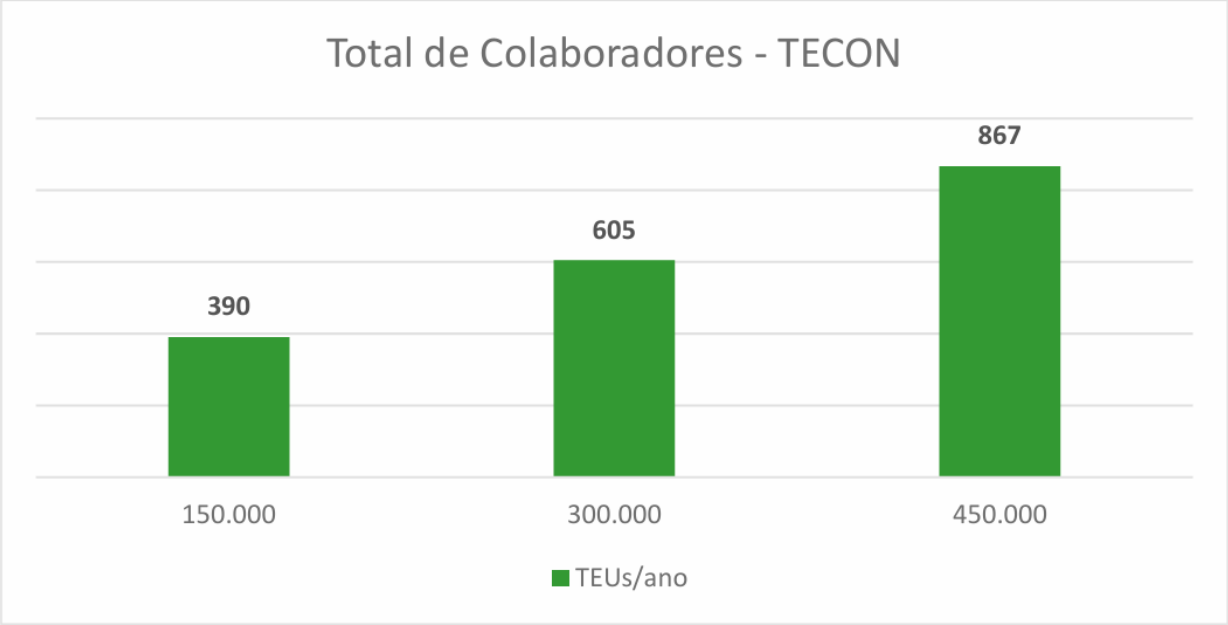


Figura 2-13: Total de colaboradores por faixa de movimentação/ano
Fonte: Acervo Imetame.

2.2.2 Terminal Multipropósito – TMULT

O Terminal Multipropósito da Imetame será dotado de equipamentos versáteis e estruturas específicas para atender a diversidade das operações de Carga Geral e de Granéis Sólidos.

A carga geral em operações portuárias se refere a mercadorias e produtos que não se enquadram em categorias específicas, como granéis sólidos, granéis líquidos ou cargas conteinerizadas. Em vez disso, ela engloba uma ampla variedade de itens e embalagens, incluindo caixas, pacotes, barris, sacos, maquinário pesado, veículos, projetos e outros objetos que não podem ser classificados de forma simplificada. Essa categoria de carga geral geralmente exige manuseio mais personalizado e flexível, pois os itens podem variar significativamente em forma, tamanho e peso. Portanto, o manuseio de carga geral requer equipamentos e técnicas adaptadas para acomodar a diversidade desses produtos e garantir sua eficiente movimentação e estocagem no terminal portuário.



Figura 2-14: Pátio do TMULT Imetame
Fonte: Acervo Imetame.

Granéis sólidos, por sua vez, referem-se a cargas a granel que são transportadas e manuseadas sem embalagem ou proteção individual, ou seja, em sua forma natural e solta. Isso inclui materiais como minérios, grãos, carvão, minerais, fertilizantes, açúcar e outros produtos semelhantes. Essas cargas são geralmente descarregadas diretamente dos porões de navios ou vagões de trem para o terminal portuário ou vice-versa, utilizando equipamentos específicos, como correias transportadoras ou guindastes de carregamento.

Seguindo a lógica de implantação do empreendimento, o TMULT será implantado em fases. Na primeira delas o terminal de carga geral estará utilizando as instalações do terminal de container como gates para acesso das cargas, retroárea para armazenagem e equipamentos de movimentação de carga no pátio, como também os equipamentos para suas operações de cais que acontecerão nos berços do Terminal de Contêineres. Nele estarão disponíveis 2 Mobile Harbour Cranes (MHC).

Enquanto estiver operando no berço do TECON, a capacidade de movimentação do TMULT estará limitada à cerca de 1,2 milhões de toneladas por ano, podendo variar de acordo com a disponibilidade do berço e tipo de carga.

Em segundo momento de implantação serão construídas as estruturas de atracação exclusivas para o Terminal Multipropósito e a retroárea será expandida para independência das operações de container e carga geral, ou seja, cada um com seu terminal segregado. A instalação de galpões lonados, inflados e/ou estruturas especificas para armazenagem e movimentação será realizada ao longo do tempo para atender a demanda dos parceiros do empreendimento.

A seguir listamos as principais cargas que poderão ser movimentadas no TMULT da Imetame Logística Porto.

- **Produto siderúrgico**

Os principais produtos siderúrgicos movimentados nos portos são bobinas, chapas, perfis, tubos e vergalhões de aço.

- **Rochas ornamentais**

A movimentação de rochas ornamentais é majoritariamente de exportação. Os blocos de granito chegam por caminhões, são armazenados em área específica no pátio de cargas gerais e, posteriormente, embarcados nos navios através de equipamentos especializados.

- **Máquinas e veículos**

Máquinas e veículos podem ser movimentados de diversas formas nas operações de embarque e desembarque. Em geral, veículos são transportados em navios Ro-Ro e a operação de carga e descarga acontece através de uma rampa de acesso ao navio por onde os veículos circulam. Máquinas e veículos de grande porte podem ser movimentados através dos guindastes.

- **Cargas de projetos**

Em operações portuárias, o termo "cargas de projeto" refere-se a cargas que possuem características específicas e exigem planejamento e manuseio especializado devido ao seu tamanho, peso, forma ou outras propriedades que as tornam distintas das cargas convencionais.

Como exemplo de cargas de projeto que poderão ser movimentadas através do TMULT estão as peças destinadas ao mercado de óleo e gás fabricadas pela Imetame Metalmecânica (estacas de sucção, manifolds, etc), pás eólicas, conjuntos motogerador, etc.

- **Granéis Sólidos**

Entre os granéis sólidos que podem ser movimentados no TMULT estão os grãos (soja, milho, farelo de soja, etc), fertilizantes, incluindo estrume, e minério e seus derivados. A movimentação dessas cargas poderá ser realizada com grabs direto para o caminhão com moegas rodoviárias, ou através de correias transportadoras, que direcionam para os carregadores/descarregadores que atuam diretamente no porão dos navios.

2.2.3.1 Berços de atracação

2.2.3.1.1 Descrição dos berços de atracação para navios do TMULT

O Terminal Multipropósito possuirá 990 metros de cais acostável disposto como ilustra a figura a seguir.

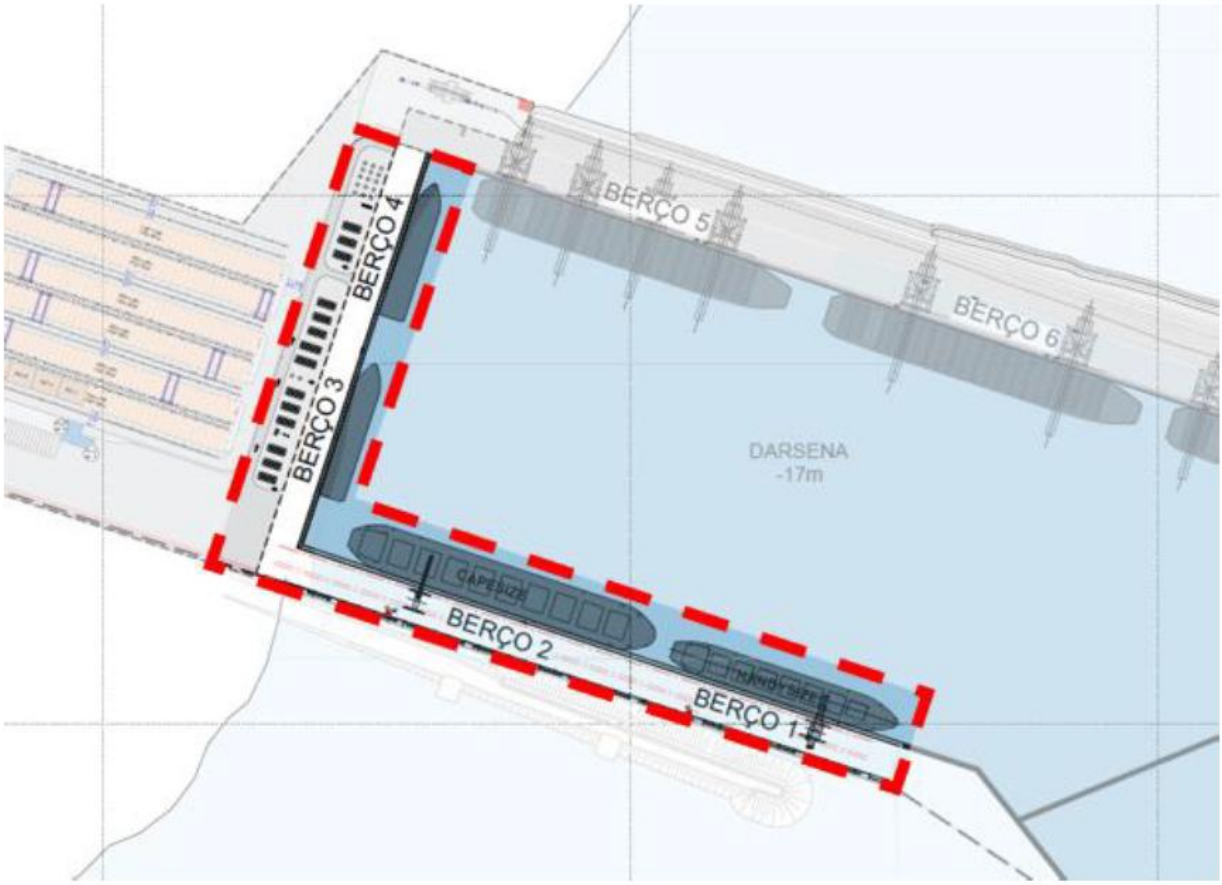


Figura 2-15: Cais Acostável do TMULT
Fonte: Acervo Imetame.

Nivelado à estrutura do TECON, o cais do TMULT estará elevado a uma cota +5,0 (DNH) e será equipado com cabeços, defensas e canaletas de suprimentos ao longo de toda sua extensão. A infraestrutura será dimensionada para receber navios da classe Panamax nos berços 3 e 4, e navios Capesize nos berços 1 e 2.

TMULT	Berços 1 e 2	Berços 3 e 4
Navio de projeto	**Capesize**	**Panamax**
LOA (m)	300,00	270,00
Boca (m)	49,00	32,00
Calado (m)	16,00	12,00
Porte Bruto (TPB)	150.000	80.000

Tabela 2-6: Infraestrutura dimensionada para recebimento de navios
Fonte: Acervo Imetame.

Em plena operação, a movimentação de carga poderá ocorrer através dos dois Mobile Harbour Cranes disponíveis no terminal, pelos guindastes de bordo das embarcações ou então pela rampa de acesso no caso de cargas rolantes. Além disso, havendo demanda para movimentação de Granéis Sólidos, o embarque e desembarque de carga, além da operação convencional com utilização de guindastes com grabs e moega rodoviária, a operação poderá ser realizada através de Carregadores de Navio (shiploaders) dispostos nos berços 1 e 2 e conectados a correias transportadoras enclausuradas.

Visando a fluidez e otimização da operação, haverá uma área paralela aos berços 3 e 4 com aproximadamente 15.000 m² onde poderão ser posicionadas cargas temporariamente, formando uma espécie de pulmão, e/ou servir de apoio ao tráfego de veículos.

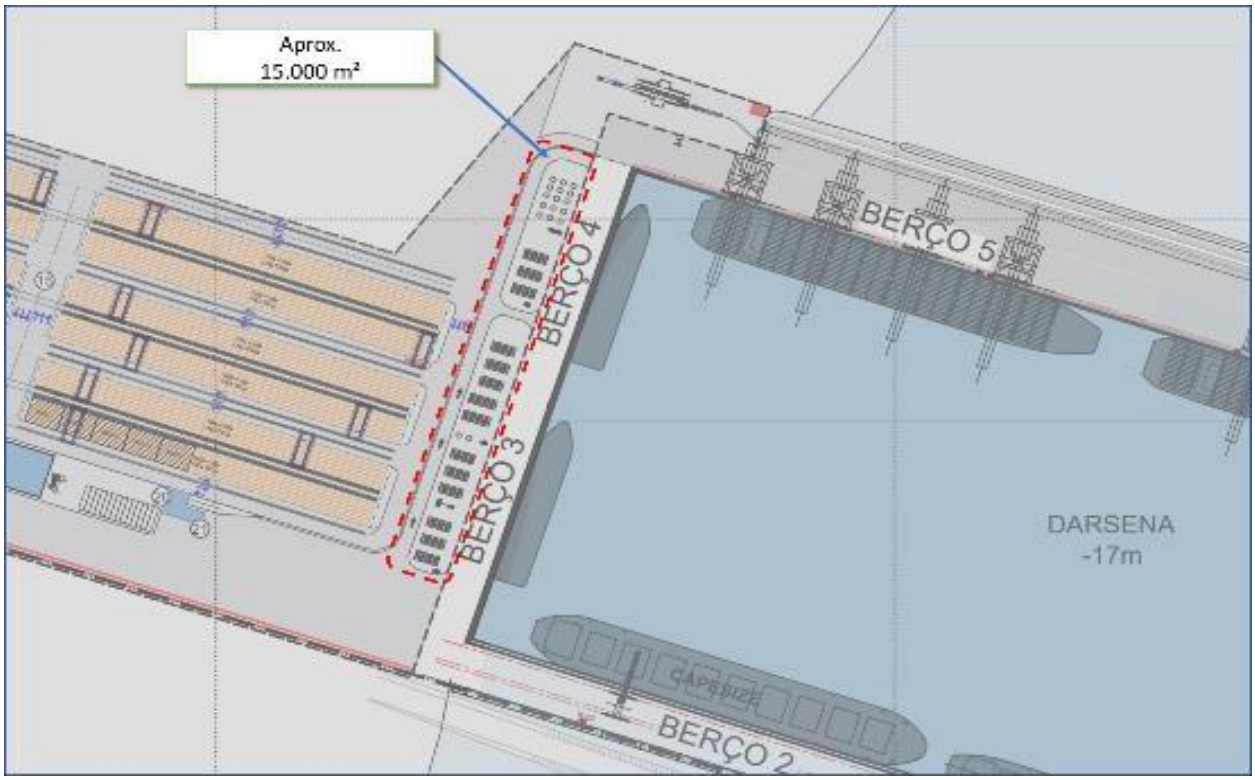


Figura 2-16: Área de apoio operacional TMULT

Fonte: Acervo Imetame.

2.2.3.1.2 Equipamentos de Cais

MHC (Mobile Harbour Crane)

Um Mobile Harbour Crane, ou guindaste portuário móvel, é uma máquina de manuseio de carga projetada para operações portuárias polivalentes. Ele é montado sobre rodas ou esteiras para possibilitar a mobilidade ao longo do cais e é equipado com uma lança extensível e um gato de carga. Esses guindastes também podem manusear contêineres, cargas a granel e outras mercadorias de e para navios, oferecendo eficiência e versatilidade nas operações portuárias, contribuindo assim para o funcionamento eficaz da cadeia de suprimentos global e a movimentação de mercadorias em grande escala.

Os MHCs do Terminal Multipropósito terão capacidade de movimentar até 150 toneladas por equipamento e serão dotados de automações que facilitam e tornam a operação mais segura, como o controle de balanço e o alinhamento automático de contêineres. A tabela a seguir apresenta os maiores navios que podem ser atendidos por este equipamento a depender do tipo de carga movimentada.

Carga	Navio tipo	Características
Carga Geral e Carga de Projeto	Panamax	LOA 290m; Boca 32m; Calado 12m
Granéis Sólidos	Capesize	LOA 292m; Boca 45m; Calado 15m
Contêiner	Post Panamax	LOA 300m; Boca 43m; Calado 14,5m

Tabela 2-7: Maiores navios que podem ser atendidos pelo MHC

Fonte: Acervo Imetame.

Navios Multi-Purpose e Roll-on Roll-off (Ro-Ro)

Do ponto de visto operacional, é possível que a movimentação da carga aconteça a partir dos equipamentos do próprio navio atracado.

Alguns navios do tipo "Multi-Purpose" por exemplo, possuem guindastes próprios que operam de forma semelhante aos MHCs e podem ser usados na operação.

O navio "Roll-on Roll-off", comumente denominado de "Ro–Ro", é um tipo de navio para o transporte de automóveis, outros veículos ou cargas rodantes, de modo que estes entrem e saiam do navio pelos seus próprios meios através de rampas de acesso do próprio navio.

Shiploader (Carregador de navios)

Um shiploader é um equipamento especializado utilizado para carregar materiais a granel, como minérios, carvão, grãos, minerais e outros produtos similares, diretamente nos porões de navios graneleiros. Esses equipamentos são projetados com sistemas de correias transportadoras, braços telescópicos ou outras tecnologias que permitem o transporte eficiente dos materiais a granel do terminal portuário para o porão do navio. Os shiploaders são frequentemente montados em trilhos ou em estruturas móveis para alcançar diferentes áreas do convés do navio, garantindo um carregamento uniforme e eficaz.

A movimentação de granéis sólidos será, inicialmente, realizada através dos próprios MHCs equipados com grabs específicos para esse tipo de carga. A depender da demanda por esse tipo de operação, serão instalados os Shiploaders e correias transportadoras enclausuradas.

2.2.3.2 Pátios e estruturas de armazenagem

Apesar da diversidade de cargas do TMULT gerar uma certa complexidade em relação a movimentação dessas cargas, o mesmo não acontece com o seu armazenamento.

O método de armazenagem e movimentação de cargas no pátio pode variar não só com o tipo, mas também com as recomendações do cliente. Salvo algumas exceções, que serão tratadas a seguir, as cargas não exigem estruturas específicas para o

posicionamento no pátio. Estas são posicionadas sobre dormentes ou pallets e organizadas de forma livre, buscando o melhor arranjo a depender da sua geometria e tamanho.

Dentre as exceções esperadas estão cargas rodantes (veículos, tratores, etc), alguns produtos siderúrgicos e granéis sólidos.

Cargas rodantes, em geral, são movimentadas por seus próprios meios – são autopropelidas – e durante a estadia no pátio ficam posicionadas diretamente sobre o pavimento. De forma a atender a demanda que tem se revelado até então, será destinada uma área preferencial de 200.000 m² (10.000 vagas) para armazenagem desse tipo de carga.

Existem cargas que merecem atenção especial no que diz respeito a proteção contra chuva e vento, a fim de evitar danos a própria carga ou eliminar qualquer possibilidade de emissão de particulados, como alguns produtos siderúrgicos e granéis sólidos. Para esses casos serão utilizados armazéns lonados, que por serem estruturas leves e desmontáveis entregam flexibilidade para as operações.

Para o posicionamento das estruturas mencionadas no parágrafo anterior, bem como para a armazenagem em geral do terminal, serão necessários cerca de 100.000 m², totalizando um pátio de armazenagem de cerca de 300.000 m².

2.2.3.2.1 Equipamentos de Pátio

<u>Empilhadeiras</u>

Para atender às necessidades de movimentação de diferentes tipos cargas, com tamanhos, formatos e pesos diferentes, os terminais multipropósitos utilizam uma variedade de empilhadeiras, cada uma com suas próprias características e aplicações específicas. Entre elas podemos destacar as Reach Stackers, empilhadeiras de alta

elevação, Fork Lifts, etc. Em geral, esses equipamentos são versáteis e podem ser adaptados a cada operação através de acessórios de elevação específicos.

Pá carregadeira

No caso do armazenamento de granéis sólidos em armazéns a presença de tratores (pá carregadeiras) para rechegar a carga à medida que o volume aumenta é fundamental para garantir a eficiência e otimização das operações

Caminhões com reboques especializados

O perfil heterogêneo das cargas que passam pelo Terminal Multipropósito requer caminhões e reboques com características especificas para cada tipo de carga. Para veículos, por exemplo, utiliza-se caminhões "cegonha", já para cargas e máquinas pesadas e fora do padrão são utilizadas pranchas reforçadas como mostrada na Figura 52.

Caminhão graneleiro

Um caminhão para transporte de grãos é um veículo especialmente projetado para transportar cargas a granel, como cereais (por exemplo, trigo, milho, soja), sementes, grãos de café, e outros materiais granulares similares. Esses caminhões geralmente possuem caçambas ou carrocerias adaptadas para acomodar grandes quantidades de grãos, e podem ser equipados com sistemas de descarga que permitem a descarga controlada dos grãos em silos, armazéns ou outras instalações de armazenamento.

2.2.3.3 Gates

No início das operações, o gate de acesso do TMULT será o mesmo do TECON, mas que futuramente será independente. O Gate é responsável por controlar e monitorar a entrada e saída de veículos e cargas, bem como o acesso de pessoal autorizado.

O processo de gate do TMULT será semelhante ao processo de gate do TECON. A entrega e retirada de carga será realizada através de agendamento prévio e o gate fará, de forma automática e sem interação humana, a validação dos documentos associados àquele agendamento. Para garantir a segurança e a integração dos dados com os sistemas do Terminal, o gate será equipado com dispositivos de reconhecimento ótico, câmeras e totens de autoatendimento.

2.2.3.3.1 Equipamentos do Gate

Quiosque de autoatendimento

O acesso dos caminhões no Terminal acontece através do quiosque de autoatendimento. Cada quiosque contará com totem de autoatendimento, sensor biométrico, câmera, interfone, sistema de reconhecimento de placa de veículos (LPR) e balança.

Neste estágio o sistema validará todas as informações referentes ao agendamento, ao mesmo tempo em que a carga é pesada junto com o caminhão completando o processo de pesagem na saída do caminhão. Por fim, o sistema irá fornecer orientações ao motorista quanto ao tráfego e à operação no interior do Terminal.

Para tratamento de exceções e sempre que necessário, uma central de atendimento remoto poderá ser acionada a partir do totem.

2.2.3.4 Volume de carga geral

O Terminal Multipropósito está dimensionado para movimentar cerca de 2 milhões de toneladas de carga por ano. Considerando as principais cargas mencionadas no item anterior, estima-se um ramp-up de captura de carga iniciando com aproximadamente

600 mil toneladas e chegando a 2,5 milhões ao longo do tempo, como apresentado no Gráfico 2 no item Matriz de Carga.

Do ponto de vista de geração de tráfego, o dimensionamento considera uma distribuição entre modais como sendo 50% rodoviário e 50% ferroviário. Do volume rodoviário, adotou-se uma movimentação média por caminhão de 27 toneladas e 30% de caminhões bi-trens desde o início das operações. Como é possível observar a tabela abaixo, estima-se um volume inicial de 1.575 caminhões por ano, que representa cerca de 4 caminhões por dia, e, à medida que a movimentação do terminal aumenta, o volume de caminhões acompanha o crescimento chegando a 17.374 caminhões por ano, ou 48 caminhões por dia, em 2034.

