PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	ET-3010.00-5400-980-1E4-003	
	CLIENTE:		PÁGINA: 1 DE 30
	PROGRAMA: -		-
	ÁREA: -		-
SMS/DE&P/ SP-OFF	TÍTULO: **ESTUDO DE DISPERSÃO DE GASES**		INTERNA / E&P

ÍNDICE DE REVISÕES

REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS
0	ORIGINAL

	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G	REV. H
DATA	22/11/2024								
PROJETO									
EXECUÇÃO	U4D5/ U4E2/ DXX6								
VERIFICADO	BEML								
APROVAÇÃO	NREU								

AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.
FORMULÁRIO PERTENCENTE À PETROBRAS N-381-REV.L.

INTERNA

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 5

2. OBJETIVOS 5

3. ESCOPO DO ESTUDO 5

3.1. ALOCAÇÃO DE DETECTORES DE GÁS EM ÁREAS ABERTAS 6

3.2. POSICIONAMENTO DE DETECTORES EM TOMADAS DE AR 6

3.3. POSICIONAMENTO DE *VENTS* E *VENT POST* 6

3.4. POSICIONAMENTO DAS SAÍDAS DE EXAUSTÃO DE MÁQUINAS 6

4. ABREVIAÇÕES E DEFINIÇÕES 6

4.1. ABREVIATURAS 7

4.2. DEFINIÇÕES 7

5. DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA 8

6. ASPECTOS RELEVANTES DO ESTUDO 9

7. RELATÓRIO DE PREMISSAS 10

8. REQUISITO DE SOFTWARE 10

9. METODOLOGIA DO ESTUDO 11

9.1. SELEÇÃO DE CENÁRIOS 11

9.1.1. CENÁRIOS DE EMANAÇÃO DE GÁS A PARTIR DE POÇAS DE ÓLEO 13

9.1.2. CENÁRIOS DE VAZAMENTO DE GÁS NO MAIN DECK 13

9.2. CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS 13

9.3. DADOS DE PROCESSO 14

9.3.1. PARA ALOCAÇÃO DE DETECTORES DE GÁS EM ÁREAS ABERTAS 14

9.3.1.1. GASES INFLAMÁVEIS E ASFIXIANTES 14

9.3.1.2. GASES TÓXICOS 15

9.3.2. PARA POSICIONAMENTO DE DETECTORES EM TOMADAS DE AR 15

9.3.3. PARA POSICIONAMENTO DE *VENTS* E *VENT POST* 16

9.3.4. PARA POSICIONAMENTO DAS SAÍDAS DE EXAUSTÃO DE MÁQUINAS 16

9.4. TAXAS DE VAZAMENTO/DESCARGA 16

9.4.1. PARA ALOCAÇÃO DE DETECTORES DE GÁS EM ÁREAS ABERTAS 16

9.4.1.1. TAXA DE VAZAMENTO DO ESTUDO VIGENTE 17

9.4.1.2. TAXA DE VAZAMENTO POR SIMILARIDADE 17

9.4.1.3. TAXA DE VAZAMENTO POR SOBREPRESSÃO MÁXIMA 17

9.4.2. PARA POSICIONAMENTO DE DETECTORES EM TOMADAS DE AR 18

9.4.3. PARA POSICIONAMENTO DE *VENTS* E *VENT POST* 18

9.4.4. PARA POSICIONAMENTO DAS SAÍDAS DE EXAUSTÃO DE MÁQUINAS 18

9.5. DIREÇÃO DE VAZAMENTO 18

9.5.1. PARA ALOCAÇÃO DE DETECTORES DE GÁS EM ÁREAS ABERTAS 19

9.5.2. PARA POSICIONAMENTO DE DETECTORES EM TOMADAS DE AR 19

9.5.3. PARA POSICIONAMENTO DE *VENTS* E *VENT POST* 19

9.5.4. PARA POSICIONAMENTO DAS SAÍDAS DE EXAUSTÃO DE MÁQUINAS 19

9.6. REQUISITOS PARA GEOMETRIA 19

9.7. SELEÇÃO DOS PONTOS DE VAZAMENTO 20

9.8. CONSIDERAÇÕES PARA AS SIMULAÇÕES DE DISPERSÃO 20

9.8.1. PARA ALOCAÇÃO DE DETECTORES DE GÁS EM ÁREAS ABERTAS 20

9.8.2. PARA POSICIONAMENTO DE DETECTORES EM TOMADAS DE AR 21

9.8.3. PARA POSICIONAMENTO DE *VENTS* E *VENT POST* 21

9.8.4. PARA POSICIONAMENTO DAS SAÍDAS DE EXAUSTÃO DE MÁQUINAS 22

9.9. POSICIONAMENTO E OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE DETECÇÃO DE GÁS EM ÁREAS ABERTAS 23

9.10. REQUERIMENTOS ADICIONAIS PARA ALOCAÇÃO DE SENSORES DE H2S 25