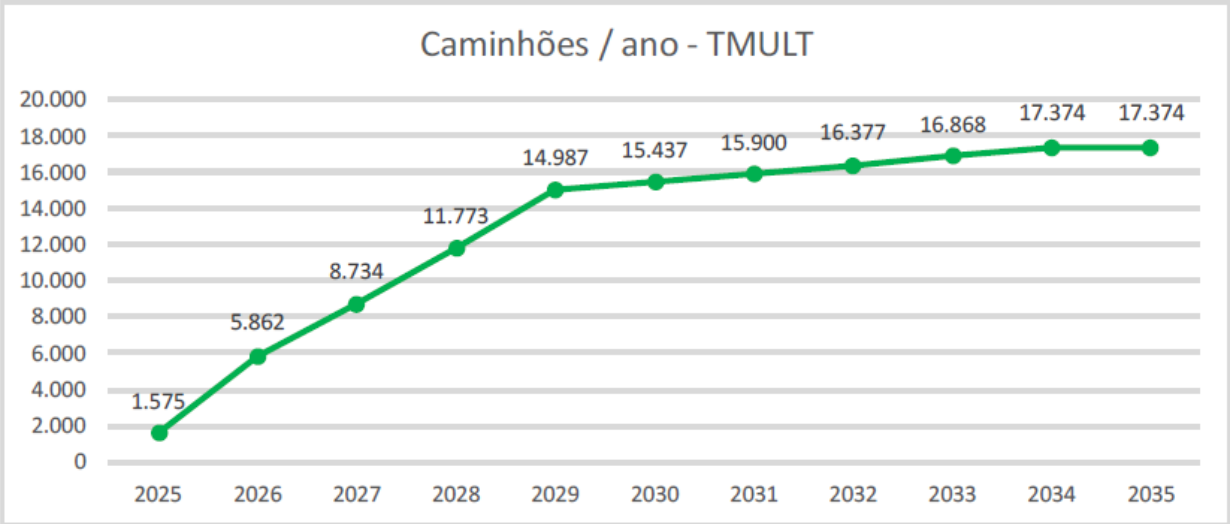


Figura 2-17: Tráfego Terrestre TMULT
Fonte: Acervo Imetame

Para o cálculo do tráfego marítimo, considera-se a utilização do mix de embarcações que operam na costa brasileira em operações semelhantes as esperadas no terminal e um fator de estiva de 0,6.

Porte de navios	DWT	Distribuição de carga
Barcaça	15.000	30%
Handysize	30.000	20%
Handymax	50.000	20%
Panamax	80.000	20%
Capesize	180.000	10%

Tabela 2-8: Mix de embarcações do TMULT

Fonte: Acervo Imetame

As premissas apresentadas anteriormente aplicadas a curva de volume do terminal levam a uma demanda de 6 navios por ano, menos de 1 navio por semana, no início das operações. Com o avanço da demanda esse número pode chegar a 65 navios por ano em 2034.

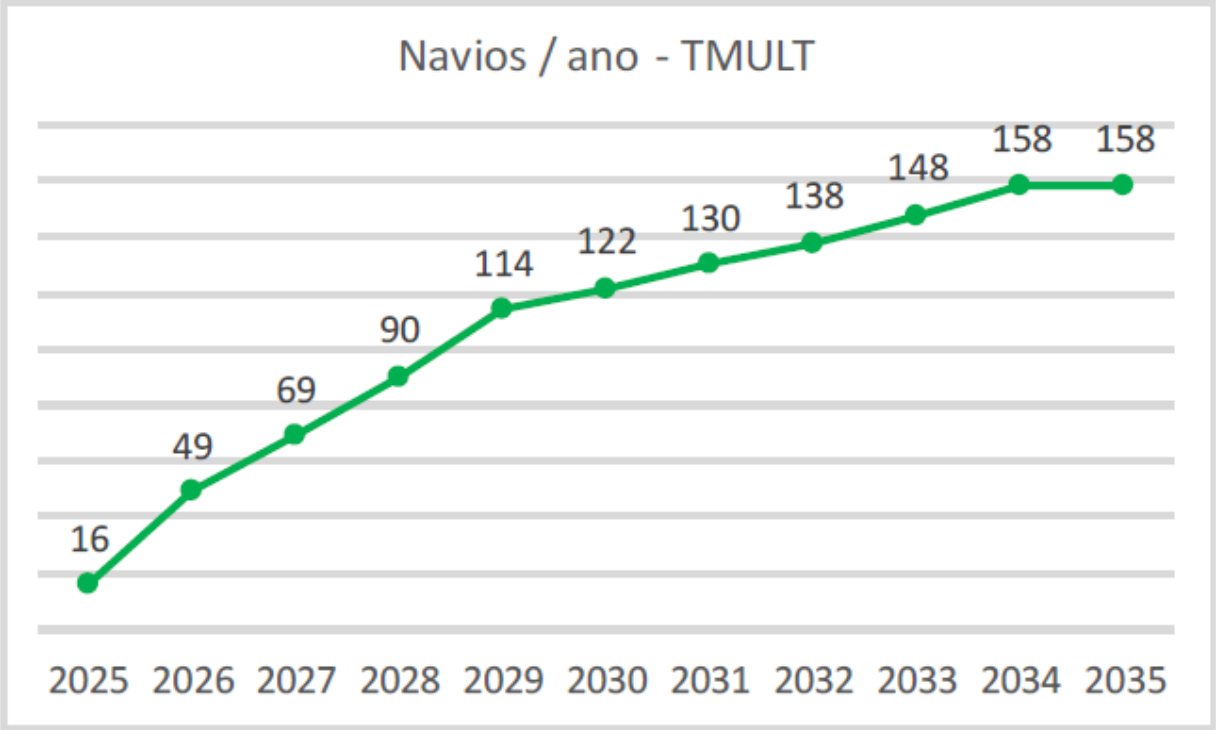


Figura 2-18: Tráfego Marítimo TMULT

Fonte: Acervo Imetame

2.2.3.5 Volumes de Granéis Sólidos

Tomando como base a movimentação de Grãos e Minérios, o volume total estimado é de 80 mil de toneladas no início das operações e pode chegar à aproximadamente 600 mil de toneladas em 2040.

Para o cálculo do tráfego terrestre, considera-se uma distribuição por modal de 90% com origem no transporte ferroviário e 10% transportada por rodovias. A carga média por caminhão comum é de 27 toneladas e aplicou-se a utilização de 30% de bi-trens, resultando no volume inicial de 11.019 veículos por ano, podendo chegar à 31.424 veículos por ano em 2040.

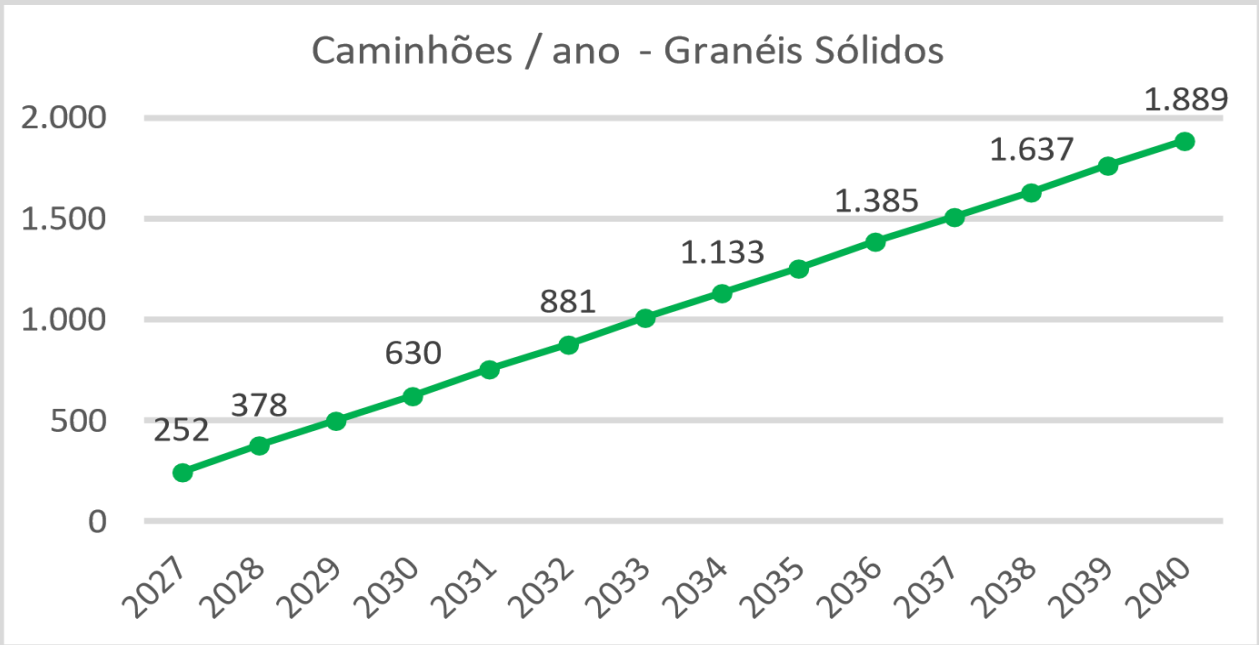


Figura 2-19: Tráfego Terrestre Granéis Sólidos

Fonte: Acervo Imetame

Para o cálculo do tráfego marítimo, considera-se a utilização de embarcações do tipo Panamax, com média de 40.000 ton por embarcação, tem-se aproximadamente 2 atracações no ano no início das operações e 15 atracações em 2040.

2.2.3.6 Mão de Obra – TMULT

Em um primeiro momento as operações do TMULT serão realizadas na ociosidade do berço do TECON. Nessa situação, as operações podem ser realizadas pela mão de obra do TECON.

À medida que a movimentação aumentar e o cais do TMULT estiver pronto a operar, esse terminal demandará mão de obra própria, que será distribuída em turnos de trabalho e junto com o ADMIN poderá chegar a 200 pessoas, incluindo diretores, equipe comercial, administrativa, financeiro e operacional, dependendo do segmento de carga predominante no Terminal.

2.3 CLASSIFICAÇÃO E CARACTERISTICAS DAS SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS

O presente item visa apresentar as características relevantes dos produtos que serão armazenados e manipulados no Imetame Logística Porto, que possuem potencial de causarem danos maiores às pessoas, ao meio ambiente e às instalações, seja pela frequência com que são utilizados, pelas quantidades envolvidas e/ou pelas características inerentes a própria substância.

Assim, este item apresenta a classificação das substâncias químicas que haverá na instalação, a qual foi realizada com base no critério de classificação preconizado na Norma Técnica Cetesb P4.261.

O controle do produto químico presente na instalação, será realizado pelos responsáveis da área. A Ficha com Dados de Segurança - FDS do produto deverá estar disponível em sistema interno e/ou impressas nas áreas de armazenamento para consulta. Quando o empreendimento iniciar sua operação, deverá ser elaborado um Programa de Gerenciamento de Riscos - PGR para riscos tecnológicos com as FDS atualizada.

2.3.1 Critério de Classificação Adotado

O critério de classificação de substâncias químicas quanto à periculosidade, preconizado na Norma Cetesb P4.261, determina que as substâncias químicas, com exceção daquelas na fase sólida, são classificadas de acordo com seu potencial tóxico e/ou inflamável.

2.3.2 Classificação da Substância Química

A Tabela 2-3 a seguir apresenta as principais características das substâncias químicas que serão armazenadas e/ou manipuladas na área do empreendimento, segundo informações apresentadas nos itens anteriores, bem como na respectiva FDS dos produtos informados, estas FDS podem ser consultados no **Anexo II** deste documento.

2.3.3 Características da Substância Química

As características físicas, químicas, toxicológicas e de inflamabilidade, associadas aos produtos químicos envolvidos no projeto avaliado, são importantes subsídios à avaliação dos perigos e riscos relacionados à presença destes produtos na instalação, bem como fornecem subsídios à percepção dos riscos para os casos de liberação súbita destes produtos.

Tabela 2-9: Substâncias inflamáveis e/ou tóxicas.

Substâncias Químicas	Classe de Risco	Nº ONU	Maior inventário (m³)	Pvap (mmHg) a 40 °C	Propriedades	
					PF (°C)	PE (°C)
Óleo combustível marítimo MF- 380	3	1268	10.000	3	60	121
Óleo diesel marítimo	3	1202	5.000	N.D	60	N.D
Petróleo	3	1267	10.000	N.D	-7	32

Legenda:

P_{vapor} = Pressão de vapor
PF = Ponto de Fulgor
PE = Ponto de Ebulição
N.D = Não disponível

Fonte: Ambipar Response, 2025.

2.4 DESCRIÇÃO POPULACIONAL DO ENTORNO

O Empreendimento Imetame Logística Porto está localizado no litoral do Município de Aracruz – ES, entre as localidades de Barra do Riacho e Santa Marta.

A ocupação populacional no entorno do empreendimento é predominante industrial. Ao Norte e Oeste existem áreas verdes, ao Leste encontra-se área marítima e ao Sul encontra-se localizado o Estaleiro Jurong.

Não há nenhuma forma de ocupação antrópica na área de influência direta do empreendimento. As áreas a serem consideradas como vulneráveis são representadas pelo Estaleiro Jurong e pela parcela da Rodovia Estadual ES-010 que se encontra dentro do raio de alcance dos efeitos físicos

Como é possível avaliar, os contornos dos efeitos físicos (**ANEXO V**) não são capazes de atingir áreas sensíveis como residências, escolas, hospitais.

Para desenvolvimento deste EAR, considerou-se a população presente no empreendimento industrial do Estaleiro Jurong, com público médio de 500 pessoas, tanto para o período diurno quanto noturno, de forma conservadora.

Para a Rodovia Estadual ES-010, foi considerado um fluxo de veículo de 1500 carros/hora e 4 pessoas por veículo, tanto para o período diurno quanto noturno, sendo esta uma estimativa conservadora de acordo com o BEVI (2009). A Tabela 2-10 apresenta a estimativa de pessoas para o trecho estudado.

Desta forma, a Tabela 2-11 apresenta o quantitativo de pessoas vulneráveis:

Estimativa de Público Vulnerável – Rodovia ES-010		
Trecho Considerado	1,27 km	Trecho que representa interface com o Porto.
Fluxo de Carro	1500 carros/h	Ref.: BEVI (2009)
Velocidade Média da Rodovia	80 km/h	-
Quantidade de carros por km	18,75 carros/km	-
Quantidade de carros no trecho estudado	24 carros	-
Quantidade de pessoas por carro	4	Estimativa
Quantidade total de pessoas	96	-

Tabela 2-10: Estimativa de Público Vulnerável – Rodovia ES-010.

Fonte: Ambipar Response, 2025.

Área	**Quantidade de pessoas - Dia**	**Quantidade de pessoas - Noite**
Estaleiro Jurong	500	500
Rodovia Estadual ES-010	96	96

Tabela 2-11: Caracterização populacional do entorno – Áreas Vulneráveis.

Fonte: Ambipar Response, 2025.

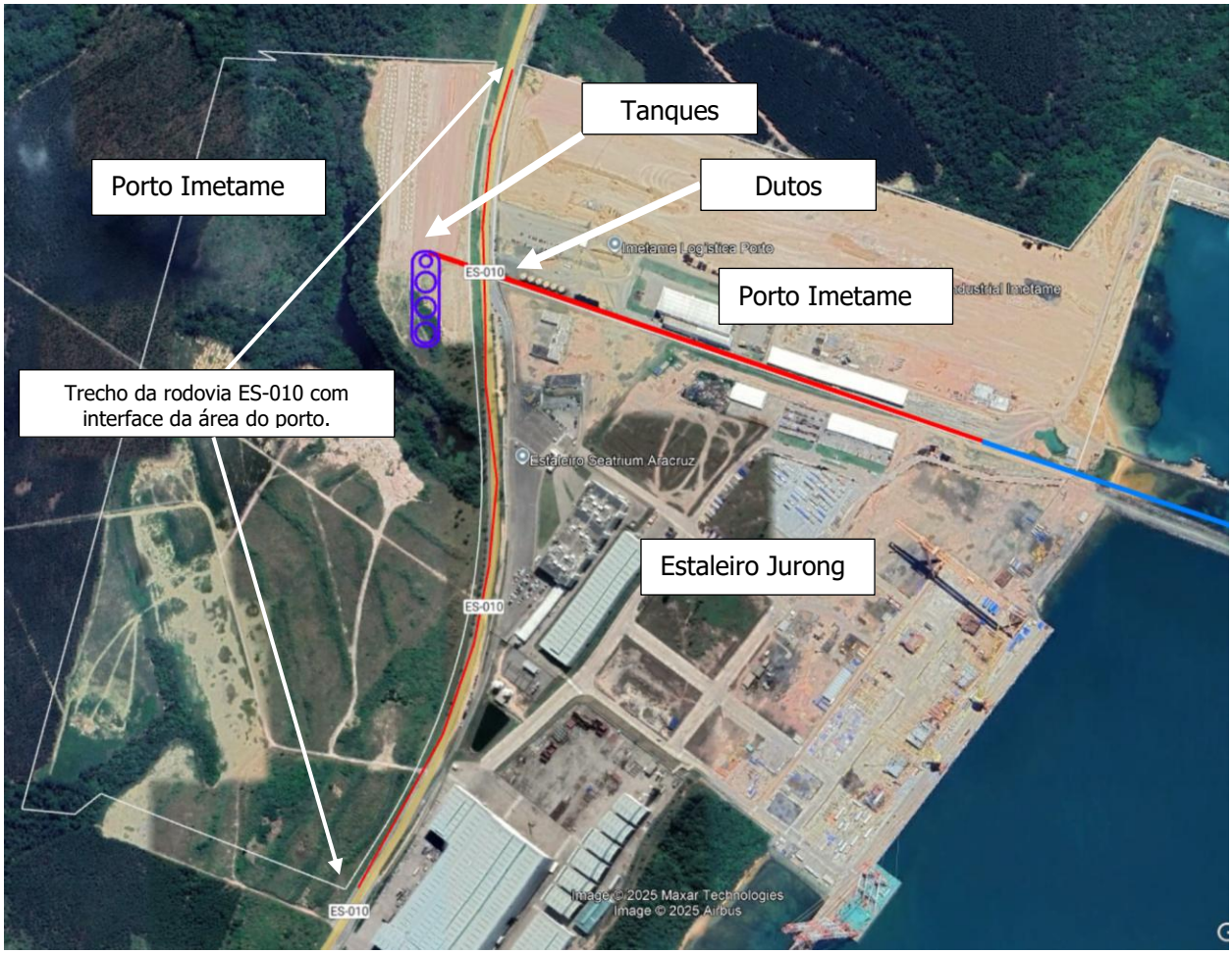


Figura 2-20: Área de interface do Porto Imetame e Rodovia Estadual ES-010.

Fonte: Ambipar Response, 2025.

2.5 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS E METEOROLÓGICAS

As informações meteorológicas foram obtidas com base em informações disponibilizadas pela Estação Meteorológica Emissário/Portocel da SUZANO, Unidade de Aracruz – ES.

Os dados meteorológicos foram determinados para o período diurno (06h01min até 18h) e período noturno (18h01min até 06h).

As estatísticas da direção e velocidade do vento foram obtidas utilizando-se o software WRPLOT View que tem recomendação da Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos. Para os cálculos da velocidade média, frequência da direção e construção da rosa dos ventos. O software apresenta a possibilidade de escolha de diversas classes para a predominância dos ventos e também para as velocidades. Foram utilizadas oito direções predominantes (N, NE, E, SE, S, SW, W e NW) e as seguintes classes para a velocidade: de 0,0 a 2,0 m/s, de 2,0 a 3,0 m/s, de 3,0 a 5,0 m/s, de 5,0 a 6,0 m/s e maior do que 6,0 m/s. Estes mesmos intervalos são utilizados na determinação das classes de estabilidade de Pasquill.

Os valores médios dos parâmetros meteorológicos analisados para os períodos diurno e noturno são apresentados através da Tabela 2-12.

Tabela 2-12: Parâmetros meteorológicos médios

PARÂMETRO	DIURNO	NOTURNO
Velocidade do Vento (m/s)	4,25	3,37
Temperatura Ambiente (ºC)	24,27	23,30
Umidade Relativa do Ar (%)	70,40	77,90

Fonte: INMET (2024).

As distribuições das frequências dos ventos para os períodos diurno e noturno estão apresentadas nas tabelas abaixo, bem com suas respectivas rosas dos ventos.

Tabela 2-13: Frequência dos ventos por classe de velocidade (Diurno).

Direção	Classe de Velocidade dos Ventos (m/s)					Total
	v <= 2,00	2,00 < v <= 3,00	3,00 < v <= 4,00	4,00 < v <= 5,00	v > 6,00	
N	0,19%	1,18%	1,41%	3,96%	0,79%	7,52%
NE	0,44%	5,90%	2,09%	5,85%	5,98%	20,26%
E	0,71%	6,31%	2,37%	6,61%	3,15%	19,14%
SE	0,78%	6,09%	1,38%	1,95%	0,76%	10,97%
S	0,82%	1,79%	5,79%	3,07%	4,27%	15,74%
SW	0,75%	1,04%	4,09%	2,44%	4,43%	12,76%
W	1,22%	1,93%	1,38%	1,07%	0,13%	5,73%
NW	0,51%	4,39%	2,22%	0,68%	0,08%	7,87%
Total	5,43%	28,63%	20,72%	25,62%	19,60%	100,00%
Calmaria						0,00%
Total						100,00%

Fonte: Ambipar Response, Software WRPLOT, 2024

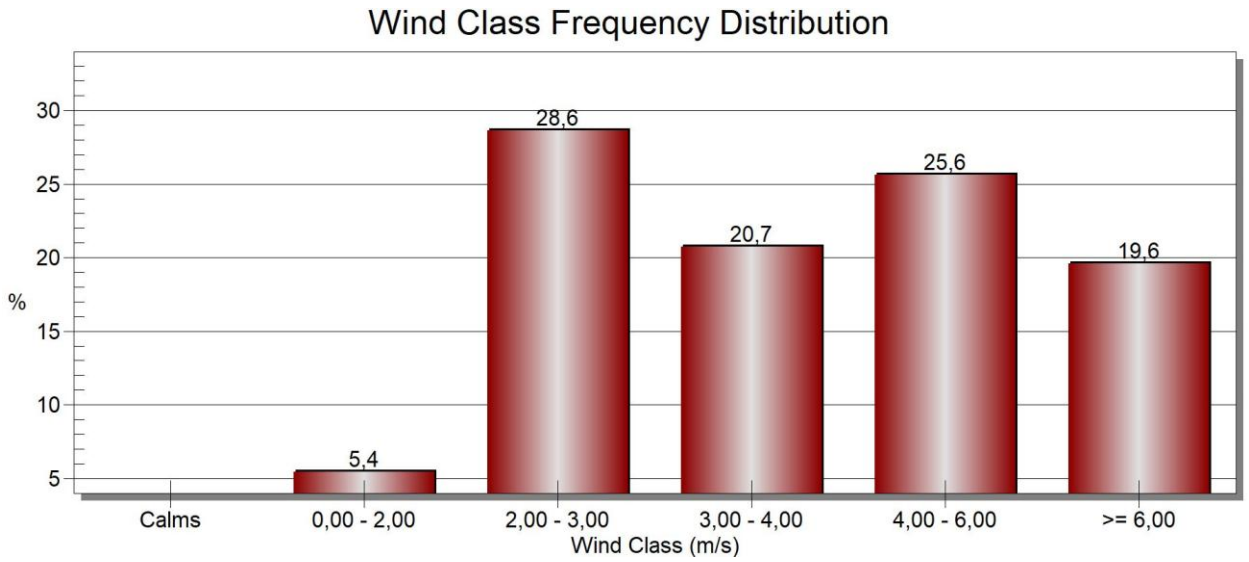


Figura 2-21: Distribuição das velocidades dos ventos por classes de frequências (Diurno)

Fonte: Ambipar Response, Software WRPLOT, 2024

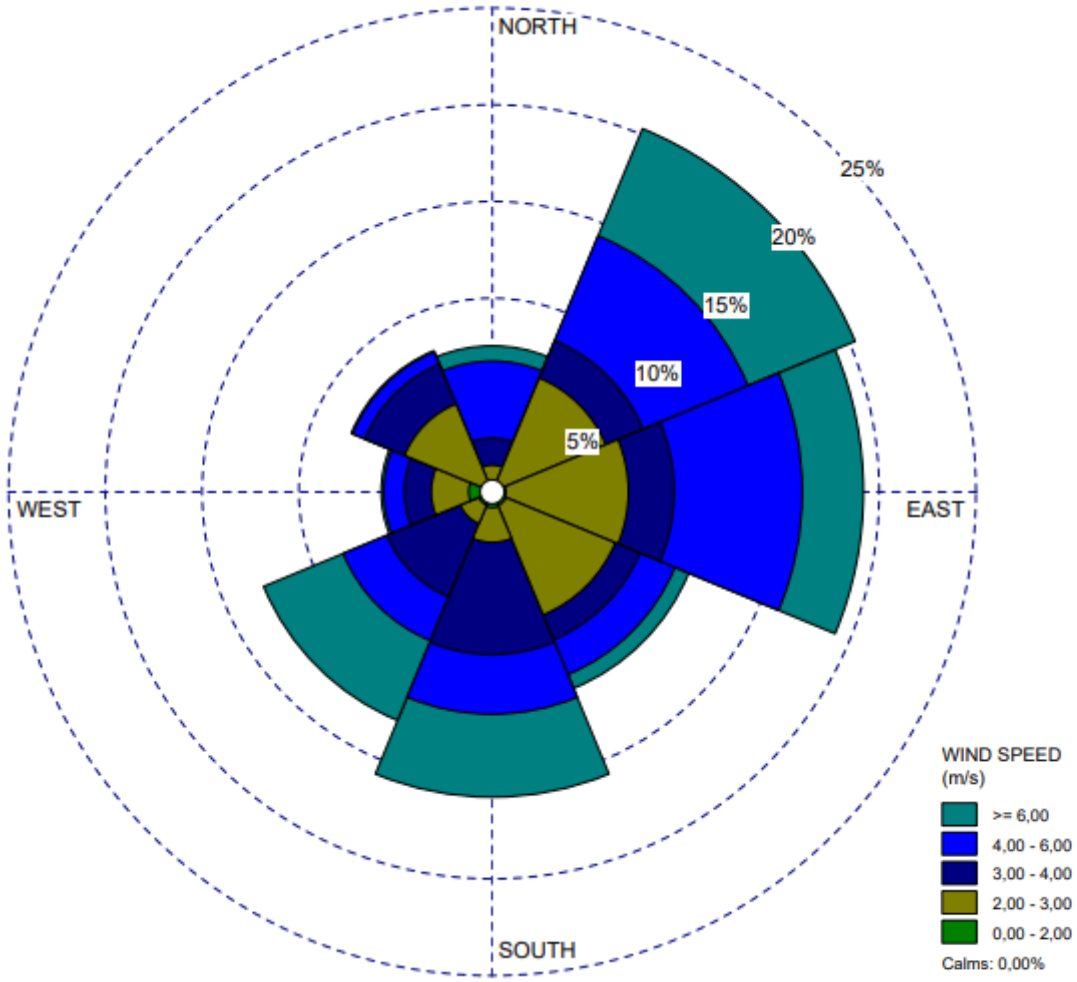


Figura 2-22: Rosa dos ventos (Diurno)

Fonte: Software WRPLOT View (2024).

Tabela 2-14: Frequência dos ventos por classe de velocidade (Noturno)

DIREÇÃO	CLASSE DE VELOCIDADE DOS VENTOS (m/s)					TOTAL
	v <= 2,00	2,00 < v <= 3,00	3,00 < v <= 4,00	4,00 < v <= 5,00	v > 6,00	
N	0,95%	3,43%	3,12%	2,95%	0,17%	10,62%
NE	0,77%	6,04%	2,09%	3,12%	0,41%	12,43%
E	0,86%	6,53%	1,65%	1,74%	0,48%	11,26%
SE	0,40%	5,48%	0,68%	1,07%	0,75%	8,38%
S	0,71%	1,47%	5,03%	1,42%	1,68%	10,31%
SW	1,16%	1,44%	4,60%	3,78%	5,42%	16,38%
W	4,89%	5,14%	3,53%	1,64%	0,09%	15,29%
NW	3,52%	8,06%	3,28%	0,40%	0,07%	15,33%
Total	13,27%	37,58%	23,97%	16,12%	9,07%	100,00%
Calmaria						0,00%
Total						100,00%

Fonte: Autor, 2024.

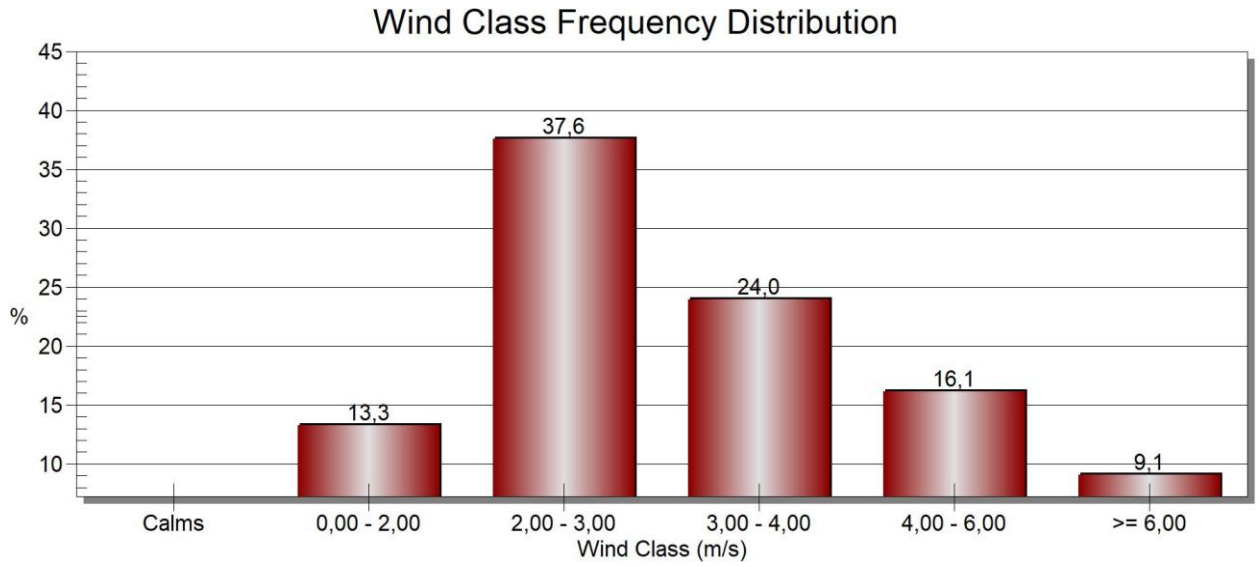


Figura 2-23: Distribuição das velocidades dos ventos por classes de frequências (Noturno)

Fonte: Software WRPLOT View (2024).

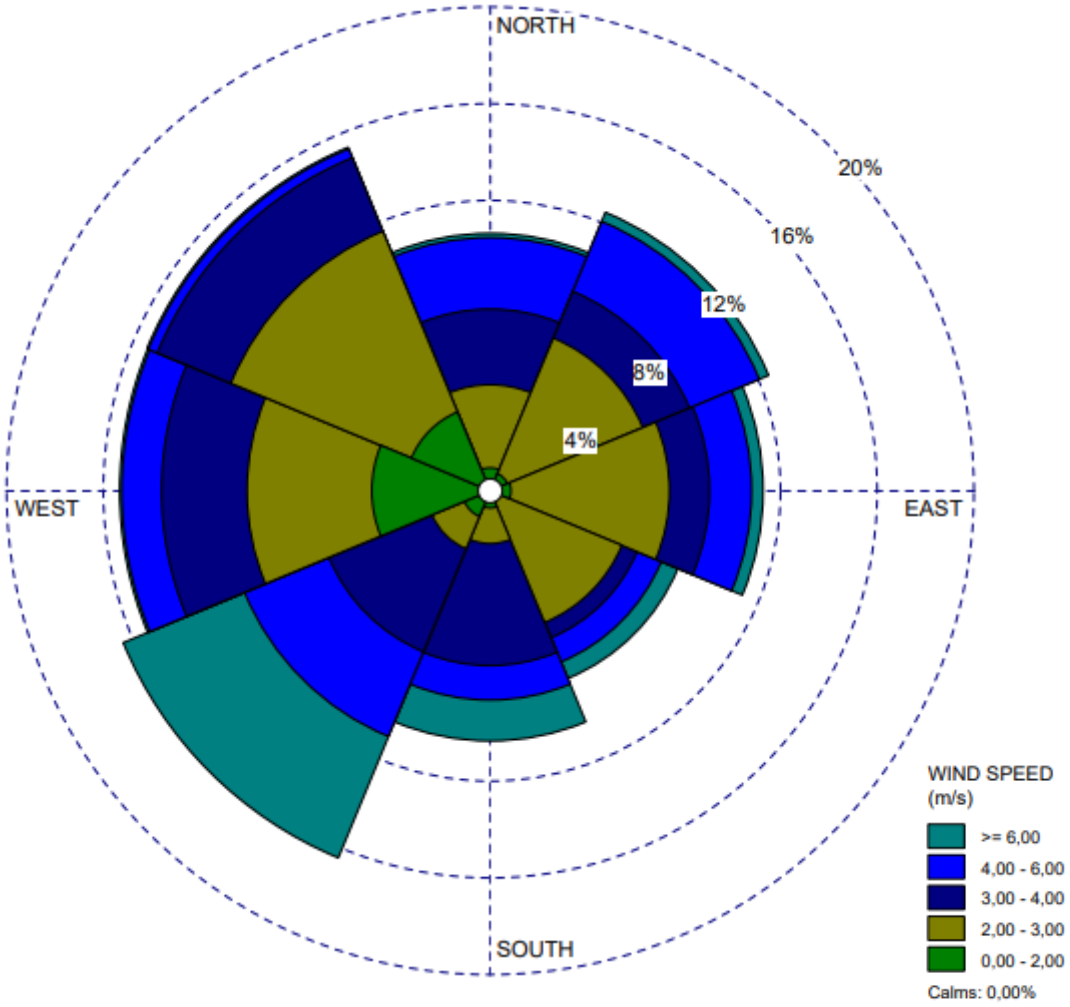


Figura 2-24: Rosa dos ventos (Noturno)

Fonte: Software WRPLOT View (2024).

As condições atmosféricas são classificadas em 6 categorias de estabilidade de A a F, sendo "A" mais instável e F a mais estável, de acordo com a intensidade de radiação solar e da velocidade do vento. A Tabela 2-15 apresenta as categorias Pasquill em função das condições atmosféricas:

Tabela 2-15: Categoria Pasquill de Estabilidade.

VELOCIDADE DO VENTO (V) A 10 m (m/s)	PERÍODO DIURNO			PERÍODO NOTURNO	
	INSOLAÇÃO			NEBULOSIDADE	
	Forte	Moderada	Fraca	Parcialmente encoberto	Encoberto
V<2	A	A-B	B	F	F
2<V<3	A-B	B	C	E	F
3<V<5	B	B-C	C	D	E
5<V<6	C	C-D	D	D	D
V>6	C	D	D	D	D

Fonte: Ambipar Response, 2025.

De acordo com as categorias Pasquill, foi calculado a estabilidade dos ventos para os períodos diurno e noturno, levando em consideração a maior estabilidade do vento para o período noturno e insolação para o período diurno, sendo esse cenário aquele que levaria a uma maior propagação da pluma e dos efeitos de radiação térmica, respectivamente. Os resultados das estabilidades de acordo com o período calculado são apresentados na Tabela 2-16

Tabela 2-16: Parâmetros meteorológicos médios.

PERÍODO	VELOCIDADE DOS VENTOS	ESTABILIDADE PASQUILL
Diurno	4,25	B
Noturno	3,37	E

Fonte: Ambipar Response, 2025.

3 ANÁLISE HISTÓRICA DE ACIDENTES

3.1 BANCO DE DADOS EMPREGADOS

Para o desenvolvimento da análise histórica de acidentes, os principais bancos de dados consultados foram:

- eMARS (Sistema de Notificação de Acidentes Graves, do inglês *Major Accident Reporting System*), desenvolvido pela European Comission;
- Relatórios de Investigação de Acidentes da Marinha do Brasil – Diretoria Portos e Costas;
- IChemE Centenary Edition (2022).

3.2 HISTÓRICO DE ACIDENTES PORTOS E TERMINAIS.

Em consulta aos bancos de dados supracitados, foram selecionados 20 (vinte) acidentes graves envolvendo atividades portuárias e terminais de graneis líquidos. A **Figura 3-1** apresenta um resumo estatísticos dos acidentes graves correlacionando com o evento topo (incêndio; incêndio e explosão; transbordamento seguido de incêndio) e as principais causas identificadas, onde é possível observar que grande parte dos acidentes estão relacionadas a falhas operacionais / fatores humanos, justificando o fato da necessidade de inserção de barreiras de segurança tecnológicas de modo a garantir a segurança operacional da instalação em caso de falhas operacionais.

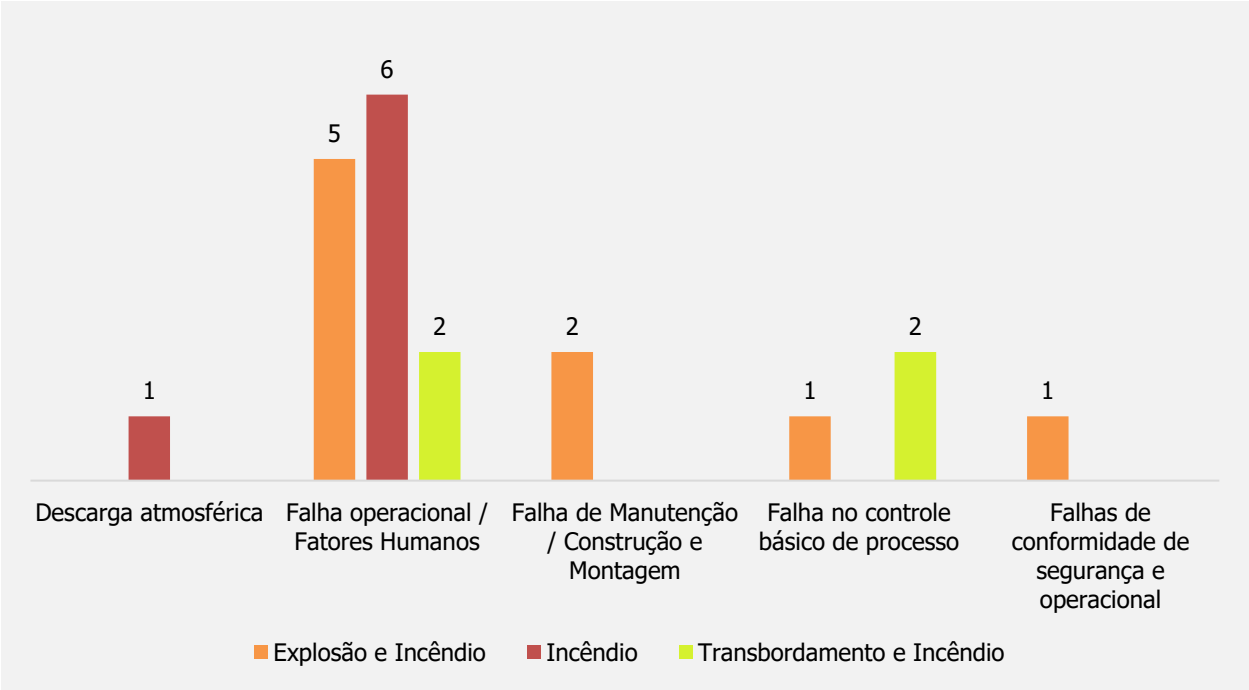


Figura 3-1: Principais causas dos acidentes graves envolvendo atividades portuárias e terminais.
Fonte: Ambipar Response, 2025.

A **Tabela 3-1** apresenta a lista e o detalhamento dos acidentes graves identificados envolvendo as atividades portuários e terminais, com objetivo em riscos tecnológicos.

Tabela 3-1: Lista dos principais acidentes graves no seguimento portuário e terminais, envolvendo o tema de riscos tecnológicos.

N°	ACIDENTE	ANO	LOCALIZAÇÃO	SETOR DA INDÚSTRIA	PRODUTO	TIPO DE ACIDENTE	CONSEQUÊNCIAS	CAUSA PRINCIPAL	DESCRIÇÃO DO ACIDENTE
01	Chevron Tank Terminal, HI - USA	1980	Estados Unidos	Terminal	Gasolina	Transbordamento e Incêndio	4 mortes e prejuízo financeiro	Falha operacional / Fatores Humanos	Um enchimento excessivo tanque de gasolina criou um vapor nuvem que se incendiou após atingir um sala de comutação em um Shell adjacente instalação
02	Vila Socó	1984	Cubatão	Terminal	Gasolina	Incêndio	38 mortos e 1.200 m³ vazados	Falha operacional / Fatores Humanos	Uma das linhas que interliga a Refinaria Presidente Bernardes, em Cubatão, ao Porto de Alemoa, em Santos, rompeu devido à uma corrosão associado à falha operacional, houve o vazamento de gasolina. A liberação de um produto inflamável se espalhou com a movimentação das marés e houve ignição seguido de incêndio de grandes proporções, causando a morte de 38 pessoas.
03	Naples Harbour	1985	Itália	Porto e costas	Gasolina	Explosão e Incêndio	50 milhões de reais prejuízo	Falha operacional / Fatores Humanos	Um tanque de armazenamento de gasolina transbordou e derramou quase 800 toneladas em uma área de diques. Um vapor nuvem formada e inflamada. O explosão matou 2 funcionários e 2 membros do público, destruiu 24 dos 32 tanques no local, causou sérios problemas estruturais danos dentro de 100 metros, e quebrou o vidro a 1 quilômetro. O fogo causou danos graves nas proximidades em áreas industriais e residenciais, e demorou 3,5 dias para se extinguir. A perda estimada foi de $ 50,9 milhão.
04	Navio tanque "Vicuña"	2004	Paranaguá (PR)	Porto e costas	Metanol	Explosão e Incêndio	4 mortes	Falha de Manutenção / Construção e Montagem	Durante a operação de descarga, no Terminal da Cattalini Terminais Marítimos LTDA., o navio tanque "VICUÑA" explodiu, causando a perda total do navio e do restante da carga, sérios danos ao cais de atracação além de outras instalações do terminal. A carga, constituída na sua totalidade de metanol, vazou para o meio ambiente sem maiores consequências devido a sua evaporação. Porém, o óleo combustível dos tanques do navio também vazou para o meio ambiente, causando extensos danos ambientais à baía de Paranaguá (PR).

N°	ACIDENTE	ANO	LOCALIZAÇÃO	SETOR DA INDÚSTRIA	PRODUTO	TIPO DE ACIDENTE	CONSEQUÊNCIAS	CAUSA PRINCIPAL	DESCRIÇÃO DO ACIDENTE
05	Buncefield	2005	Reino Unido	Terminal	Gasolina	Explosão e Incêndio	Explosão de 20 tanques de combustível	Falha no controle básico de processo	O incidente foi causado por um vazamento de gasolina altamente inflamável de um tanque de armazenamento. Houve uma falha no acompanhamento do nível do tanque. As explosões resultantes causaram um dos maiores incêndios industriais na Europa desde a Segunda Guerra Mundial e causaram danos significativos à infraestrutura do terminal e propriedades próximas. O tanque está totalmente carregado e com o sistema de segurança que serve para interromper o fluxo de combustível. O bombeamento prosseguiu e o excedente de gasolina vazou pelo teto do tanque e cascateou pelos lados, formando uma piscina no dique de contenção dando inicio a evaporação do combustível. Posteriormente, o vapor é inflamado e ocorre a explosão. As chamas envolveram um total de 20 tanques.
06	Barton Solvents Wichita facility in Valley Center, Kansas - USA	2007	Estados Unidos	Terminal	Nafta	Explosão e Incêndio	Destruição da fazenda de tanques	Falha operacional / Fatores Humanos	Uma explosão e um incêndio ocorreram no Barton Solvents Instalação de Wichita em Valley Center, Kansas. Onze residentes e um bombeiro receberam tratamento médico. O incidente desencadeou uma evacuação do Valley Center (aproximadamente 6.000 residentes); destruiu a fazenda de tanques; e interrompeu significativamente os negócios de Barton. Uma investigação do Conselho de Investigação de Riscos e Segurança Química dos EUA (CSB) concluiu que a explosão inicial ocorreu dentro de um armazenamento vertical acima do solo tanque que estava sendo preenchido com nafta. A eletricidade estática causou a explosão graças a uma ligação frouxa na junção da bóia / fita que pode se separar ligeiramente, interrompendo o aterramento.
07	Caribbean Petroleum (CAPECO)	2009	Porto Rico	Terminal	Gasolina	Explosão e Incêndio	Vazamento de 757.000 litros de gasolina e a empresa faliu	Falha operacional / Fatores Humanos	Vazamento de gasolina durante a transferência para um tanque no terminal da CAPECO, perdendo cerca de 757.000 litros de gasolina. A válvula da contenção secundária estava aberta, todo o material foi para o tratamento de efluente onde encontrou uma fonte de ignição e ocorreu a forte explosão. Observe que há falha ou falta de várias camadas independentes de proteção (dique com válvula aberta, indicação de nível eletrônico estava com defeito, indicação de nível mecânica falhou, nenhum alarme independente de alto nível, nenhum bloqueio automático independente por alto nível, nenhuma rede de detecção de inflamáveis, etc.).

N°	ACIDENTE	ANO	LOCALIZAÇÃO	SETOR DA INDÚSTRIA	PRODUTO	TIPO DE ACIDENTE	CONSEQUÊNCIAS	CAUSA PRINCIPAL	DESCRIÇÃO DO ACIDENTE
08	BP Milne Point, AK-USA	2009	Estados Unidos	Terminal	Óleo cru	Transbordamento e Incêndio	24.400 galões de óleo perdidos	Falha no controle básico de processo	Aproximadamente 24.400 galões de óleo cru derramado de um tanque no campo de petróleo Milne Point da BP. Alegadamente, um mau funcionamento no sistema de controle de fluxo automatizado causou o transbordamento. Trabalhadores eram capaz de cortar manualmente o fluxo para o tanque.
09	Gladieux Trading and Marketing Huntington, IN - USA	2010	Estados Unidos	Terminal	Diesel	Transbordamento e Incêndio	Prejuízo financeiro	Falha no controle básico de processo	Tanque de armazenamento de gasolina transbordou na Gladieux Trading e Marketing em Huntington, IN, quando uma bomba que foi a transferência do produto foi deixada em o fim de um turno. Um alto e alarme de segurança de nível alto-alto ativado, mas estava oculto de ver no monitoramento de alarme tela. Um offsite contratado funcionário avistou o produto transbordando do tanque 157 minutos após o transbordamento ocorreu e alertou o operador de controle para o incidente.
10	Navio petroleiro "Diva"	2011	Bacia de Campos (RJ)	Porto e costas	Petróleo	Incêndio	Vazamento de 3.700 barris de petróleo	Falha operacional / Fatores Humanos	O navio "DIVA" suspendeu do porto de Santos no dia 18 de setembro de 2011, onde foi carregado com petróleo. No regresso, ocorreu um princípio de incêndio na caldeira auxiliar. O incêndio afetou o quadro elétrico e os motores geradores, deixando o navio sem energia. Foram iniciados os procedimentos de combate ao incêndio com o emprego da diesel-bomba de incêndio de emergência e, diante da constatação que o fogo continuava, foi acionado o sistema fixo de CO^2, empregando o disparo localizado no interior do compartimento do sistema. O navio ficou à deriva e apagado, precisando ser rebocado até a baia de Guanabara e fundeado, assim possibilitando a realização de exames periciais.
11	Aloha Petroleum Bulk Storage Facility, HI - USA	2011	Estados Unidos	Terminal	Diesel	Transbordamento e Incêndio	14.700 galões de combustível perdidos	Falha operacional / Fatores Humanos	Aproximadamente 14.700 galões de combustível diesel derramado durante a transferência operações quando o combustível diesel era sendo bombeado de uma barcaça para tanques de armazenamento em Aloha Instalação de armazenamento a granel de petróleo. Trabalhadores supostamente calcularam mal a quantidade de combustível que poderia ser bombeado para o tanque de armazenamento. Houve uma falha no controle de volume do Tanque (cálculo).

N°	ACIDENTE	ANO	LOCALIZAÇÃO	SETOR DA INDÚSTRIA	PRODUTO	TIPO DE ACIDENTE	CONSEQUÊNCIAS	CAUSA PRINCIPAL	DESCRIÇÃO DO ACIDENTE
12	Terminal da PDVSA em Amuay	2012	Venezuela	Terminal	Petróleo	Explosão e Incêndio	41 mortes	Falha de Manutenção / Construção e Montagem	Em agosto de 2012, um incêndio massivo irrompeu no Terminal de Amuay, pertencente à estatal petrolífera venezuelana PDVSA. O desastre começou com uma explosão em um dos tanques de armazenamento de combustível do terminal. A explosão foi seguida por um incêndio massivo que se espalhou rapidamente para outros tanques e instalações próximas. O incidente causou dezenas de mortes e danos significativos à infraestrutura do terminal.
13	Usina de São Luiz - Ourinhos	2013	Ourinhos (SP)	Terminal	Etanol	Incêndio	8 milhões de prejuízo	Descarga atmosférica	Cerca de cinco milhões de litros de álcool foram consumidos por um incêndio que atingiu o tanque de uma usina em Ourinhos (SP). Segundo funcionários da usina, que produz álcool e açúcar, o fogo foi causado pela faísca produzida pela descarga elétrica de um raio que caiu no local. Homens da brigada de incêndio da usina e do Corpo de Bombeiros da cidade e de Marília (SP) trabalharam desde as 11 da manhã para tentar conter as chamas. A explosão causada pelo raio foi tão grande que a tampa do tanque foi arremessada a mais de 15 metros. As chamas e a fumaça puderam ser vistas a quilômetros de distância. Ninguém ficou ferido, mas as equipes continuam no local para controlar o risco de novas explosões.
14	Armazém no Porto de Santos	2014	Santos (SP)	Terminal	Açúcar	Incêndio	15 mil toneladas de açúcar queimados	Falha operacional / Fatores Humanos	Incêndio em um armazém do complexo de terminais da Cosan, maior produtora de açúcar do Brasil, no porto de Santos. A causa do incêndio pode ter sido um superaquecimento nas esteiras devido ao forte calor. Cerca de 15 mil toneladas de açúcar estavam estocadas no armazém que pegou fogo, onde tinha capacidade para 18 mil toneladas. O fogo se alastrou, o que levou à retirada do navio que estava atracado no terminal e ao rescaldo dos armazéns próximos
15	Ultracargo - Santos	2015	Santos (SP)	Terminal	Gasolina e Álcool	Incêndio	Toneladas de peixes mortos	Falha operacional / Fatores Humanos	Ocorreu um incêndio em tanques de gasolina e etanol da empresa Ultracargo, localizado no porto de Santos, na Baixada Santista. O incêndio trouxe várias consequências para os moradores das redondezas como complicações respiratórias e chuva ácida. Para tentar conter as chamas, foram utilizados mais de oito bilhões de litros de água salgada, que posteriormente retornou ao mar e causou a morte de sete toneladas de peixes, por conta da diminuição da taxa de oxigênio na água. O acidente foi ocasionando por falha operacional nas tubulações de sucção e descarga de bombas, as quais operavam fechadas e levaram à ruptura de uma válvula.

N°	ACIDENTE	ANO	LOCALIZAÇÃO	SETOR DA INDÚSTRIA	PRODUTO	TIPO DE ACIDENTE	CONSEQUÊNCIAS	CAUSA PRINCIPAL	DESCRIÇÃO DO ACIDENTE
16	Porto de Tianjin	2015	China	Terminal	Substâncias Químicas	Explosão e Incêndio	173 mortes	Falhas de conformidade de segurança e operacional	Uma série de explosões devastadoras que ocorreram em um terminal de contêineres de armazenamento de produtos químicos perigosos. As explosões foram tão poderosas que foram sentidas quilômetros de distância e registradas por sismógrafos. O armazém onde o acidente ocorreu armazenava uma grande quantidade de produtos químicos, incluindo cerca de 800 toneladas de cianeto de sódio, um composto altamente tóxico. As investigações posteriores sugeriram que as explosões foram causadas pelo incêndio em produtos químicos inflamáveis, seguido pela ignição de nitrato de amônio, um fertilizante altamente explosivo. As explosões também causaram danos significativos a edifícios e infraestrutura em um raio de vários quilômetros, afetando milhares de pessoas em áreas próximas ao porto.
17	Refinaria de Coatzacoalcos	2016	México	Terminal	Petróleo	Explosão e Incêndio	32 mortes	Falha operacional / Fatores Humanos	O desastre começou com uma explosão em uma das unidades de processamento da refinaria, causando um incêndio de grandes proporções. A explosão foi tão poderosa que foi sentida em uma grande área ao redor da refinaria. O incêndio rapidamente se espalhou para outras partes da instalação, causando uma situação de emergência. O incidente resultou em várias vítimas fatais e um grande número de feridos, incluindo trabalhadores da refinaria e moradores locais. Relatos iniciais sugeriram que o incidente poderia ter sido causado por uma falha no sistema de segurança da refinaria ou um mau funcionamento em uma das unidades de processamento.
18	Terminal de Tankers em Fujairah	2017	Emirados Árabes Unidos	Terminal	Petróleo	Incêndio	Interrupção do comércio de petróleo e perda de receita	Falha operacional / Fatores Humanos	Ocorreu um incêndio em uma das instalações do terminal, envolvendo possivelmente tanques de armazenamento ou áreas de transferência. O incêndio exigiu uma resposta rápida e coordenada das equipes de combate a incêndios e de emergência para evitar danos mais graves e conter a propagação das chamas. Vários fatores possam ter contribuído, incluindo falhas mecânicas, operacionais ou elétricas, condições ambientais adversas ou até mesmo atividades humanas impróprias.
19	Usina Nova Independência	2019	São Paulo	Terminal	Etanol	Incêndio	Prejuízos financeiros e materiais	Falha operacional / Fatores Humanos	Um tanque de armazenamento de etanol pegou fogo, mas ninguém se feriu. De acordo com a corporação, a causa provável da explosão é uma falha na tampa do tanque, que tem capacidade para 64 milhões de litros do combustível. Um erro operacional na manutenção do tanque.

N°	ACIDENTE	ANO	LOCALIZAÇÃO	SETOR DA INDÚSTRIA	PRODUTO	TIPO DE ACIDENTE	CONSEQUÊNCIAS	CAUSA PRINCIPAL	DESCRIÇÃO DO ACIDENTE
20	Navio Porto de Aratu	2021	Candeias	Porto e costas	Gás	Explosão e Incêndio	Prejuízos financeiros e poluição hídrica	Falha operacional / Fatores Humanos	Uma explosão em um navio por volta das 12h desta quinta-feira (9), no Porto de Aratu de Candeias. Conforme a Marinha do Brasil, o incêndio foi controlado pelo pessoal de bordo, não houve feridos e não foi constatada a presença de vestígios de poluição hídrica. De acordo com a Marinha, o caso aconteceu no navio gaseiro "Forte de São Marcos"

4 IDENTIFICAÇÃO DOS CENÁRIOS DE RISCOS

4.1 INTRODUÇÃO

A identificação de perigos é uma etapa qualitativa da análise de risco, objetiva identificar todos os eventos iniciadores de incidentes, com consolidação dos cenários acidentais e uma hierarquização dos riscos associados.

A primeira etapa de uma análise de riscos é a identificação dos perigos existentes em uma determinada instalação. Os objetivos principais desta etapa são: identificação dos cenários de acidente a partir de uso de técnicas que sistematizam a busca; e classificação dos cenários permitindo a seleção dos cenários para a uma posterior quantificação.

Esta identificação de perigos é feita com base nas propriedades físicas e químicas dos produtos manipulados na instalação e nas condições em que estes são armazenados por meio de técnicas estruturadas como a Análise Preliminar de Risco – APR.

4.2 TÉCNICA EMPREGADA NA IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS

Para a identificação dos Riscos, foi empregado a técnica de Análise Preliminar de Risco (APR), conforme **ANEXO III**.

4.3 METODOLOGIA DA ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS (APR)

A APP - Análise Preliminar de Perigos, também conhecida como APR – Análise Preliminar de Riscos, é uma técnica que teve origem no programa de segurança militar do Departamento de Defesa dos EUA. Trata-se de uma técnica estruturada que tem por

objetivo identificar os perigos presentes numa instalação, que podem ocasionar efeitos indesejáveis.

Esta técnica pode ser utilizada em instalações na fase inicial de desenvolvimento, nas etapas de projeto ou mesmo em unidades já em operação, permitindo, nesse caso, a realização de uma revisão dos aspectos de segurança existentes.

A aplicação da APR é feita pelo preenchimento de planilha de dados com uma revisão geral dos aspectos de segurança de forma padronizada, descrevendo-se todos os riscos e fazendo-se sua categorização. A partir da descrição dos riscos são identificadas as causas (agentes) e efeitos (consequências) dos mesmos, o que permitirá a busca e elaboração de ações e medidas de prevenção ou correção das possíveis falhas detectadas.

ambipar response	IMETAME	ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS (APR)														
Empresa:								Documentos				Revisão	1			
Processo:																
Referência:												Data	10/05/2024			
Equipe:																
Área / Atividade	Perigo	Causa Iniciadora	Modos de Detecção	Salvaguardas (Previstas ou Instaladas)	Consequências		Risco Inicial			Recomendações/Observações	Risco Residual			Nº do Cenário		
					Dimensão	Danos	F	S	R		F	S	F			
					Segurança das Pessoas											
					Patrimônio											
					Meio Ambiente											
					Imagem											

Figura 4-1: Modelo de uma APR
Fonte: Ambipar Response, 2025.

As categorias de frequências são definidas conforme a Tabela 4-1.

CATEGORIA	DESCRIÇÃO
A (Muito improvável)	Cenários que dependam de falhas múltiplas de sistemas de proteção ou ruptura por falha mecânica de vãos de pressão. Conceitualmente possível, mas extremamente improvável de ocorrer durante a vida útil da instalação ou de indústria similar.
B (Improvável)	Falhas múltiplas no sistema (humanas e/ou equipamentos) ou rupturas de equipamentos de grande porte. Não esperado de ocorrer durantes a vida útil da instalação. Sem registro de ocorrência prévia da instalação ou de indústria similar
C (Ocasional)	A ocorrência do cenário depende de única falha (humana ou equipamento)
D (Provável)	Esperada uma ocorrência durante a vida útil do sistema
E (Frequente)	Pelo menos uma ocorrência do cenário já registrada no próprio sistema. Esperando ocorrer várias vezes durante a vida útil da instalação ou de indústria similar

Tabela 4-1: Descrição de frequência

Fonte: Ambipar Response, 2025.

As categorias de severidades são definidas conforme a Tabela 4-2.

CATEGORIA	DESCRIÇÃO
IV (Catastrófica)	Com potencial para causar várias vítimas fatias. Danos irreparáveis ou impossíveis (custo/tempo) às instalações.
III (Crítica)	Com potencial para causar uma ou algumas vítimas fatais ou grandes danos ao meio ambiente ou às instalações. Exige ações corretivas imediatas para evitar seu desdobramento em catástrofe
II (Marginal)	Com potencial para causar ferimentos ao pessoal, pequenos danos ao meio ambiente ou equipamentos/instrumentos. Redução significativa da produção. Impactos ambientais restritos ao local da instalação, controlável
I (Desprezível)	Incidentes operacionais que podem causar indisposição ou mal-estar ao pessoal e danos insignificantes ao meio ambiente e equipamentos (facilmente reparáveis e de baixo custo). Sem impactos ambientais.

Tabela 4-2: Descrição de Severidade

Fonte: Ambipar Response, 2025.

- (1ª Coluna) **Área/atividade** – Local / Atividade de ocorrência do cenário
- (2ª Coluna) **Perigo** - Identificar todos os perigos para o sistema em estudo. De uma forma geral, os perigos são eventos acidentais que têm potencial para causar danos às instalações, aos operadores, ao público ou ao meio ambiente.
- (3ª Coluna) **Causa Iniciadora** - As causas de cada perigo são discriminadas nesta coluna. Estas causas podem envolver tantas falhas intrínsecas de equipamentos (vazamentos, rupturas, falhas de instrumentação, entre outros.), como erros humanos de operação e manutenção, entre outros.
- (4ª Coluna) **Modo de Detecção** - É qualquer dispositivo, sistema ou outro meio que possa ser utilizado para perceber ou identificar a ocorrência do desvio ou perigo.
- (5ª Coluna) **Salvaguardas / Barreiras** - Identificar as salvaguardas, relacionados tanto com as causas identificadas como com os efeitos relatados, que possam significar redução ou aumento na frequência e severidade dos

cenários em análise. Exemplo de salvaguarda é a existência de procedimentos de operação ou sistemas de proteção como detectores de gás e chama.

- (6ª Coluna) **Dimensão** – Dimensão em que o dano será avaliado
- (7ª Coluna) **Danos** - Identificar os efeitos ou as consequências esperadas em decorrência do perigo identificado.
- (8ª Coluna) **Frequência** - Um cenário de acidente é definido como o conjunto formado pelo perigo identificado, suas possíveis causas e cada um dos seus efeitos. Cada cenário de acidente identificado é classificado de acordo com a sua categoria de frequência, a qual fornece uma indicação qualitativa da frequência esperada de ocorrência.
- (9ª Coluna) **Severidade** - Os cenários de acidente são classificados em categorias de severidade, as quais fornecem uma indicação qualitativa do grau de severidade das consequências de cada um dos cenários identificados
- (10ª Coluna) **Risco** - Combinando-se as categorias de frequência com as de severidade obtém-se a categoria de risco, conforme Tabela 4-3.
- (11ª Coluna) **Recomendações e Observações** - Recomendações obrigatórias e/ou sugestões opcionais, pertinentes aos perigos identificados, que promovam a redução da frequência e/ou severidade dos cenários se necessário, tanto para prevenção quanto para correção dos mesmos.
- (12ª Coluna) **Frequência Residual** – Categoria de Frequência Residual, após a implementação da Recomendação
- (13ª Coluna) **Severidade Residual** - Categoria de Severidade do dano após a implementação da recomendação
- (14ª Coluna) **Risco Residual** - Combinando-se as categorias de frequência com as de severidade após a implementação da recomendação proposta na análise, obtém-se a categoria de risco, conforme Tabela 4-3.
- (15ª Coluna) **N.º do Cenário** - Atribuir um número sequencial a cada um dos cenários, não só como referência no texto do relatório, mas também para facilitar o seu desdobramento ou identificação nos estudos semi e quantitativos de risco.

Categoria de Frequência					
Severidade	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
IV (Catastrófica)	**MENOR**	**MODERADO**	**SÉRIO**	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**
III (Crítica)	**DESPREZÍVEL**	**MENOR**	**MODERADO**	**SÉRIO**	**CRÍTICO**
II (Marginal)	**DESPREZÍVEL**	**DESPREZÍVEL**	**MENOR**	**MODERADO**	**SÉRIO**
I (Desprezível)	**DESPREZÍVEL**	**DESPREZÍVEL**	**DESPREZÍVEL**	**MENOR**	**MODERADO**

Tabela 4-3: Matriz de Risco

Fonte: Ambipar Response, 2025.

4.4 RESULTADOS DA APR

A planilha da APR encontra-se disponível pelo **ANEXO III.**

A Tabela 4-4 apresenta um resumo dos resultados quantitativos da APR, separados por classificação de risco. Já a Figura 4 2 apresenta o percentual das classificações dos riscos mapeados pela APR.

Observa-se que, não foi identificado nenhum risco classificado como CRÍTICO, apresentando percentuais para os riscos classificados como SÉRIO (6%), MODERADO (40%), MENOR (42%) e DESPREZIVEL (19%). Observa-se que, através da APR, foi possível mapear um total de 404 (trezentos e setenta e dois) cenários.

RISCO	QUANTIDADE DE CENÁRIOS
Crítico	**0**
Sério	**26**
Moderado	**161**
Menor	**146**
Desprezível	**71**
Total	**404**

Tabela 4-4: Resumo dos resultados de Risco

Fonte: Ambipar Response, 2025.

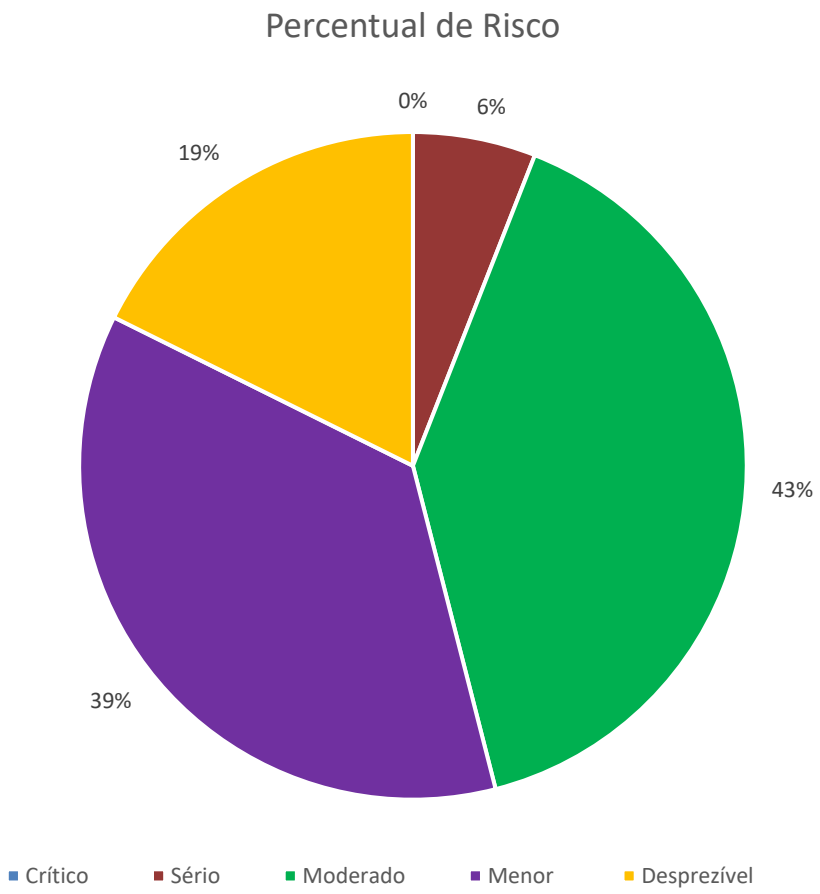


Figura 4-2: Resultados estatísticos dos riscos, de acordo com o mapeamento da APR
Fonte: Ambipar Response, 2025.

4.5 SELEÇÃO DAS HIPÓTESES ACIDENTAIS PARA SIMULAÇÕES

De acordo com os resultados da APR, foram selecionados os riscos com potenciais cenários de efeitos de explosão (sobrepressão), incêndios (radiações térmicas) e dispersão de gases, para a elaboração das simulações computacionais a fim de se determinar as áreas vulneráveis e calcular quantitativamente os riscos. Os cenários que não se enquadram nesse critério, apesar de terem como severidade Crítica ou Catastrófica, não foram empregados na análise de vulnerabilidade.

Para os cenários que envolvem dutos, foram selecionados todos cenários que envolvem perda de contenção primária, sendo representado pelo pequeno, médio e grande vazamento, independentemente do grau de severidade. Para tal, foi adotado os tamanhos dos orifícios de liberação em conformidade com o item 8.4.1.2 da Norma Técnica P4.261 (CETESB, 2011) – Parte IV – Dutos. Esses cenários são representados pelas Hipóteses H09 (H09.1, H09.2 e H09.3) e H10 (H10.1, H10.2 e H10.3).

Seguindo essa metodologia, as Hipóteses Acidentais passíveis de quantificações são apresentadas na Tabela 4-5.

Nº	DESCRIÇÃO DAS HIPÓTESES ACIDENTAL	Cenário da APR
H01	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura ou Desacoplamento do Mangote 12" - Ship to Ship	TGL-1.49 TGL-1.50 TGL-1.51 TGL-1.52
H02	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura ou Desacoplamento do Mangote 10" - Ship to Shore / Shore to Ship / STBL / Ship to barge	TGL-1.65 TGL-1.66 TGL-1.67 TGL-1.68 TGL-1.73 TGL-1.74 TGL-1.75 TGL-1.76 TGL-1.89 TGL-1.90 TGL-1.91 TGL-1.92
H03	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura ou Desacoplamento do Mangote 8" - Ship to Shore / Shore to Ship / STBL / Ship to barge	TGL-1.65 TGL-1.66 TGL-1.67 TGL-1.68 TGL-1.73 TGL-1.74 TGL-1.75 TGL-1.76 TGL-1.89 TGL-1.90 TGL-1.91 TGL-1.92
H04	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura ou Desacoplamento do Mangote 6" - Ship to Shore / Shore to Ship / STB / Ship to barge	TGL-1.65 TGL-1.66 TGL-1.67 TGL-1.68 TGL-1.73 TGL-1.74 TGL-1.75

Nº	DESCRIÇÃO DAS HIPÓTESES ACIDENTAL	Cenário da APR
		TGL-1.76 TGL-1.89 TGL-1.90 TGL-1.91 TGL-1.92
H05	Grande vazamento de VLSFO e/ou Petróleo Cru devido a Ruptura 100% do diâmetro da linha conectada ao Tanque ou Ruptura do Tanque	TGL-2.5 TGL-2.6 TGL-2.9 TGL-2.10
H06	Grande vazamento de VLSFO e/ou Petróleo Cru devido a Ruptura 100% do diâmetro da linha conectada ao Tanque ou Ruptura do Tanque	TGL-2.17 TGL-2.18 TGL-2.19 TGL-2.20 TGL-2.21 TGL-2.22 TGL-2.23 TGL-2.24
H07	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura de 100% da Linha de descarga da Bomba de Exportação	TGL.2.29 TGL.2.30 TGL.2.31 TGL.2.32
H08	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura de 100% da Linha de descarga da Bomba de Distribuição e Transferência	TGL.2.29 TGL.2.30 TGL.2.31 TGL.2.32
H09.1	**Pequeno** vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Furo de 5% do Duto de 14"	TGL.2.33 / 45 TGL.2.34 / 46 TGL.2.35 / 47 TGL.2.36 / 48 PIPERACK-8.01 PIPERACK-8.02 PIPERACK-8.03 PIPERACK-8.04
H09.2	**Médio** vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Fenda de 20% do Duto de 14"	TGL.2.37 / 49 TGL.2.38 / 50 TGL.2.39 / 51 TGL.2.40 / 52 PIPERACK-8.05 PIPERACK-8.06 PIPERACK-8.07 PIPERACK-8.08
H09.3	**Grande** vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura de 100% do Duto de 14"	TGL.2.41 / 53 TGL.2.42 / 54 TGL.2.43 / 55 TGL.2.44 / 56 PIPERACK-8.09 PIPERACK-8.10 PIPERACK-8.11 PIPERACK-8.12 PIPERACK-8.13 PIPERACK-8.14 PIPERACK-8.15

Nº	DESCRIÇÃO DAS HIPÓTESES ACIDENTAL	Cenário da APR
		PIPERACK-8.16
H10.1	**Pequeno** vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Furo de 5% do Duto de 12"	TGL.2.33 / 45 TGL.2.34 / 46 TGL.2.35 / 47 TGL.2.36 / 48 PIPERACK-8.01 PIPERACK-8.02 PIPERACK-8.03 PIPERACK-8.04
H10.1	**Médio** vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Fenda de 20% do Duto de 12"	TGL.2.37 / 49 TGL.2.38 / 50 TGL.2.39 / 51 TGL.2.40 / 52 PIPERACK-8.05 PIPERACK-8.06 PIPERACK-8.07 PIPERACK-8.08
H10.2	**Grande** vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura de 100% do Duto de 12"	TGL.2.41 / 53 TGL.2.42 / 54 TGL.2.43 / 55 TGL.2.44 / 56 PIPERACK-8.09 PIPERACK-8.10 PIPERACK-8.11 PIPERACK-8.12 PIPERACK-8.13 PIPERACK-8.14 PIPERACK-8.15 PIPERACK-8.16
H11	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura do Caminhão Tanque	TGL-3.5 TGL-3.6 TGL-3.7 TGL-3.8 TGL-3.9 TGL-3.10
H12	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura do Vagão Tanque	TGL-3.17 TGL-3.18 TGL-3.19 TGL-3.20 TGL-3.21 TGL-3.22 TGL-3.23 TGL-3.24
H13	Explosão da Caldeira	TGL-4.5 TGL-4.6 TGL-4.7

Tabela 4-5: Seleção das Hipóteses Acidentais para Simulações.

Fonte: Ambipar Response, 2025.

5 ANÁLISE DE CONSEQUÊNCIAS E VULNERABILIDADE

5.1 INTRODUÇÃO

Dentre as metodologias de análise de impactos pode-se destacar a análise de vulnerabilidade, que consiste no conjunto de modelos e técnicas usados para estimativa das áreas potencialmente sujeitas aos efeitos danosos de liberação acidentais de substâncias perigosas ou de energia de forma descontrolada. Estas liberações descontroladas geram os chamados efeitos físicos dos acidentes (sobre pressão, fluxo térmico e nuvens de gases tóxicos) que potencialmente podem gerar danos às pessoas e/ou instalações. A extensão dos possíveis danos é delimitada pela intensidade do efeito físico causador do dano, sendo que a relação entre a intensidade do efeito físico e o dano correspondente fica estabelecido por meio dos modelos de vulnerabilidade.

A avaliação de vulnerabilidade consiste em um estudo realizado por intermédio de modelos matemáticos para a previsão dos impactos danosos às pessoas, às instalações e ao meio ambiente, baseado em limites de tolerância para os efeitos de sobre pressão advindos de explosões, radiações térmicas decorrentes de incêndios e efeitos tóxicos advindos de exposição a substâncias químicas.

Esses modelos são um conjunto de equações que representam uma situação em estudo, tal como estimativas quantitativas para taxa de vazamento, dispersão atmosférica, radiação térmica, sobre pressão ou concentração de nuvens de vapor ou mesmo estimativa de risco.

Diante disso, este tópico tem como objetivo realizar uma análise de consequências, dimensionando as áreas vulneráveis dos efeitos físicos levantados durante a análise qualitativa de risco.

5.2 METODOLOGIA

A metodologia empregada constitui-se nos modelos matemáticos validados disponíveis para avaliar os efeitos físicos de liberações acidentais de materiais perigosos. Esses modelos são apresentados pelo manual da "*The Netherlands Organization – TNO*" (organização holandesa de pesquisa cientifica aplicada), sendo a versão do livro *Yellow Book*, que resulta de um amplo estudo e avaliação da literatura sobre os modelos para cálculo dos efeitos físicos.

A metodologia também teve como premissas critérios e modelos apresentados pelo Manual de Referência para Avaliação de Riscos – RIVM da Holanda (BEVI,2009).

Deve-se destacar que esses modelos matemáticos necessitam de um conhecimento aprofundado dos métodos para a estimativa das consequências, sendo uma tarefa trivial. No entanto, devido ao avanço tecnológico das últimas décadas, esses cenários acidentais são atualmente analisados mediante a utilização de softwares. Dentre esses softwares, destaca-se o PHAST®, da DNV Technica.

5.2.1 Caracterização dos Cenários Acidentais

Para a avaliação da área vulnerável, a primeira etapa é a "caracterização do cenário de acidente", que consiste na apresentação de todas as condições físicas e das hipóteses necessárias para a determinação dos efeitos físicos do acidente, tais como, a localização do vazamento no duto (ponto de liberação), o produto envolvido e as suas condições termodinâmicas no momento do vazamento. Esses dados são de especial importância para que seja possível caracterizar o empreendimento, contemplando seus aspectos construtivos e operacionais, além das peculiaridades da região onde o mesmo se encontra ou será instalado.

Os resultados obtidos pelas simulações dependem diretamente das condições associadas à ocorrência de cada um dos cenários identificados, sendo assim, é indispensável a caracterização do produto e das condições em que se encontra.

Esta etapa inclui ainda a determinação do tipo de liberação que de acordo com o cenário de acidente a ser simulado, é estabelecido o modelo de liberação mais adequado à condição. Os principais modelos utilizados para a determinação do tipo de liberação são: Ruptura catastrófica, Vazamento e Ruptura de linha.

5.2.2 Consolidação dos Dados de Entrada nos Modelos

A consolidação dos dados de entrada constitui-se dos valores utilizados como "*inputs*" para o software PHAST®.

Para a consolidação desses dados, foi necessária a elaboração das hipóteses acidentais, onde foram consideradas características de liberação, quantidade e fluxo mássico de liberação, características meteorológicas, dentre outros.

Dados Operacionais e Meteorológicos

Os dados operacionais referentes ao processo do terminal, foram obtidos através de informações de engenharia e, memoriais descritivos. Com relação aos dados meteorológicos, estes foram obtidos através do INMET e tratados através do Software WRPlot.

Produtos de Referência

Os produtos de referência são às substâncias de interesse para cada hipótese acidental. Visto que, cada hipótese acidental é relacionada ao processo e unidade de referência, deve-se ter conhecimento qual a substância perigosa encontra-se ali presente.

No entanto, esses produtos em grande parte, consistem em misturas complexas de vários componentes. Portanto, a CESTEB (2011) em sua Norma Técnica P4.261 preconiza algumas substâncias de referência a determinados produtos.

Para o caso do petróleo e seus derivados, as simulações podem ser realizadas para as substâncias representativa de acordo com a Tabela 5-1.

Tabela 5-1: Substâncias representativas para simulação.

MISTURA	SUBSTÂNCIA REPRESENTATIVA
Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	Propano
Gás Natural	Metano
Gasolina Automotiva	N-Hexano
Nafta	N-Pentano
Óleo Combustível	N-Decano
Óleo Diesel	N-Nonano
Petróleo Cru	N-Decano
Querosene	N-Nonano

Fonte: CETESB (2011).

Desta forma, este estudo teve como premissa a correlação das substâncias apresentadas acima em cada hipótese acidental.

5.2.3 Estimativa dos Efeitos Físicos

Uma vez estabelecida a taxa com que o material está sendo liberado para dispersão na atmosfera, o campo de concentrações resultante da liberação pode ser determinado com o uso de modelos de dispersão (gases leves ou pesados). Para gases inflamáveis obtém-se o alcance e a largura máxima da nuvem correspondente ao Limite Inferior de Inflamabilidade (LII) e a massa de material na nuvem entre os Limite Inferior de Inflamabilidade (LII) e Limite Superior de Inflamabilidade (LSI). Para gases tóxicos, obtém-se o alcance correspondente à concentração que causa um determinado nível de dano em um certo período de tempo de exposição.

Para cada tipo de cenário acidental são especificados os níveis de efeitos a serem utilizados para determinação da área vulnerável. Os efeitos físicos normalmente considerados em Análises de Risco são apresentados pela Tabela 5-2.

Tabela 5-2: Efeitos físicos considerados em análises de riscos.

EFEITOS FÍSICO	
Radiação térmica	Incêndio em Nuvem (*Flash Fire*)
	Incêndio em Poça (*Pool Fire*)
	Jato de Fogo (*Jet Fire*)
	Bola de Fogo (*Fireball*)
Impulso e sobre pressões	Sobre pressão (*Explosion*)
	BLEVE
Exposição a concentrações de gás tóxico	Exposição por períodos de tempo especificados devido a Nuvem Tóxica

Fonte: Ambipar Response, 2025.

5.2.4 Estimativa das Áreas Vulneráveis

Os danos causados pelos efeitos físicos (exposição a fluxos de radiação térmica e sobrepressão) são de natureza estocástica, isto é, somente se pode prever a probabilidade de se observar um certo dano a um indivíduo ou a percentagem esperada de pessoas da população exposta ao efeito físico daquele dano. Alguns modelos para este tipo de análise são utilizados, como por exemplo, o Modelo de Vulnerabilidade de Eisenberg, desenvolvido pela Guarda Costeira dos Estados Unidos, os modelos indicados no "*Green Book*" (TNO,1989), entre outros. Estes modelos para avaliação dos danos causados pelos acidentes têm como base as equações de *Probit* (*Probability Unit*).

De acordo com o *Purple Book* (TNO, 2001) o *Probit* permite relacionar a intensidade do efeito físico com o nível de danos esperado, onde está relacionada com a probabilidade P (percentual afetado) através das equações seguintes:

$$P_r = k_1 + k_2 \ln(V)$$

$$P = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{Pr-5} exp - \left(\frac{V^2}{2}\right) dV$$

Onde:

P_r = Probit a que está relacionada a percentagem de recurso vulnerável (pessoas, estruturas, etc.) que é afetada pelo acidente;

V = Medida da intensidade do efeito físico causador dos danos aos recursos vulneráveis (sobrepressao, impulso, intensidade de fluxo térmico e tempo de exposição ou concentração e tempo de exposição);

k_1 *e* k_2 = Parâmetros específicos para cada tipo de dano e de substância.

Esta correspondência matemática é mais fácil de ser utilizada na forma de uma tabela, conforme mostrado pela Tabela 5-3, na qual a primeira linha e a primeira coluna indicam a percentagem do recurso vulnerável afetado correspondente aos valores de *Probit* constantes das demais linhas e colunas.

Tabela 5-3: Probabilidade de fatalidade em função do Probit.

P	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,0	-	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
0,1	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
0,2	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
0,3	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
0,4	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
0,5	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
0,6	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
0,7	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
0,8	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
0,9	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33

Fonte: Purple Book – TNO (2009)

As funções Probit empregadas neste estudo são descritas no Item 7.4.2 – Vulnerabilidade da Norma Técnica P4.261 da CETESB (2011).

5.3 DESCRIÇÃO DO SOFTWARE UTILIZADO

5.3.1 Process Hazard Analysis Software Tool - PHAST

Para modelagem das simulações computacionais foi utilizado o Software PHAST® (*Process Hazard Analysis Software Tool*), no qual utiliza como modelo o *Unified Dispersion Model* (UDM), desenvolvido pela *Det Norske Veritas* (DNV). O PHAST® é uma ferramenta voltada para análise de consequências, aplicável em todos os estágios de projeto e operação.

O PHAST® simula a evolução de uma liberação acidental do ponto inicial para a dispersão, incluindo a modelagem de condensação, vaporização e evaporação de poças, enquanto contabiliza os efeitos inflamáveis e tóxicos. O software é capaz de simular vários termos de Fonte, como vazamentos, rupturas de linha, vazamentos em dutos longos e colapsos de tanques, combinados com o modelo *Unified Dispersion Model* (UDM) para obter resultados desejados: por exemplo, i) concentração a uma determinada distância, ii) distância a concentração perigosa de interesse, iii) transição através de vários estágios, como dispersão de jato, dispersão pesada, dispersão de transição e dispersão passiva, e iv) distância da nuvem em um determinando momento.

O UDM modela uma ampla faixa de cenários: variações de momento (liberações pressurizadas e atmosféricas), variações com o tempo da liberação (duração finita, instantânea ou intermitente), variações de densidade (nuvem passiva ou densa), variações na direção da liberação (vertical, horizontal ou angular), comportamentos termodinâmicos (pluma isotérmica, quente ou gelada, vapor ou liquido, nuvens multifásicas), com ou sem reação química, efeitos de terreno (terra ou água, terreno

plano com rugosidade uniforme) e condições ambientais (condição estável, neutra ou instável) (SALAZAR, 2016).

. O UDM consiste efetivamente nos seguintes módulos vinculados:

- *Jet dispersion* – Dispersão em Jato;
- *Droplet evaporation and rainout, touchdown* - Evaporação de gotículas e precipitações;
- *Pool spread and vaporization* - Propagação do espalhamento e evaporação;
- *Heavy gas dispersion* – Dispersão de gás pesado;
- *Passive dispersion* – Dispersão passiva de gás.

De forma resumida, o modelo UDM resulta de uma conjuntura de vários modelos matemáticos de dispersões de gases em variadas condições atendendo todos os modelos validados pelo *Yellow Book* (Métodos para o cálculo dos efeitos físicos devidos a liberações de materiais perigosos - líquidos e gases), da TNO (2005).

5.4 HIPÓTESES ACIDENTAIS E INPUTS

As hipóteses acidentais foram levantadas conforme apresentado pelo Item 4.5 deste relatório técnico. Desta forma, as hipóteses acidentais, bem como seus respectivos dados de entrada (input) são apresentadas pelas tabelas a seguir:

Tabela 5-4: Dados de entrada (input) – H01

HIPÓTESE ACIDENTAL: H01		
Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura ou Desacoplamento do Mangote 12" - Ship to Ship		
PARÂMETROS	**DESCRIÇÃO**	**REFERÊNCIA / JUSTIFICATIVA**
Substância	VLSFO e/ou MGO	-
Substância Representativa	(n-nonano)	CETESB,2011
Estado Físico da Substância	Líquido	-
Volume total (kg)	138691,89	Vazamento em tempo de 600 s (BEVI, 2009)
Temperatura (ºC)	55,00	-
Pressão (bar)	7,00	-
Vazão de Produção (m³/h)	1200,00	MTO – Memorial Descritivo
Vazão de Produção (kg/h)	-	-
Vazão de Liberação (kg/s)	1482,47	Phast 8.4
Massa liberada (kg)	138691,89	Vazamento em tempo de 600 s
Altura do Equipamento (m)	14,00	MTO – Memorial Descritivo
Altura do Vazamento (m)	14,00	MTO – Memorial Descritivo
Área disponível para evaporação substância (m²)	-	-
Altura da Contenção (m)	-	-
Altura de interesse para o contorno do efeito físico (m)	1,00	-
Comprimento total do duto (m)	-	-
Diâmetro do equipamento (in)	12,00	MTO – Memorial Descritivo
Dimensões do Vazamento	12,00	-
Direções do Jato	Horizontal	-
Modelo Utilizado	Short Pipe	Phast 8.4

Fonte: Ambipar Response, 2025.

Tabela 5-5: Dados de entrada (input) – H02

HIPÓTESE ACIDENTAL: H02		
Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura ou Desacoplamento do Mangote 10" - Ship to Shore / Shore to Ship / STBL / Ship to barge		
PARÂMETROS	**DESCRIÇÃO**	**REFERÊNCIA / JUSTIFICATIVA**
Substância	VLSFO e/ou MGO	-
Substância Representativa	(n-nonano)	CETESB,2011
Estado Físico da Substância	Líquido	-
Volume total (kg)	115592,17	Vazamento em tempo de 600 s (BEVI, 2009)
Temperatura (ºC)	55,00	-
Pressão (bar)	7,00	-
Vazão de Produção (m³/h)	1000,00	MTO – Memorial Descritivo
Vazão de Produção (kg/h)	-	-
Vazão de Liberação (kg/s)	1029,49	Phast 8.4
Massa liberada (kg)	115592,17	Vazamento em tempo de 600 s
Altura do Equipamento (m)	7,00	MTO – Memorial Descritivo
Altura do Vazamento (m)	7,00	MTO – Memorial Descritivo
Área disponível para evaporação substância (m²)	-	-
Altura da Contenção (m)	-	-
Altura de interesse para o contorno do efeito físico (m)	1,00	-
Comprimento total do duto (m)	-	-
Diâmetro do equipamento (in)	10,00	MTO – Memorial Descritivo
Dimensões do Vazamento	10,00	-
Direções do Jato	Horizontal	-
Modelo Utilizado	Short Pipe	Phast 8.4

Fonte: Ambipar Response, 2025.

Tabela 5-6: Dados de entrada (input) – H03

HIPÓTESE ACIDENTAL: H03		
Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura ou Desacoplamento do Mangote 8" - Ship to Shore / Shore to Ship / STBL / Ship to barge		
PARÂMETROS	**DESCRIÇÃO**	**REFERÊNCIA / JUSTIFICATIVA**
Substância	VLSFO e/ou MGO	-
Substância Representativa	(n-nonano)	CETESB,2011
Estado Físico da Substância	Líquido	-
Volume total (kg)	92426,84	Vazamento em tempo de 600 s (BEVI, 2009)
Temperatura (ºC)	55,00	-
Pressão (bar)	7,00	-
Vazão de Produção (m³/h)	800,00	MTO – Memorial Descritivo
Vazão de Produção (kg/h)	-	-
Vazão de Liberação (kg/s)	658,87	Phast 8.4
Massa liberada (kg)	92426,84	Vazamento em tempo de 600 s
Altura do Equipamento (m)	7,00	MTO – Memorial Descritivo
Altura do Vazamento (m)	7,00	MTO – Memorial Descritivo
Área disponível para evaporação substância (m²)	-	-
Altura da Contenção (m)	-	-
Altura de interesse para o contorno do efeito físico (m)	1,00	-
Comprimento total do duto (m)	-	-
Diâmetro do equipamento (in)	10,00	MTO – Memorial Descritivo
Dimensões do Vazamento	8,00	-
Direções do Jato	Horizontal	-
Modelo Utilizado	Short Pipe	Phast 8.4

Fonte: Ambipar Response, 2025.

Tabela 5-7: Dados de entrada (input) – H04

HIPÓTESE ACIDENTAL: H04		
Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura ou Desacoplamento do Mangote 6" - Ship to Shore / Shore to Ship / STBL / Ship to barge		
PARÂMETROS	**DESCRIÇÃO**	**REFERÊNCIA / JUSTIFICATIVA**
Substância	VLSFO e/ou MGO	-
Substância Representativa	(n-nonano)	CETESB,2011
Estado Físico da Substância	Líquido	-
Volume total (kg)	46248,42	Vazamento em tempo de 600 s (BEVI, 2009)
Temperatura (ºC)	55,00	-
Pressão (bar)	7,00	-
Vazão de Produção (m³/h)	400,00	MTO – Memorial Descritivo
Vazão de Produção (kg/h)	-	-
Vazão de Liberação (kg/s)	370,61	Phast 8.4
Massa liberada (kg)	46248,42	Vazamento em tempo de 600 s
Altura do Equipamento (m)	7,00	MTO – Memorial Descritivo
Altura do Vazamento (m)	7,00	MTO – Memorial Descritivo
Área disponível para evaporação substância (m²)	-	-
Altura da Contenção (m)	-	-
Altura de interesse para o contorno do efeito físico (m)	1,00	-
Comprimento total do duto (m)	-	-
Diâmetro do equipamento (in)	10,00	MTO – Memorial Descritivo
Dimensões do Vazamento	6,00	-
Direções do Jato	Horizontal	-
Modelo Utilizado	Short Pipe	Phast 8.4

Fonte: Ambipar Response, 2025.

Tabela 5-8: Dados de entrada (input) – H05

HIPÓTESE ACIDENTAL: H05		
Grande vazamento de VLSFO e/ou Petróleo Cru devido a Ruptura 100% do diâmetro da linha conectada ao Tanque ou Ruptura do Tanque		
PARÂMETROS	**DESCRIÇÃO**	**REFERÊNCIA / JUSTIFICATIVA**
Substância	VLSFO e/ou Petróleo Cru	-
Substância Representativa	(n-nonano)	CETESB,2011
Estado Físico da Substância	Líquido	-
Volume total (kg)	7012330,00	Capacidade do tanque de 10.000 m³
Temperatura (ºC)	45,00	-
Pressão (bar)	Atm	-
Vazão de Produção (m³/h)	-	MTO – Memorial Descritivo
Vazão de Produção (kg/h)	-	-
Vazão de Liberação (kg/s)	-	Phast 8.4
Massa liberada (kg)	7012330,00	Capacidade do tanque de 10.000 m³
Altura do Equipamento (m)	14,00	MTO – Memorial Descritivo
Altura do Vazamento (m)	1,00	Altura aproximada das linhas
Área disponível para evaporação substância (m²)	-	-
Altura da Contenção (m)	-	-
Altura de interesse para o contorno do efeito físico (m)	1,00	-
Comprimento total do duto (m)	-	-
Diâmetro do equipamento (in)	-	-
Dimensões do Vazamento	-	-
Direções do Jato	Horizontal	-
Modelo Utilizado	Catastrophic Rupture	Phast 8.4

Fonte: Ambipar Response, 2025.

Tabela 5-9: Dados de entrada (input) – H06

HIPÓTESE ACIDENTAL: H06		
Grande vazamento de VLSFO e/ou Petróleo Cru devido a Ruptura 100% do diâmetro da linha conectada ao Tanque ou Ruptura do Tanque		
PARÂMETROS	**DESCRIÇÃO**	**REFERÊNCIA / JUSTIFICATIVA**
Substância	VLSFO e/ou Petróleo Cru	-
Substância Representativa	(n-nonano)	CETESB,2011
Estado Físico da Substância	Líquido	-
Volume total (kg)	3506170,00	Capacidade do tanque de 5.000 m³
Temperatura (ºC)	45,00	-
Pressão (bar)	Atm	-
Vazão de Produção (m³/h)	-	MTO – Memorial Descritivo
Vazão de Produção (kg/h)	-	-
Vazão de Liberação (kg/s)	-	Phast 8.4
Massa liberada (kg)	3506170,00	Capacidade do tanque de 5.000 m³
Altura do Equipamento (m)	19,00	MTO – Memorial Descritivo
Altura do Vazamento (m)	1,00	Altura aproximada das linhas
Área disponível para evaporação substância (m²)	-	-
Altura da Contenção (m)	-	-
Altura de interesse para o contorno do efeito físico (m)	1,00	-
Comprimento total do duto (m)	-	-
Diâmetro do equipamento (in)	-	-
Dimensões do Vazamento	-	-
Direções do Jato	Horizontal	-
Modelo Utilizado	Catastrophic Rupture	Phast 8.4

Fonte: Ambipar Response, 2025.

Tabela 5-10: Dados de entrada (input) – H07

HIPÓTESE ACIDENTAL: H07		
Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura de 100% da Linha de descarga da Bomba de Exportação		
PARÂMETROS	**DESCRIÇÃO**	**REFERÊNCIA / JUSTIFICATIVA**
Substância	VLSFO e/ou MGO	-
Substância Representativa	(n-nonano)	CETESB,2011
Estado Físico da Substância	Líquido	-
Volume total (kg)	116931,28	Vazamento em tempo de 600 s (BEVI, 2009)
Temperatura (ºC)	45,00	MTO – Memorial Descritivo
Pressão (bar)	7,00	MTO – Memorial Descritivo
Vazão de Produção (m³/h)	1000,00	MTO – Memorial Descritivo
Vazão de Produção (kg/h)	-	-
Vazão de Liberação (kg/s)	1036,68	Phast 8.4
Massa liberada (kg)	116931,28	-
Altura do Equipamento (m)	1,00	MTO – Memorial Descritivo
Altura do Vazamento (m)	1,00	Altura aproximada das linhas
Área disponível para evaporação substância (m²)	-	-
Altura da Contenção (m)	-	-
Altura de interesse para o contorno do efeito físico (m)	1,00	-
Comprimento total do duto (m)	-	-
Diâmetro do equipamento (in)	10,00	MTO – Memorial Descritivo
Dimensões do Vazamento	10,00	Ruptura 100% do diâmetro
Direções do Jato	Horizontal	-
Modelo Utilizado	Leak	Phast 8.4

Fonte: Ambipar Response, 2025.

Tabela 5-11: Dados de entrada (input) – H08

HIPÓTESE ACIDENTAL: H08		
Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura de 100% da Linha de descarga da Bomba de Distribuição e Transferência		
PARÂMETROS	**DESCRIÇÃO**	**REFERÊNCIA / JUSTIFICATIVA**
Substância	VLSFO e/ou MGO	-
Substância Representativa	(n-nonano)	CETESB,2011
Estado Físico da Substância	Líquido	-
Volume total (kg)	93496,90	Vazamento em tempo de 600 s (BEVI, 2009)
Temperatura (ºC)	45,00	MTO – Memorial Descritivo
Pressão (bar)	7,00	MTO – Memorial Descritivo
Vazão de Produção (m³/h)	800,00	MTO – Memorial Descritivo
Vazão de Produção (kg/h)	-	-
Vazão de Liberação (kg/s)	663,48	Phast 8.4
Massa liberada (kg)	93496,90	-
Altura do Equipamento (m)	1,00	MTO – Memorial Descritivo
Altura do Vazamento (m)	1,00	Altura aproximada das linhas
Área disponível para evaporação substância (m²)	-	-
Altura da Contenção (m)	-	-
Altura de interesse para o contorno do efeito físico (m)	1,00	-
Comprimento total do duto (m)	-	-
Diâmetro do equipamento (in)	8,00	MTO – Memorial Descritivo
Dimensões do Vazamento	8,00	Ruptura 100% do diâmetro
Direções do Jato	Horizontal	-
Modelo Utilizado	Leak	Phast 8.4

Fonte: Ambipar Response, 2025.

Tabela 5-12: Dados de entrada (input) – H09.1

HIPÓTESE ACIDENTAL: H09.1		
Pequeno vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Furo de 5% do diâmetro do Duto de 14"		
PARÂMETROS	**DESCRIÇÃO**	**REFERÊNCIA / JUSTIFICATIVA**
Substância	VLSFO e/ou MGO (N-nonano)	-
Substância Representativa	(n-nonano)	CETESB,2011
Estado Físico da Substância	Líquido	-
Volume total (kg)	2945,13	Vazamento em tempo de 600 s
Temperatura (ºC)	55,00	MTO – Memorial Descritivo
Pressão (bar)	7,00	MTO – Memorial Descritivo
Vazão de Produção (m³/h)	1000,00	MTO – Memorial Descritivo
Vazão de Produção (kg/h)	-	-
Vazão de Liberação (kg/s)	4,91	Phast 8.4
Massa liberada (kg)	2945,13	-
Altura do Equipamento (m)	1,00	Altura aproximada das linhas
Altura do Vazamento (m)	1,00	Altura aproximada das linhas
Área disponível para evaporação substância (m²)	-	-
Altura da Contenção (m)	-	-
Altura de interesse para o contorno do efeito físico (m)	1,00	-
Comprimento total do duto (m)	-	-
Diâmetro do equipamento (in)	14,00	MTO – Memorial Descritivo
Dimensões do Vazamento	0,70	Furo 5% do diâmetro
Direções do Jato	Horizontal	-
Modelo Utilizado	Leak	Phast 8.4

Fonte: Ambipar Response, 2025.

Tabela 5-13: Dados de entrada (input) – H09.2

HIPÓTESE ACIDENTAL: H09.2		
Médio vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Fenda de 20% do diâmetro do Duto de 14"		
PARÂMETROS	**DESCRIÇÃO**	**REFERÊNCIA / JUSTIFICATIVA**
Substância	VLSFO e/ou MGO (N-nonano)	-
Substância Representativa	(n-nonano)	CETESB,2011
Estado Físico da Substância	Líquido	-
Volume total (kg)	47122,08	Vazamento em tempo de 600 s
Temperatura (ºC)	55,00	MTO – Memorial Descritivo
Pressão (bar)	7,00	MTO – Memorial Descritivo
Vazão de Produção (m³/h)	1000,00	MTO – Memorial Descritivo
Vazão de Produção (kg/h)	-	-
Vazão de Liberação (kg/s)	78,54	Phast 8.4
Massa liberada (kg)	47122,08	-
Altura do Equipamento (m)	1,00	Altura aproximada das linhas
Altura do Vazamento (m)	1,00	Altura aproximada das linhas
Área disponível para evaporação substância (m²)	-	-
Altura da Contenção (m)	-	-
Altura de interesse para o contorno do efeito físico (m)	1,00	-
Comprimento total do duto (m)	-	-
Diâmetro do equipamento (in)	14,00	MTO – Memorial Descritivo
Dimensões do Vazamento	2,80	Fenda 20% do diâmetro
Direções do Jato	Horizontal	-
Modelo Utilizado	Leak	Phast 8.4

Fonte: Ambipar Response, 2025.

Tabela 5-14: Dados de entrada (input) – H09.3

HIPÓTESE ACIDENTAL: H09.3		
Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura de 100% do diâmetro do Duto de 14"		
PARÂMETROS	**DESCRIÇÃO**	**REFERÊNCIA / JUSTIFICATIVA**
Substância	VLSFO e/ou MGO (N-nonano)	-
Substância Representativa	(n-nonano)	CETESB,2011
Estado Físico da Substância	Líquido	-
Volume total (kg)	244013,93	Vazamento em tempo de 600 s
Temperatura (ºC)	55,00	MTO – Memorial Descritivo
Pressão (bar)	7,00	MTO – Memorial Descritivo
Vazão de Produção (m³/h)	1000,00	MTO – Memorial Descritivo
Vazão de Produção (kg/h)	-	-
Vazão de Liberação (kg/s)	1203,83	Phast 8.4
Massa liberada (kg)	244013,93	-
Altura do Equipamento (m)	1,00	Altura aproximada das linhas
Altura do Vazamento (m)	1,00	Altura aproximada das linhas
Área disponível para evaporação substância (m²)	-	-
Altura da Contenção (m)	-	-
Altura de interesse para o contorno do efeito físico (m)	1,00	-
Comprimento total do duto (m)	-	-
Diâmetro do equipamento (in)	14,00	MTO – Memorial Descritivo
Dimensões do Vazamento	14,00	Ruptura 100% do diâmetro
Direções do Jato	Horizontal	-
Modelo Utilizado	Leak	Phast 8.4

Fonte: Ambipar Response, 2025.

Tabela 5-15: Dados de entrada (input) – H10.1

HIPÓTESE ACIDENTAL: H10.1		
Pequeno vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Furo de 5% do diâmetro do Duto de 12"		
PARÂMETROS	**DESCRIÇÃO**	**REFERÊNCIA / JUSTIFICATIVA**
Substância	VLSFO e/ou MGO (N-nonano)	-
Substância Representativa	(n-nonano)	CETESB,2011
Estado Físico da Substância	Líquido	-
Volume total (kg)	2137,75	Vazamento em tempo de 600 s
Temperatura (ºC)	27,00	MTO – Memorial Descritivo
Pressão (bar)	7,00	MTO – Memorial Descritivo
Vazão de Produção (m³/h)	800,00	MTO – Memorial Descritivo
Vazão de Produção (kg/h)	-	-
Vazão de Liberação (kg/s)	3,56	Phast 8.4
Massa liberada (kg)	2137,75	-
Altura do Equipamento (m)	1,00	Altura aproximada das linhas
Altura do Vazamento (m)	1,00	Altura aproximada das linhas
Área disponível para evaporação substância (m²)	-	-
Altura da Contenção (m)	-	-
Altura de interesse para o contorno do efeito físico (m)	1,00	-
Comprimento total do duto (m)	-	-
Diâmetro do equipamento (in)	12,00	MTO – Memorial Descritivo
Dimensões do Vazamento	0,60	Furo 5% do diâmetro
Direções do Jato	Horizontal	-
Modelo Utilizado	Leak	Phast 8.4

Fonte: Ambipar Response, 2025.

Tabela 5-16: Dados de entrada (input) – H10.2

HIPÓTESE ACIDENTAL: H10.2		
Médio vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Fenda de 20% do diâmetro do Duto de 12"		
PARÂMETROS	**DESCRIÇÃO**	**REFERÊNCIA / JUSTIFICATIVA**
Substância	VLSFO e/ou MGO (N-nonano)	-
Substância Representativa	(n-nonano)	CETESB,2011
Estado Físico da Substância	Líquido	-
Volume total (kg)	34203,96	Vazamento em tempo de 600 s
Temperatura (ºC)	27,00	MTO – Memorial Descritivo
Pressão (bar)	7,00	MTO – Memorial Descritivo
Vazão de Produção (m³/h)	800,00	MTO – Memorial Descritivo
Vazão de Produção (kg/h)	-	-
Vazão de Liberação (kg/s)	57,01	Phast 8.4
Massa liberada (kg)	34203,96	-
Altura do Equipamento (m)	1,00	Altura aproximada das linhas
Altura do Vazamento (m)	1,00	Altura aproximada das linhas
Área disponível para evaporação substância (m²)	-	-
Altura da Contenção (m)	-	-
Altura de interesse para o contorno do efeito físico (m)	1,00	-
Comprimento total do duto (m)	-	-
Diâmetro do equipamento (in)	12,00	MTO – Memorial Descritivo
Dimensões do Vazamento	2,40	Fenda 20% do diâmetro
Direções do Jato	Horizontal	-
Modelo Utilizado	Leak	Phast 8.4

Fonte: Ambipar Response, 2025.

Tabela 5-17: Dados de entrada (input) – H10.3

HIPÓTESE ACIDENTAL: H10.3		
Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura de 100% do diâmetro do Duto de 12"		
PARÂMETROS	**DESCRIÇÃO**	**REFERÊNCIA / JUSTIFICATIVA**
Substância	VLSFO e/ou MGO (N-nonano)	-
Substância Representativa	(n-nonano)	CETESB,2011
Estado Físico da Substância	Líquido	-
Volume total (kg)	175001,07	Vazamento em tempo de 600 s
Temperatura (ºC)	27,00	MTO – Memorial Descritivo
Pressão (bar)	7,00	MTO – Memorial Descritivo
Vazão de Produção (m³/h)	800,00	MTO – Memorial Descritivo
Vazão de Produção (kg/h)	-	-
Vazão de Liberação (kg/s)	868,98	Phast 8.4
Massa liberada (kg)	175001,07	-
Altura do Equipamento (m)	1,00	Altura aproximada das linhas
Altura do Vazamento (m)	1,00	Altura aproximada das linhas
Área disponível para evaporação substância (m²)	-	-
Altura da Contenção (m)	-	-
Altura de interesse para o contorno do efeito físico (m)	1,00	-
Comprimento total do duto (m)	-	-
Diâmetro do equipamento (in)	12,00	MTO – Memorial Descritivo
Dimensões do Vazamento	12,00	Ruptura 100% do diâmetro
Direções do Jato	Horizontal	-
Modelo Utilizado	Leak	Phast 8.4

Fonte: Ambipar Response, 2025.

Tabela 5-18: Dados de entrada (input) – H11

HIPÓTESE ACIDENTAL: H11		
Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura do Caminhão Tanque		
PARÂMETROS	**DESCRIÇÃO**	**REFERÊNCIA / JUSTIFICATIVA**
Substância	VLSFO e/ou MGO	-
Substância Representativa	(n-nonano)	CETESB,2011
Estado Físico da Substância	Líquido	-
Volume total (kg)	598583,40	Capacidade do caminhão de 30 m³
Temperatura (ºC)	45,00	-
Pressão (bar)	Atm	-
Vazão de Produção (m³/h)	-	-
Vazão de Produção (kg/h)	-	-
Vazão de Liberação (kg/s)	997,64	Phast 8.4
Massa liberada (kg)	598583,40	-
Altura do Equipamento (m)	2,00	Epicentro do caminhão
Altura do Vazamento (m)	2,00	Epicentro do caminhão
Área disponível para evaporação substância (m²)	-	-
Altura da Contenção (m)	-	-
Altura de interesse para o contorno do efeito físico (m)	1,00	-
Comprimento total do duto (m)	-	-
Diâmetro do equipamento (in)	-	-
Dimensões do Vazamento	-	-
Direções do Jato	Horizontal	-
Modelo Utilizado	Leak	Phast 8.4

Fonte: Ambipar Response, 2025.

Tabela 5-19: Dados de entrada (input) – H12

HIPÓTESE ACIDENTAL: H12		
Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura do Vagão Tanque		
PARÂMETROS	**DESCRIÇÃO**	**REFERÊNCIA / JUSTIFICATIVA**
Substância	VLSFO e/ou MGO	-
Substância Representativa	(n-nonano)	CETESB,2011
Estado Físico da Substância	Líquido	-
Volume total (kg)	21037,00	Capacidade do vagão de 60 m³
Temperatura (ºC)	45,00	-
Pressão (bar)	Atm	-
Vazão de Produção (m³/h)	-	-
Vazão de Produção (kg/h)	-	-
Vazão de Liberação (kg/s)	-	Phast 8.4
Massa liberada (kg)	21037,00	-
Altura do Equipamento (m)	2,00	Epicentro do vagão
Altura do Vazamento (m)	2,00	Epicentro do vagão
Área disponível para evaporação substância (m²)	-	-
Altura da Contenção (m)	-	-
Altura de interesse para o contorno do efeito físico (m)	1,00	-
Comprimento total do duto (m)	-	-
Diâmetro do equipamento (in)	-	-
Dimensões do Vazamento	-	-
Direções do Jato	Horizontal	-
Modelo Utilizado	Catastrophic Rupture	Phast 8.4

Fonte: Ambipar Response, 2025.

Tabela 5-20: Dados de entrada (input) – H13

HIPÓTESE ACIDENTAL: H13		
Explosão da Caldeira		
PARÂMETROS	**DESCRIÇÃO**	**REFERÊNCIA / JUSTIFICATIVA**
Substância	Vapor	Caldeira
Substância Representativa	-	-
Estado Físico da Substância	Líquido	-
Volume total (kg)	42074,00	Estimativa do volume considerando uma caldeira flamotubular de capacidade 10.000 kg/h
Temperatura (ºC)	420,00	-
Pressão (bar)	23,00	-
Vazão de Produção (m³/h)	-	-
Vazão de Produção (kg/h)	-	-
Vazão de Liberação (kg/s)	-	-
Massa liberada (kg)	42074,00	Ruptura catastrófica
Altura do Equipamento (m)	2,00	Epicentro da caldeira
Altura do Vazamento (m)	2,00	Epicentro da caldeira
Área disponível para evaporação substância (m²)	-	-
Altura da Contenção (m)	-	-
Altura de interesse para o contorno do efeito físico (m)	1,00	-
Comprimento total do duto (m)	-	-
Diâmetro do equipamento (in)	-	-
Dimensões do Vazamento	-	-
Direções do Jato	Horizontal	-
Modelo Utilizado	Catastrophic Rupture	Phast 8.4

Fonte: Ambipar Response, 2025.

5.5 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

Os resultados de alcances dos efeitos físicos pesquisados para cada hipótese acidental são apresentados através da Tabela 5-21.

Para uma melhor análise, foram plotados os alcances dos níveis de efeitos físicos para cada cenário acidental nas figuras de satélites, apresentados pelos Mapas de Vulnerabilidade contidos no **ANEXO V.**

Tabela 5-21: Distância de alcance dos efeitos físicos simulados.

HIPOTESE ACIDENTAL		PERÍODO	ALCANCE DOS EFEITOS FÍSICOS (m)								
			Jato de Fogo			Incêndio em Poça			Incêndio em Nuvem	Sobrepressão	
			(kW/m²)			(kW/m²)				(bar)	
			9,8	19,45	35	9,8	19,45	35	100% LII	0,1	0,3
H01	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura ou Desacapolamento do Mangote 12" - Ship to Ship	Dia	218,5	183,0	158,8	150,8	136,7	n/a	85,0	108,0	71,7
		Noite	229,8	192,6	167,2	147,2	135,9	n/a	100,0	110,7	74,6
H02	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura ou Desacapolamento do Mangote 10" - Ship to Shore / Shore to Ship / STBL / Ship to barge	Dia	187,0	156,5	135,7	83,4	70,2	n/a	88,2	94,1	62,5
		Noite	185,1	155,2	134,8	81,2	70,5	n/a	87,3	92,9	62,7
H03	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura ou Desacapolamento do Mangote 8" - Ship to Shore / Shore to Ship / STBL / Ship to barge	Dia	168,3	140,8	122,1	68,3	56,0	n/a	71,0	86,3	56,6
		Noite	164,8	138,2	120,1	66,4	56,2	n/a	72,9	83,6	56,0
H04	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura ou Desacapolamento do Mangote 6" - Ship to Shore / Shore to Ship / STBL / Ship to barge	Dia	144,8	121,2	105,1	54,5	43,7	n/a	51,0	75,5	50,1
		Noite	141,0	118,3	102,8	53,4	43,7	n/a	55,4	72,7	48,7
H05	Grande vazamento de VLSFO e/ou Petróleo Cru devido a Ruptura 100% do diâmetro da linha conectada ao Tanque ou Ruptura do Tanque	Dia	-	-	-	82,4	69,3	n/a	26,0	87,7	42,1
		Noite	-	-	-	80,0	69,3	n/a	25,1	92,5	44,1

HIPOTESE ACIDENTAL		PERÍODO	ALCANCE DOS EFEITOS FÍSICOS (m)								
			Jato de Fogo (kW/m²)			Incêndio em Poça (kW/m²)			Incêndio em Nuvem	Sobrepressão (bar)	
			9,8	19,45	35	9,8	19,45	35	100% LII	0,1	0,3
H06	Grande vazamento de VLSFO e/ou Petróleo Cru devido a Ruptura 100% do diâmetro da linha conectada ao Tanque ou Ruptura do Tanque	Dia	-	-	-	71,0	58,5	n/a	23,3	74,5	35,7
		Noite	-	-	-	68,8	58,5	n/a	22,4	70,1	33,1
H07	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura de 100% da Linha de descarga da Bomba de Exportação	Dia	108,0	90,4	78,5	84,9	71,7	n/a	45,4	52,1	35,7
		Noite	109,0	91,5	79,6	82,5	71,8	n/a	44,7	50,1	34,3
H08	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura de 100% da Linha de descarga da Bomba de Distribuição e Transferência	Dia	98,6	82,6	71,7	69,7	57,3	n/a	40,2	48,6	33,1
		Noite	99,4	83,5	72,6	67,6	57,4	n/a	39,6	48,1	32,8
H09.1	Pequeno vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Furo de 5% do diâmetro do Duto de 14"	Dia	36,8	30,9	26,8	43,6	35,8	29,0	23,2	32,2	22,9
		Noite	35,1	29,6	25,8	41,3	33,2	26,9	22,1	30,9	22,0
H09.2	Médio vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Fenda de 20% do diâmetro do Duto de 14"	Dia	83,9	70,2	60,9	52,7	43,7	n/a	43,9	58,5	40,6
		Noite	84,7	71,2	62,0	51,4	43,7	n/a	43,6	59,1	41,1

HIPOTESE ACIDENTAL		PERÍODO	ALCANCE DOS EFEITOS FÍSICOS (m)								
			Jato de Fogo (kW/m²)			Incêndio em Poça (kW/m²)			Incêndio em Nuvem	Sobrepressão (bar)	
			9,8	19,45	35	9,8	19,45	35	100% LII	0,1	0,3
H09.3	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura de 100% do diâmetro do Duto de 14"	Dia	136,7	114,3	99,1	90,6	76,9	n/a	77,9	75,3	51,5
		Noite	138,4	116,1	100,9	88,1	77,1	n/a	73,2	73,7	50,6
H10.1	Pequeno vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Furo de 5% do diâmetro do Duto de 12"	Dia	33,6	28,3	24,5	40,5	34,4	27,8	21,0	28,8	20,6
		Noite	31,7	26,8	23,3	38,1	31,5	25,5	20,0	28,9	20,6
H10.2	Médio vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Fenda de 20% do diâmetro do Duto de 12"	Dia	75,2	63,0	54,7	53,3	43,7	n/a	40,3	55,1	38,3
		Noite	75,7	63,7	55,5	52,2	43,7	n/a	40,0	53,1	36,9
H10.3	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura de 100% do diâmetro do Duto de 12"	Dia	125,1	104,7	90,8	78,7	65,4	n/a	70,4	67,1	45,7
		Noite	126,5	106,2	92,3	76,1	65,5	n/a	66,8	63,2	43,3
H11	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura do Caminhão Tanque	Dia	-	-	-	55,3	44,2	n/a	16,5	22,4	17,1
		Noite	-	-	-	54,1	44,2	n/a	21,7	28,7	22,3

HIPOTESE ACIDENTAL		PERÍODO	ALCANCE DOS EFEITOS FÍSICOS (m)								
			Jato de Fogo (kW/m²)			Incêndio em Poça (kW/m²)			Incêndio em Nuvem	Sobrepressão (bar)	
			9,8	19,45	35	9,8	19,45	35	100% LII	0,1	0,3
H12	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura do Vagão Tanque	Dia	-	-	-	75,3	62,3	n/a	29,5	31,5	27,8
		Noite	-	-	-	72,7	62,2	n/a	28,9	32,0	29,6
H13	Explosão da Caldeira	Dia	-	-	-	-	-	-	-	65,1	31,5
		Noite	-	-	-	-	-	-	-	65,1	31,5

NOTA 1: As distâncias representadas pelos hifens "-"significam que os efeitos físicos não são aplicáveis a tal cenário. Para "n/a" os níveis máximos simulados não foram capazes de alcançar os níveis de interesse.
Fonte: Ambipar Response, 2025.

6 ANÁLISE DE FREQUÊNCIAS

6.1 INTRODUÇÃO

A análise de frequência tem como objetivo estabelecer taxas de frequências de ocorrências para as hipóteses acidentais e seus possíveis desdobramentos.

Desta forma, este tópico tem como objetivo apresentar a análise de frequências realizada para este estudo, com o intuito de ser utilizado como produto para a quantificação final dos riscos.

6.2 METODOLOGIA

6.2.1 Hipótese Acidental

Uma vez que ocorra uma dada hipótese acidental, vários cenários finais podem advir como consequência. Os cenários finais decorrentes de uma hipótese acidental dependerão da ocorrência ou não dos diversos fatores contribuintes, expressos através de suas probabilidades, como a probabilidade do evento inicial ser detectado e contido antes que se alastre, de existir uma Fonte de ignição próxima e ignizar o produto vazado, ocorrências de colisões e condições ambientais desfavoráveis entre outras.

Para a determinação da frequência da hipótese acidental, que representa o evento inicial, e as probabilidades de ocorrência de cada fator contribuinte é possível chegar à frequência de ocorrência de cada cenário final, utilizando-se Árvores de Eventos (AE).

6.2.2 Árvore de Eventos

Para a determinação da frequência de ocorrência de cada cenário acidental, foi empregada a Árvore de Eventos, para vazamentos contínuos e instantâneos de hidrocarbonetos onde a determinação da AE foi estabelecida conforme o Manual de Referência para Avaliação de Riscos (BEVI, 2009).

A Árvore de Eventos (AE) empregada neste estudo é apresentada pela Figura 6-1.

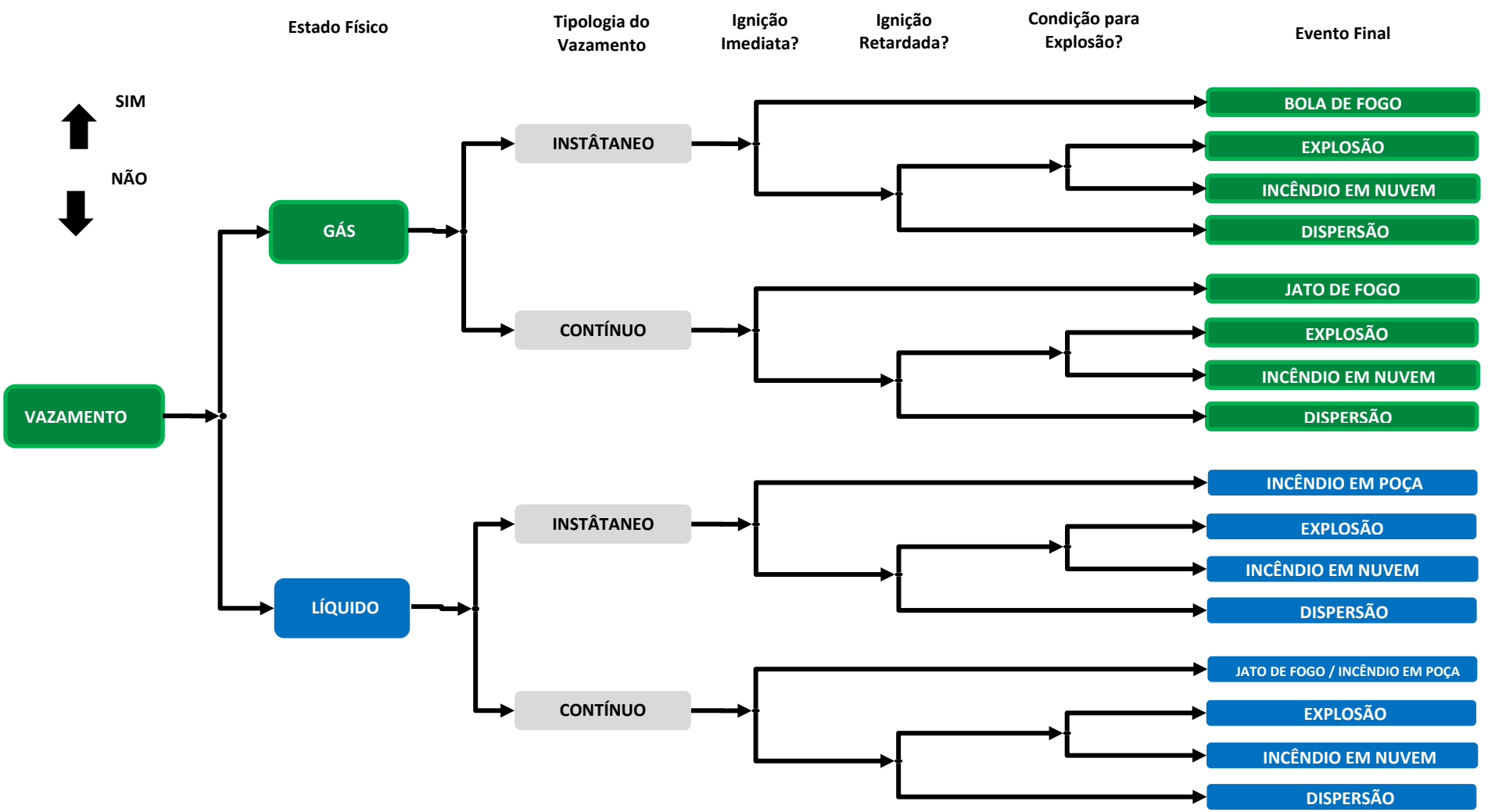


Figura 6-1: Árvore de Eventos (AE) por tipologia de vazamento. Fonte: Autor, 2024

Fonte: Ambipar Response, 2024.

A Árvore de Eventos foi alimenta no Software PHAST/SAFETI® para estimativa das frequências das ocorrências dos eventos finais. Ainda, as frequências de cada evento final, foram calculadas para as 08 direções dos ventos, conforme os dados meteorológicos apresentados anteriormente.

6.2.3 Frequência dos Eventos Iniciadores

Os Eventos Iniciadores (EI) estão relacionados a liberações de gases e líquidos perigosos devido a vazamento em tubulações, válvulas, vasos e tanques de armazenamento.

As frequências dos eventos iniciadores podem ser estimadas através de Análise de Árvore de Falhas (AAF) ou através de banco de dados internacionais, consolidados e validados. Para a estimativa das frequências de ocorrências dos eventos iniciadores, foram consultados os seguintes bancos de dados:

- RIVM – BEVI: *Reference Manual Bevi Risk Assessments;*
- *Purple Book* (TNO): *Guidelines for Quantitative Risk Assessments;*
- API 581: *Risk Based Inspection Technology;*
- HSE: *Health and Safety Executive;*
- OREDA: *Offshore and Onshore Reliability Data*

Para os casos de aplicação de AAF, foram utilizadas as frequências de falhas disponíveis na literatura técnica, bem como os dados disponíveis no OREDA.

6.2.4 Probabilidade de Ignição

Ignição Imediata

Quando ocorre o vazamento de um produto combustível ou inflamável, a presença de Fontes de ignição próximas ou não pode resultar na ocorrência de um cenário de

acidente. No caso de estarem presentes Fontes de ignição muito próximas ao vazamento, existe a possibilidade da ocorrência de uma ignição imediata.

As probabilidades de ignição foram estabelecidas de acordo com a Norma Técnica P4.261 da CETESB (2011), no qual utiliza-se de dados primários disponíveis no RIVM-BEVI (2009). A Tabela 6-1 apresenta as probabilidades de ignição imediata.

Os dados de ignição imediata foram alimentados como inputs no software PHAST/SAFETI® para cada tipologia de perda de contenção.

Tabela 6-1: Probabilidades de ignição imediata.

Classificação da Substância	Quantidade para vazamento instantâneo (kg)	Quantidade para vazamento contínuo (kg/s)	p_{ii}	p_{ce}
Categoria 0, reatividade média/alta	< 1 000	< 10	0,2	0,4
	1 000 – 10 000	10 – 100	0,5	
	> 10 000	> 100	0,7	
Categoria 0, reatividade baixa	< 1 000	< 10	0,02	0,4
	1 000 – 10 000	10 – 100	0,04	
	>10 000	> 100	0,09	
Categoria 1	Qualquer quantidade	Qualquer vazão	0,065	0,4
Categoria 2	Qualquer quantidade	Qualquer vazão	0,01	0,4

Categoria 0, reatividade média/alta	Gases puros e misturas que podem ignizar nas condições normas de pressão e temperatura quanto expostos ao ar, exceto os de reatividade baixa
	Líquidos puros e misturas com ponto de fulgor (PF) < 0ºC e ponto de ebulição (ou início da ebulição) (PE) ≤ 37,8ºC
Categoria 0, reatividade baixa	Metano Cloreto de metila Cloreto de etila
Categoria 1	Líquidos puros e misturas com PF < 21ºC e que não sejam classificadas como Categoria 0
Categoria 2	Líquidos puros com PF ≥ 21ºc

Fonte: Ambipar Response, Adaptado CETESB (2011).

Ignição Retardada

A ignição retardada pressupõe a formação de uma nuvem e que esta alcance uma ou mais Fontes de ignição. Características das Fontes como quantidade, eficácia e distribuição espacial afetam a probabilidade dessa ignição.

Ignição retardada é uma ignição local, porém atrasada em alguns instantes em relação ao momento do vazamento. Adotou-se neste estudo os valores das probabilidades de ignição retardada utilizados pelo HSE (*Health and Safety Executive*) e pela Norma Técnica P4.261 da CETESB (2011), visualizadas na Tabela 6-2.

Para determinação da probabilidade de ignição retardada, foi considerada, de forma conservadora, o valor de 0,5.

Tabela 6-2: Probabilidades de Ignição Retardada.

FONTES DE IGNIÇÃO	VALORES	DESCRIÇÃO
Nenhuma	0,1	"Nenhuma prontamente identificável", por exemplo, liberação limitada de hidrocarboneto líquido em um dique em caso de enchimento excessivo do tanque.
Muito poucas	0,2	Grande liberação de gás liquefeito sob pressão após ruptura catastrófica do tanque em uma área de tancagem
Poucas	0,5	Liberação de material inflamável próximo a operações não contínuas, por exemplo, liberação de produto de um tanque próximo a instalações rodoviárias ou ferroviárias
Muitas	0,9	Liberação do material inflamável em uma instalação industrial de processo ou uma liberação resultante de um incêndio ou explosão nas vizinhanças

Fonte: Ambipar Response, Adaptado CETESB (2011).

6.3 RESULTADOS

De acordo com a metodologia apresentada, foram calculadas as frequências iniciais referentes aos cenários de perda de contenção, para cada equipamento ou trecho referente a hipótese acidental analisada.

Os resultados são apresentados pela Tabela 6-3.

Tabela 6-3: Frequências de ocorrência dos Eventos Iniciadores da Hipóteses Acidentais.

Hipótese Acidental		Frequência Inicial (oc./ano)	Referência	Quantidade de Equipamento / trecho analisado	Frequência Inicial Utilizada (oc./ano)
H01	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura ou Desacapolamento do Mangote 12" - Ship to Ship	4,00E-06	RIVM-BEVI 2009 (pág 59)	2	**8,00E-06**
H02	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura ou Desacapolamento do Mangote 10" - Ship to Shore / Shore to Ship / STBL	4,00E-06	RIVM-BEVI 2009 (pág 59)	3	**1,20E-05**
H03	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura ou Desacapolamento do Mangote 8" - Ship to Shore / Shore to Ship / STBL	4,00E-06	RIVM-BEVI 2009 (pág 59)	3	**1,20E-05**
H04	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura ou Desacapolamento do Mangote 6" - Ship to Shore / Shore to Ship / STBL	4,00E-06	RIVM-BEVI 2009 (pág 59)	3	**1,20E-05**
H05	Grande vazamento de VLSFO e/ou Petróleo Cru devido a Ruptura 100% do diâmetro da linha conectada ao Tanque ou Ruptura do Tanque	5,00E-06	RIVM-BEVI 2009 (pág 37)	3	**1,50E-05**
H06	Grande vazamento de VLSFO e/ou Petróleo Cru devido a Ruptura 100% do diâmetro da linha conectada ao Tanque ou Ruptura do Tanque	5,00E-06	RIVM-BEVI 2009 (pág 37)	1	**5,00E-06**
H07	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura de 100% da Linha de descarga da Bomba de Exportação	1,00E-05	RIVM-BEVI 2009 (pág 50)	2	**2,00E-05**
H08	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura de 100% da Linha de descarga da Bomba de Distribuição e Transferência	1,00E-05	RIVM-BEVI 2009 (pág 50)	2	**2,00E-05**
H09.1/2/3	Vazamento de VLSFO e/ou MGO - diâmetro do Duto de 14"	1,00E-07	RIVM-BEVI 2009 (pág 42)	3500	**3,50E-04**
H10.1/2/3	Vazamento de VLSFO e/ou MGO - diâmetro do Duto de 12"	1,00E-07	RIVM-BEVI 2009 (pág 42)	3500	**3,50E-04**

Hipótese Acidental		Frequência Inicial (oc./ano)	Referência	Quantidade de Equipamento / trecho analisado	Frequência Inicial Utilizada (oc./ano)
H11	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura do Caminhão Tanque	5,00E-06	RIVM-BEVI 2009 (pág 37)	1	**5,00E-06**
H12	Grande vazamento de VLSFO e/ou MGO devido a Ruptura do Vagão Tanque	5,00E-06	RIVM-BEVI 2009 (pág 37)	1	**5,00E-06**
H13	Explosão da Caldeira	5,00E-06	RIVM-BEVI 2009 (pág 37)	1	**5,00E-06**

Fonte: Ambipar Response, 2025.

7 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE RISCOS

7.1 INTRODUÇÃO

Como resultado da avaliação dos riscos de uma instalação, tem-se uma quantificação destes, através da quantificação das frequências dos cenários de acidente resultantes e de suas consequências. Ao se considerar a quantificação dos riscos em uma instalação é preciso que se faça distinção entre os riscos aos quais estarão expostos os diversos grupos de pessoas, trabalhadores e membros de comunidades vizinhas, pois nem todos estarão expostos aos mesmos cenários ou consequências.

O Risco então é definido pelo somatório do produto das consequências advindas dos danos provocados por um acidente e das frequências de ocorrência das consequências especificas advindas dos danos provocados por um acidente.

Desta forma a Avaliação de Riscos de um empreendimento é realizada por meio da comparação entre o risco estimado nas formas de Risco Individual (RI) e Risco Social (RS) os respectivos critérios de tolerabilidade, cujos *endpoints* estão associados à fatalidade da população de interesse.

Na presente AQR serão adotadas formulações tradicionalmente utilizadas para se quantificar o Risco Social e Individual de uma instalação e serão adotados os critérios de aceitabilidade sugeridos pela CETESB (2011).

7.2 MEDIDAS DE RISCO

7.2.1 Risco Social – Cálculos e Critérios de Aceitabilidade

O Risco Social (RS) representa o risco para um grupo de pessoas constituído pela comunidade exposta aos efeitos dos acidentes passiveis de ocorrer nas instalações em análise. Assim, o risco social diz respeito à população presente na zona de alcance dos efeitos físicos gerados pelos diferentes cenários de acidentes.

O Risco Social é calculado pelo somatório dos produtos das frequências de cada cenário final, de cada HA que afeta um dado grupo de pessoas, pela consequência associada, esta última representada pelo número de fatalidades esperadas. Desta forma, o Risco Social é expresso pela fórmula a seguir, segundo o conceito de Potencial de Perda da Vida ou de Fatalidade (*Potential Loss of Life*) (PLL), em termos de fatalidades/ano.

$$Risco\ Social = \sum_{i}^{n} F_i\ x\ C_i$$

Onde:

n = Número total de cenários
i = "iésimo" cenário
F = Frequência de ocorrência de um dado cenário
C = Consequência associada a um dado cenário

Normalmente, o Risco Social é expresso através das "curvas F-N", as quais fornecem a frequência esperada de ocorrência de acidentes, em geral expressa em base anual, com um número de vítimas maior ou igual a um determinado valor. A vantagem dessas curvas é que elas mostram graficamente todo o espectro dos riscos associados às instalações de interesse, indicando o potencial associado a acidentes maiores.

7.2.2 Risco Individual – Cálculos e Critérios de Aceitabilidade

O Risco Individual é a probabilidade de morte de um indivíduo em uma localização fixa, permanente, sem proteção, em decorrência de um acidente industrial; o risco individual representa somente o nível de risco de uma determinada localização e não leva em consideração se o indivíduo está, de fato, nesta posição.

Quantitativamente o Risco Individual pode ser definido como: A frequência esperada de que um indivíduo situado numa determinada posição, nas mediações de uma instalação de processo, venha a sofrer um certo nível de dano (morte, ferimento, perda econômica, inconveniência) em decorrências de acidentes na instalação.

O risco individual também tem caráter cumulativo, o que significa que a resultante em um ponto x, y de interesse advém da soma do RI de cada cenário acidental com contribuição no citado ponto, conforme expressos nas equações abaixo:

$$Risco\ Individual_{x,y} = \sum_{i=1}^{n} (F_i\ x\ P_{F,x,y})\ \ (ano^{-1})$$

Onde:

n = Número total de cenários considerado na análise

F_i = Frequência de ocorrência do cenário i

$P_{F,x,y}$ = Probabilidade que o cenário i resulte em fatalidade no ponto x, y de acordo com os efeitos esperados.

O indicador mais utilizado para o Risco Individual é o contorno de isorrisco. O contorno de Risco Individual é uma curva que fornece o lugar geométrico dos pontos de mesmo risco, ou seja, trata-se de contornos de isorrisco individual. Normalmente, essas curvas são traçadas para valores de risco individuais relevantes para mostrar os níveis de risco em torno das instalações. Os valores são calculados como se as pessoas ficassem em cada local durante as 24 horas do dia.

7.3 RISCO SOCIAL - RESULTADOS

Para a modelagem da Curva FN foram considerados os dados populacionais descritos no item de "descrição populacional do entorno".

Através dos resultados simulados, e comparando com os critérios estabelecidos pela Norma Técnica P4.261 da CETESB (2011), o Risco Social para a expansão do IMETAME LOGÍSTICA PORTO enquadra-se como **RISCO TOLERÁVEL para a Rodovia ES-010,** conforme pode ser verificado pela Figura 7-1, pois há uma pequena parcela da rodovia que possui interface com os dutos da IMETAME, conforme pode ser visualizado pelo item 2.4 deste EAR.

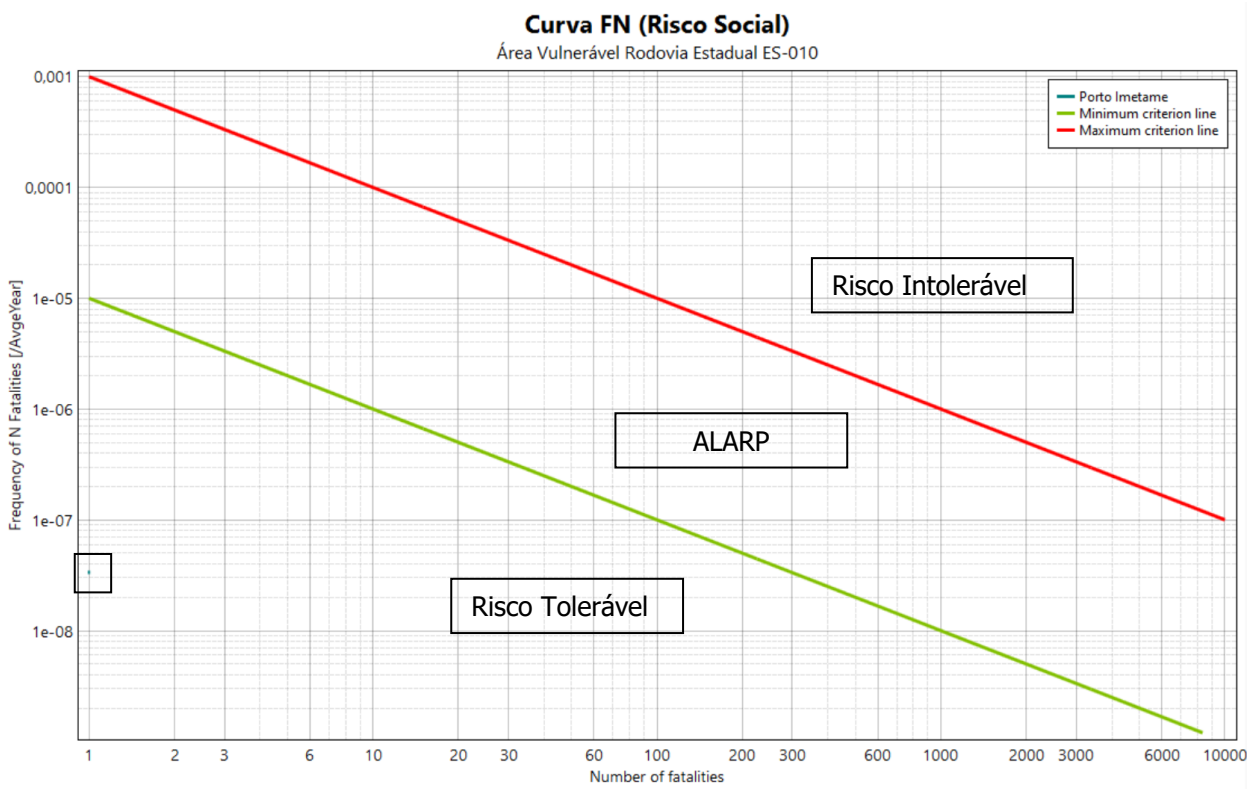


Figura 7-1: Resultado do Risco Social – Rodovia Estadual ES-010.
Fonte: Ambipar Response, 2025.

Para a área vulnerável representada pelo Estaleiro de Jurong, verifica-se através dos resultados simulados, e comparando com os critérios estabelecidos pela Norma Técnica P4.261 da CETESB (2011), que o Risco Social para a expansão do IMETAME LOGÍSTICA PORTO enquadra-se como **RISCO ALARP (Estaleiro Jurong),** conforme pode ser verificado pela Figura 7-2. Entretanto, cabe destacar que não se trata de população sensível e sim de uma área considerada como industrial, ou seja, colaboradores atuantes em atividades portuárias e que recebem treinamento sobre como se comportar em situações de emergência. Constitui-se assim deu m grupo muito menos vulnerável aos efeitos dos acidentes do que os membros de populações residentes. Sendo assim, é possível afirmar que o risco pode ser enquadrado como aceitável e que as recomendações elencadas para pela APR são suficientes para garantir a segurança operacional da instalação.

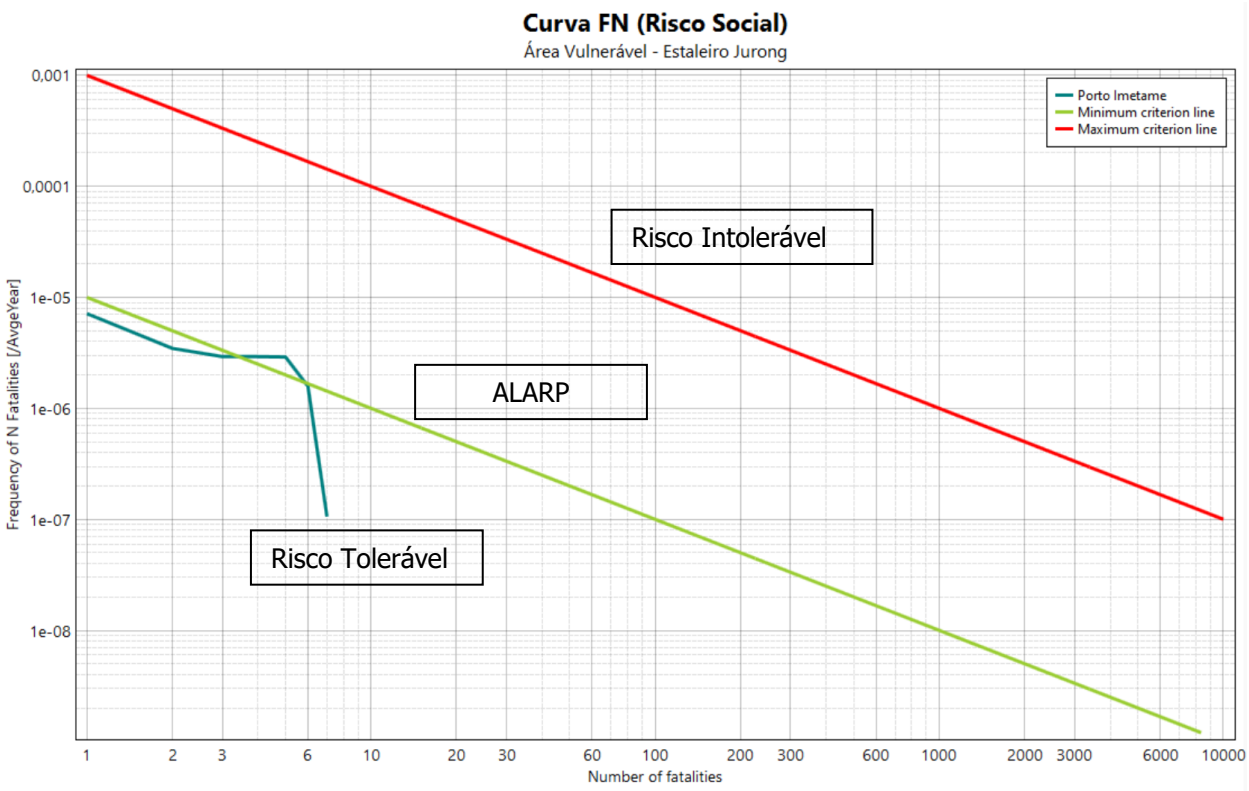


Figura 7-2: Resultado do Risco Social – Estaleiro Jurong.

Fonte: Ambipar Response, 2025.

7.4 RISCO INDIVIDUAL - RESULTADOS

Através dos resultados obtidos pela simulação computacional das áreas vulneráveis e das consequências ocasionadas por cada cenário acidental, foram calculados e simulados através do Software PHAST-SAFETI® o Risco Individual (RI) para o empreendimento em questão, onde os resultados são apresentados através dos contornos de isorriscos (ocorrências.ano^{-1}) pelo **ANEXO VI.**

De acordo com o critério de aceitabilidade estabelecido pela Norma Técnica P4.261 da CETESB (2011), e comparando com os resultados obtidos pelas simulações computacionais, observa-se que o contorno de isorrisco mais crítico de 1x10-^{6} ano^{-1}, atinge parcialmente limites externos do empreendimento, sendo área industrial representada pelo Estaleiro Jurong, se enquadrando desta como como **RISCO TOLERÁVEL.**

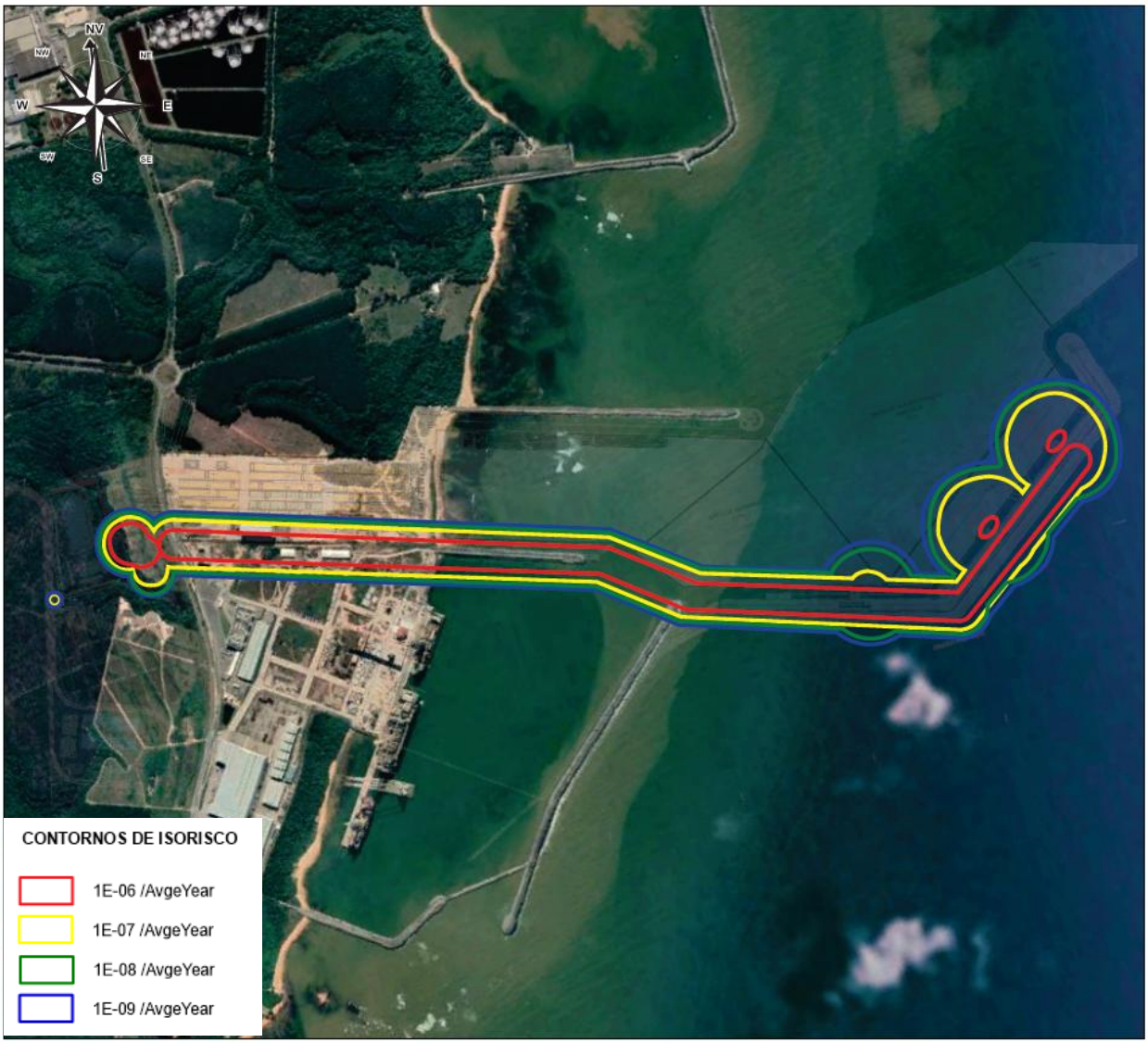


Figura 7-3: Resultados do Risco Individual

Fonte: Ambipar Response, 2025.

8 RECOMENDAÇÕES

8.1 Geral

Os riscos identificados, e quantificados através deste Estudo de Análise Riscos (EAR) se apresentaram na **Região Tolerável**. Logo, as implantações dos planos de manutenções e os treinamentos tornam o empreendimento apto para operar dentro dos limites de segurança para as pessoas.

O fato de os riscos estarem dentro dos limites aceitáveis não indica que os sistemas estudados não necessitam de melhorias contínuas, de forma a reduzir ainda mais a frequência de ocorrência.

A monitoração é necessária para assegurar que os controles sejam mantidos, mesmo assim podem ser apresentadas recomendações para obter um melhoramento contínuo das operações.

8.2 Recomendações Específica da APR

Com intuito de redução dos riscos, a Análise Preliminar de Risco – APR gerou 62 recomendações, são elas:

Nº	Recomendação
REC. GERAL	Todas as premissas são cumpridas.
R01	Estabelecer e atender os limites operacionais conforme estudo de manobrabilidade;
R02	Estabelecer e atender ao sistema de VETTING do Porto;

Nº	Recomendação
R03	Emitir Documento "JIB - JETTY INFORMATION BOOKLET" Com instruções quanto as regras e regulamentos portuários e da instalação e disponibilizá-lo previamente as manobras ao comandante das Embarcações;
R04	Estabelecer qualificação mínima para os tripulantes dos rebocadores
R05	Exigir que os rebocadores que trabalham com cabos passados possuam controle de tração no guincho a ser estabelecido em conjunto com a praticagem;
R06	Estabelecer canais seguro de comunicação clara entre as partes envolvidas;
R07	Criar procedimento de inspeção e gestão dos rebocadores afim de garantir o cumprimento dos planos de manutenção e gestão da qualificação dos tripulantes;
R08	Implementar um Centro de Gerenciamento de Crises seguindo o padrão do ICS;
R09	Realizar treinamentos e capacitações para as pessoas chaves da operação quanto aos procedimentos e padrões do sistema de gerenciamento de Crises (ICS) - Garantindo que os papéis e responsabilidades sejam bem definidos com procedimentos claros de mobilização e resposta.
R10	Procedimentar as tarefas e treinar os profissionais do Porto envolvidos nas manobras de embarcações;
R11	Procedimentar as ações e tarefas necessárias para realização da operação e treinar a equipe envolvida nas atividades de transferência Ship to Ship
R12	Realizar inspeção e manutenção dos mangotes de transferência de forma rotineira, conforme orientações do fabricante e necessidade de operação
R13	Procedimentar as ações e tarefas necessárias para realização da operação e treinar a equipe envolvida nas atividades de transferência Ship to Shore
R14	Procedimentar as ações e tarefas necessárias para realização da operação e treinar a equipe envolvida nas atividades de transferência STBL Ship To Be Lightered
R15	Implementar planos de inspeção e manutenção dos tanques de armazenamento e sistema de bombeamento, contemplando os elementos críticos de segurança operacional
R16	Elaborar procedimentos operacionais das atividades envolvendo parque de tancagem e sistema de bombeio.
R17	Elaborar Plano de Resposta a Emergência contemplando ações de atendimento aos cenários: incêndios no parque de tancagem e bombas
R18	Treinar a equipe responsável no Plano de Resposta a Emergência elaborado para atendimento a cenários de incêndio no parque de tancagem e bombas
R19	Instalar Sistema de Proteção de Descarga Atmosférica (SPDA) atendendo ao parque de tancagem.

Nº	Recomendação
R20	Instalar aterramento dos tanques atmosféricos do parque de tancagem.
R21	Instalar dispositivos de segurança do tanque em conformidade com a API-2000 (Ex: Válvula de alivio e vácuo, tampa de emergência, corta chama).
R22	Elaborar procedimento de partida e parada de emergência para o Terminal de Graneis Líquido (TGL), contemplando os sistemas críticos.
R23	Instalar válvula de alivio de segurança (PSV) na descarga da bomba e ao longo da linha, conforme preconizado pelo projeto, de modo verificar pontos com necessidade de alivio térmico devido a dilatação do produto.
R24	Elaborar procedimento ou instrução técnica de inspeção dos dutos, de modo a verificar a integridade do equipamento.
R25	Elaborar procedimento de operação mútua entre o Terminal e Navio, contemplando as respectivas responsabilidades e variáveis críticas
R26	Implementar planos de inspeção e manutenção dos sistemas da plataforma de carregamento, contemplando os elementos críticos de segurança operacional.
R27	Elaborar procedimento e/ou instrução de trabalho para execução segura das atividades de carregamento do caminhão tanque (Ex. carregamento toploading, garantir que o braço de carregamento toque o fundo do compartimento do CT, evitando acúmulo de eletricidade estática)
R28	Elaborar Plano de Resposta a Emergência contemplando ações de atendimento a incêndios na plataforma de carregamento.
R29	Treinar a equipe responsável no Plano de Resposta a Emergência elaborado para a Plataforma de Carregamento
R30	Implementar planos de inspeção e manutenção da caldeira e seus equipamentos, contemplando os elementos críticos de segurança operacional.
R31	Elaborar Plano de Resposta a Emergência contemplando ações de atendimento a explosão da caldeira.
R32	Treinar a equipe responsável no Plano de Resposta a Emergência elaborado para a caldeira
R33	Elaborar procedimentos operacionais das atividades envolvendo a caldeira e sistema de aquecimento.
R34	Disponibilizar kits ambientais em locais estratégicos, para contenção de pequenos vazamentos de óleo/graxa, na área do TECON.
R35	Implementar planos de inspeção e manutenção dos equipamentos e sistemas de movimentação de carga.
R36	Elaborar Plano de Resposta a Emergência contemplando cenários de incêndio, explosão, queda de objetos, lesões pessoais, vazamentos e demais cenários acidentais previstos em normas regulamentadoras para as atividades do TECON.

Nº	Recomendação
R37	Treinar a equipe responsável no Plano de Resposta a Emergência elaborado para o TECON
R38	Elaborar procedimentos operacionais das atividades de movimentação de carga no TECON.
R39	Implantar controle de fontes de ignição em toda a área portuária (exemplo: sinalizações, áreas de fumantes, dentre outras).
R40	Disponibilizar kits ambientais em locais estratégicos, para contenção de pequenos vazamentos de óleo/graxa, na área do TMULT.
R41	Implementar planos de inspeção e manutenção dos equipamentos e sistemas de movimentação de carga.
R42	Elaborar Plano de Resposta a Emergência contemplando cenários de incêndio, explosão, queda de objetos, lesões pessoais, vazamentos e demais cenários acidentais previstos em normas regulamentadoras para as atividades do TMULT.
R43	Treinar a equipe responsável no Plano de Resposta a Emergência elaborado para o TMULT
R44	Elaborar procedimentos operacionais das atividades de movimentação de carga no TMULT.
R45	Estudar condições de ventilação no local de armazenamento, evitando formação de atmosfera explosiva (TGS)
R46	Elaborar estudo de classificação de áreas para os locais de armazenamento de grãos e adequar sistema elétrico do galpão (equipamentos ATEX) para atmosferas explosivas conforme estudo elaborado (TGS)
R47	Implantar procedimento com medições periódicas de parâmetros ambientais: umidade e temperatura (TGS)
R48	Elaborar procedimento operacional de descarga e empilhamento dos grãos (TGS)
R49	Elaborar e implantar procedimento de housekeeping no galpão (TGS)
R50	Avaliar a necessidade de adequação do projeto do sistema de combate a incêndio para atendimento a áreas de armazenamento e manuseio de grãos (TGS)
R51	Elaborar procedimento operacional de descarga e empilhamento dos minérios e carvão. (TGS)
R52	Elaborar e implantar procedimento de housekeeping no galpão (TGS)
R53	Avaliar a necessidade de adequação do projeto do sistema de combate a incêndio para atendimento a áreas de armazenamento e manuseio carvão e minérios (TGS).

Nº	Recomendação
R54	Implantar controle de fontes de ignição em toda a área portuária (exemplo: sinalizações, áreas de fumantes, dentre outras) - (TGS).
R55	Disponibilizar chuveiro lava olhos nos locais com armazenamento de produtos químicos, em conformidade com sua respectiva FDS (TGS).
R56	Elaborar procedimento / instrução de trabalho para armazenamento de produtos químicos garantindo a segurança devido a incompatibilidade (TGS).
R57	Delimitar locais específicos para armazenamento de produtos químicos de acordo com os riscos associados ao respectivo produto (TGS).
R58	Elaborar e implantar procedimento de housekeeping no galpão (TGS).
R59	Avaliar a necessidade de adequação do projeto do sistema de combate a incêndio para atendimento a áreas de armazenamento e manuseio carvão e minérios (TGS).
R60	Elaborar procedimento operacional de descarga e empilhamento dos fertilizantes (TGS).
R61	Elaborar e implantar procedimento de housekeeping no galpão (TGS).
R62	Avaliar a necessidade de adequação do projeto do sistema de combate a incêndio para atendimento a áreas de armazenamento e manuseio de fertilizantes (TGS).
R63	Implementar proteção catódica nos Dutos
R64	Realizar treinamento de direção defensiva com força de trabalho que irá conduzir veículos que irão circular nas áreas operacionais
R65	Sinalizar as vias com limite de velocidade e permissão de tráfego.
R66	Instalar *Guardrail* de proteção nas áreas onde o sistema tiver interface com ruas e/ou movimentação de veículos.
R67	Elaborar Plano de Resposta a Emergência contemplando cenários para o duto, contemplando consequências internas e possíveis consequências na rodovia
R68	Treinar a equipe responsável no Plano de Resposta a Emergência elaborado para atendimento a cenários no duto

Tabela 8-1: Recomendações

Fonte: Ambipar Response, 2025

9 CONCLUSÕES

Identificação dos cenários de riscos

- A técnica empregada para a identificação e avaliação dos riscos do empreendimento foi o a Análise Preliminar de Risco - APR
- As Hipóteses Acidentais foram estabelecidas de acordo com os riscos identificados pela APR, onde os cenários acidentais foram avaliados de forma individual, ou seja, para cada ponto de vazamento foi considerado tipologias acidentais e direções de vento distintas.

Análise de Consequência e Vulnerabilidade

- A metodologia empregada para elaboração da análise de consequência e vulnerabilidade, baseou-se nos modelos matemáticos apresentados pelo *Yellow Book* (TNO) e o Manual RIVM (BEVI, 2009).
- Para a análise de vulnerabilidade e consequências, os efeitos físicos foram simulados computacionalmente através Software PHAST-SAFETI® desenvolvido pela DNV.

Avaliação de Riscos

- De acordo com a Avaliação dos Riscos, o Risco Individual (RI) e Risco Social (RS) se enquadram dentro da região de **"RISCO ACEITÁVEIS". Sendo:**
  - ✓ **Rodovia Estadual ES-010:** O Risco Social para a expansão do IMETAME LOGÍSTICA PORTO enquadra-se como RISCO TOLERÁVEL para a Rodovia ES-010, conforme pode ser verificado pela Figura 7-1, pois há uma pequena parcela da rodovia que possui interface com os dutos da IMETAME, conforme pode ser visualizado pelo item 2.4 deste EAR.
  - ✓ **Estaleiro Jurong:** Para a área vulnerável representada pelo Estaleiro de Jurong, verifica-se através dos resultados simulados, e comparando com os

critérios estabelecidos pela Norma Técnica P4.261 da CETESB (2011), que o Risco Social para a expansão do IMETAME LOGÍSTICA PORTO enquadra-se como **RISCO ALARP (Estaleiro Jurong),** conforme pode ser verificado pela Figura 7-2. Entretanto, cabe destacar que não se trata de população sensível e sim de uma área considerada como industrial, ou seja, colaboradores atuantes em atividades portuárias e que recebem treinamento sobre como se comportar em situações de emergência. Constitui-se assim deu m grupo muito menos vulnerável aos efeitos dos acidentes do que os membros de populações residentes. Sendo assim, é possível afirmar que o risco pode ser enquadrado como aceitável e que as recomendações elencadas para pela APR são suficientes para garantir a segurança operacional da instalação.

- Todas as informações aqui apresentadas são frutos de informações de processos e projeto, logo, são ressalvados os cenários cuja negligência na operação ou vontade humana para falha potencialize os casos de sabotagem da operação desta unidade.

10 REFERÊNCIAS

BEVI – *Reference Manual Bevi Risk Assesments: National Institute of Public Health and the Environment – RIVM. The Netherlands*, 2009.

CCPS – *CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY: LOPA – Layer of Protection Analysis, Simplified Process Risck Assessment, 2011.*

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. P4.261: Risco de Acidente de Origem Tecnológica - Método para decisão e termos de referências. 2 ed. São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo, 2011.

FEPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE ROESSLER: Manual de Análise de Risco Industrial. Departamento de Controle Ambiental / Divisão de Controle da Poluição Industrial, 2016.

DNV, *Det Norske Veritas*. Apostila do Curso sobre Estudo de Análises de Riscos e Programa de Gerenciamento de Riscos. Rio de Janeiro, 2006.

LEES, FRANK P. *Loss Prevention in the Process Industries – Hazard Identification, Assessment and Control. Frank P. Less et al.* Volumes 1,2,3*. Second Edition. United Kingdom*, 1994.

SALAZAR, Márcio Piozevan. Estudo sobre a modelagem da dispersão atmosférica de gases densos decorrente de liberações acidentais em análise quantitativa de risco. 2016. 111 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

SERGI Holding *Company. Investigations on the Prevention of Oil Filled Transformer Explosion: Experiments and Numerical Simulations on Large Transformers. In: EEA Conference & Exhibition*, Christchurch., 2008.

TNO, "*Green Book*", 1989. *Methods for the Determination of Possible Damage to People and Objects Resultingfrom Releases of Hazardous Materials, publicado pelo Dutch Ministry of Housing,* 1989.

TNO "*Yellow Book*", 1997, *Methods for the calculation of physical effects due to releases of hazardous materials (liquids and gases), Eds: van den Bosch, C. J. H. and Weterings*, R. A. P. M. (1997).

TNO, "*Purple Book*", 2001. *Guideline for Quantitative Risk Analysis – Committee for the Prevention of Disasters* (CPR), publicado pelo *Dutch Ministry of Housing*, 2001.

11 GLOSSÁRIO

Análise Preliminar de Perigos – APP

Estudo qualitativo de risco utilizada para identificação dos perigos e suas respectivas causas e consequências, podendo ainda classificar os riscos.

Estudo de Análise de Risco - EAR

Estudo quantitativo de risco de um empreendimento, baseado em técnicas de identificação de perigos, estimativa de frequências e de efeitos físicos, avaliação de vulnerabilidade e na estimativa do risco.

Área Vulnerável

Área no entorno da atividade, na qual ambiente, população e trabalhadores encontram-se expostos aos efeitos de acidentes. A abrangência dessa área é determinada pela Análise de Vulnerabilidade.

Avaliação de Vulnerabilidade

Estudo realizado por intermédio de modelos matemáticos para a previsão dos impactos danosos às pessoas, instalações e ao meio ambiente, baseado em limites de tolerância para os efeitos de sobrepressão advindos de explosões, radiações térmicas decorrentes de incêndios e efeitos tóxicos advindos de exposição a substâncias químicas.

Árvore de Eventos

Técnica para identificação das possíveis consequências de um evento indesejado, resultado de falhas em equipamentos ou operacional. Essa abordagem é indutiva. O método fornece informações sobre como uma falha pode ocorrer e a probabilidade de ocorrência.

Árvore de Falhas

Técnica que permite a estimativa do mecanismo de falha de um sistema. Combinação de falhas dos componentes básicos do sistema, dos sistemas de segurança e da confiabilidade humana. Método dedutivo para identificar as maneiras pelas quais os perigos podem levar a acidentes.

BLEVE

"*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion",* ou explosão por expansão de líquido fervente. Fenômeno que ocorre quando rompe um recipiente com um líquido numa temperatura superior à de ebulição provocando a vaporização súbita do material. Quando se trata de um material não inflamável, tal como a água numa caldeira, os efeitos danosos

decorrem de onde pressão gerada pela expansão do material por mudança de fase; com gases liquefeitos inflamáveis costuma ocorrer uma bola de fogo também.

Bola de Fogo (*Fireball*)

Fenômeno que se verifica quando o volume de vapor inflamável, inicialmente comprimido num recipiente, escapa repentinamente para a atmosfera e, devido à despressurização, forma um volume esférico de gás, cuja superfície externa queima, enquanto a massa inteira eleva-se por efeito da redução da densidade provocada pelo superaquecimento.

City Gate

Instalação onde ocorre a transferência de custódia de gás natural de uma transportadora para uma concessionária distribuidora ou consumidora de grande porte.

Concentração Letal (CL50)

A mais baixa concentração da substância, no ar, para a qual foi observada morte entre os mamíferos mais sensíveis, em testes de inalação.

Contorno de Isorrisco

Representação do risco individual de um empreendimento sobre uma foto aérea, determinada pela intersecção de pontos com os mesmos valores de risco. Também conhecido como contorno de risco.

Dispersão de Gases

O termo dispersão é empregado na modelagem de acidentes para descrever a evolução de uma nuvem de produto tóxico ou inflamável na atmosfera.

Dose Letal – DL50

Dose de substância para a qual 50% dos membros de uma dada espécie mais sensíveis morrem em testes de absorção cutânea ou por ingestão oral.

Estimativa de Efeitos Físicos

Estimativa do comportamento da liberação de matéria e/ou energia no meio ambiente por meio da aplicação de modelos matemáticos.

Estimativa de Risco

Combinação das frequências e do número de vítimas dos cenários acidentais de interesse para fornecer uma medida de risco individual ou de risco social.

Evento Iniciador – EI

Evento inicial de perda de contenção de uma substância perigosa, podendo ou não se desdobrar em tipologias acidentais.

Explosão

Processo onde ocorre uma rápida e violenta liberação de energia, associado a uma expansão de gases acarretando o aumento da pressão acima da pressão atmosférica.

Explosão em Nuvem de Vapor – VCE

Explosão de uma nuvem de vapor inflamável ao ar livre.

FDS

Sigla para identificar a Ficha de Dados de Segurança para Produtos Químicos, um documento ciado para normalizar dados sobre a propriedade de compostos químicos e misturas. Este registro foi elaborado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da Norma Brasileira de número 14725-4.

Frequência

Número de ocorrências de um evento por unidade de tempo.

HAZOP

Estudo qualitativo e uma técnica indutiva e estruturada para identificar perigos de processo e potenciais problemas de operação associando, de forma sistemática, um conjunto de palavras-guia às variáveis de processo, identificando seus respectivos desvios. Para cada desvio identificado são relacionados suas causas, consequências, modos de detecção e salvaguardas existentes, recomendando medidas adicionais, quando necessário.

Hipótese Acidental – HA

Suposição de condições que podem resultar em perda de contenção de matéria e/ou energia.

Ignição

A ignição de uma mistura inflamável pode ser provocada por uma mistura inflamável que entra em contato com uma Fonte de ignição com energia suficiente, ou pelo gás, alcançando uma temperatura suficientemente elevada para provocar a sua autoignição.

Incêndio em Nuvem (*Flash Fire*)

Incêndio de uma nuvem de vapor onde a massa envolvida e o seu grau de confinamento não são suficientes para atingir o estado de explosão.

Incêndio em Poça (*Pool Fire*)

Fenômeno que ocorre quando há a combustão da camada evaporada de líquido inflamável junto à base do fogo.

Jato de Fogo (*Jet Fire*)

Combustão de materiais emitidos com grande força através de um orifício.

Limites de Inflamabilidade

Faixa de concentração, no ar, dos vapores de uma substância inflamável entre o qual uma mistura gasosa se torna inflamável ou explosiva. O menor valor é o limite inferior de inflamabilidade (LII), e o maior valor é o limite superior de inflamabilidade (LSI).

Modelo Matemático

Conjunto de equações que representa uma situação em estudo, tal como estimativas quantitativas para taxa de vazamento, dispersão atmosférica, radiação térmica, sobrepressão ou concentração de nuvens de vapor ou mesmo estimativa do risco.

PHAST®

Process Hazard Analysis Software Tool é software desenvolvido pela *Det Norske Veritas* (DNV). O PHAST® é uma ferramenta voltada para análise de consequências, utilizado para simulações computacionais de dispersão de gases, propagação de incêndio e de explosões.

Plano de Gerenciamento de Risco – PGR

Documento que define a política e diretrizes de um sistema de gestão, com vista à prevenção de acidentes em instalações ou atividades potencialmente perigosas.

Plano de Resposta a Emergência – PRE

Plano com objetivo de estabelecer a estrutura de resposta, responsabilidades, procedimentos, recursos humanos, materiais e equipamentos necessário ao combate e controle das emergências.

Protocolo de Resposta a Emergência de Segurança Operacional – PRE SO

Procedimento para estabelecer as ações de controle de emergências para cenários críticos identificados nos estudos de análise de risco.

Ponto de Ebulição

Temperatura em que ela passa do estado líquido para o estado gasoso. Temperatura na qual a pressão de vapor do líquido iguala-se à pressão da atmosfera à qual encontra-se submetido.

Ponto de Fulgor

Menor temperatura na qual um combustível libera vapor em quantidade suficiente para forma uma mistura inflamável por uma Fonte externa de calor.

Pressão de Vapor

Medida de volatidade de uma substância. Substâncias com alta pressão de vapor são mais voláteis, enquanto que, substância com baixa pressão de vapor são pouco voláteis.

Radiação Térmica

Radiação eletromagnética gerda pelo movimento térmico das partigulas carregadas na matéria. Propagação do calor.

Risco Individual – RI

Risco para uma pessoa presente na vizinhança de um perigo, em período de tempo definido. O risco individual tem caráter cumulativo e geográfico, razão pela qual sua expressão decorre da soma do risco individual de cada cenário acidental contribuinte nos pontos x,y localizados no entorno do empreendimento. Pode ser expresso por meio de contornos de risco (ou de isorrisco).

Risco Social – RS

Risco para um agrupamento de pessoas presente na vizinhança de um perigo, em período de tempo definido. Sua expressão se dá por meio da chamada curva F-N, onde F representa a frequência acumulada de ocorrência dos cenários com número de fatalidades N ou mais.

Sobrepressão

A pressão sobre um objeto em consequência do impacto de uma onda de choque.

Tipologia Acidental

Denominação genérica para incêndio de poça, incêndio de nuvem, jato de fogo, bola de fogo, explosão confinada, explosão de nuvem de vapor e dispersão de nuvem tóxica.

Toxicidade

Toxidez, ou toxicidade, de um químico ou agente físico é uma propriedade do agente, descrevendo seus efeitos em organismos biológicos.

Valor de Referência

Concentração tóxica versus tempo, radiação térmica versus tempo ou sobrepressão associados a valor de probabilidade de fatalidade.

Vent

Equipamento (tubulação) instalado em um local seguro para liberação de gás na atmosfera em cenários de despressurização.

12 EQUIPE TÉCNICA

AMBIPAR RESPONSE ENVIRONMENTAL SERVICES LTDA

CNPJ: 10.550.896/0001-36

Registro Profissional: CREA-ES 10463 / CRBio/02 1738

CTF - IBAMA: 3684796

CTEA - IEMA: 45385670

Emerson Tomasoni

Profissão: Especialista em Segurança de Processo - MsC Engenharia de Petróleo e Gás, Engenheiro de Petróleo e Gás e Engenheiro de Segurança do Trabalho.

Registro Profissional: CREA-RN 2116400325

Organização: SEPRO ENGENHARIA DE RISCOS

Lívia Maria Guedes Bessa

Profissão: Especialista em Segurança de Processo - Engenheira de Petróleo e Gás e Engenheira de Segurança do Trabalho.

Registro Profissional: CREA-RN 2114703754

Organização: SEPRO ENGENHARIA DE RISCOS

Laura Priscila da Silva Ornelas

Profissão: Especialista em Segurança de Processo - Engenheira de Petróleo e Gás, Engenheira Ambiental, Engenheira de Segurança do Trabalho.

Registro Profissional: CREA-RN 2118604009

Organização: SEPRO ENGENHARIA DE RISCOS

13 DESCRIÇÃO DOS ANEXOS

ANEXO	DESCRIÇÃO
ANEXO I	Layout Geral do Projeto
ANEXO II	Ficha de Dados de Segurança- FDS
ANEXO III	Análise Preliminar de Risco - APR
ANEXO IV	Simulações Computacionais PHAST®
ANEXO V	Mapeamento Gráfico dos Efeitos Físicos Simulados
ANEXO VI	Mapeamento Gráfico das Curvas de Iso-Risco
ANEXO VII	Anotação Técnica de Responsabilidade - ART

ANEXO I

Layout Geral do Projeto

ANEXO II

Ficha de Dados de Segurança- FDS

ANEXO III

Análise Preliminar de Risco - APR

ANEXO IV

Simulações Computacionais PHAST®

ANEXO V

Mapeamento Gráfico dos Efeitos Físicos Simulados

ANEXO VI

Mapeamento Gráfico das Curvas de Iso-Risco

ANEXO VII

ART