10. REQUISITOS DE GOVERNAÇA E ACOMPANHAMENTO 25

10.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS 25

10.2. REUNIÃO DE PLANEJAMENTO 26

10.3. GOVERNANÇA DO PROCESSO DE ACOMPANHAMENTO E VALIDAÇÕES 26

10.4. REUNIÃO DE APRESENTAÇÃO DO RELATÓRIO FINAL DO ESTUDO (VERSÃO PRELIMINAR) 28

11. RELATÓRIOS DO ESTUDO 28

11.1. RELATÓRIO PARCIAL 28

11.2. RELATÓRIO FINAL 29

1. INTRODUÇÃO

O Estudo de Dispersão de Gases é um estudo empregado para avaliar a dispersão de gases inflamáveis, tóxicos e/ou asfixiantes decorrentes dos cenários de vazamento de gás, em áreas abertas, e de descargas operacionais de gás e exaustos de máquinas. Os resultados das dipersões de gases devem ser aplicados para definir ou verificar a localização dos detectores de gases; verificar a necessidade de alocação de detectores de gás em tomadas de ar; e verificar o posicionamento adequado das descargas operacionais.

O estudo deverá ser iniciado a partir da manifestação de intenção, por parte de PETROBRAS, acompanhada do Relatório de Premissas (item 7).

2. OBJETIVOS

Esta Especificação Técnica tem os seguintes objetivos:

- Definir escopo, metodologia e critérios para realização do Estudo de Dispersão de Gases;
- Orientar a dinâmica para o planejamento, desenvolvimento e acompanhamento do estudo e a sua aprovação final;
- Definir a padronização, o conteúdo e os requisitos mínimos para apresentação do relatório do estudo.

3. ESCOPO DO ESTUDO

O objetivo do Estudo de Dispersão de Gases é avaliar a necessidade de inclusão de novos sensores e/ou o reposicionamento de sensores existentes para o atual Sistema de Detecção de Gases da Unidade, avaliando também a necessidade de alocação de detectores de gás em tomadas de ar, a partir da simulação dos cenários de vazamento de gás identificados na APR e outros possíveis cenários de vazamento definidos pela PETROBRAS. Cenários relacionados à emanação de gás a partir de poças de óleo e vazamentos degás no *main deck* também fazem parte desta avaliação.

O estudo deve avaliar a dispersão de gases decorrentes de descargas operacionais de gases (*vents*, *vent post* e descargas de exaustão de máquinas) para verificar o posicionamento adequado das descargas operacionais de gases, de forma a evitar a contaminação de áreas habitadas e interferência no Sistema de Detecção de Gases da Unidade.

Estas avaliações devem ser realizadas a partir de simulações efetuadas com o uso de ferramentas de fluidodinâmica computacional (CFD).

A partir da análise das simulações realizadas devem ser apresentados os seguintes resultados:

3.1. ALOCAÇÃO DE DETECTORES DE GÁS EM ÁREAS ABERTAS

Avaliação do posicionamento atual dos detectores de gás instalados em áreas abertas, comparando com os critérios definidos no item 9.8.1, e, caso estes não sejam atendidos, propor realocações ou instalação de novos detectores.

3.2. POSICIONAMENTO DE DETECTORES EM TOMADAS DE AR

Indicação da necessidade de instalação de detectores de gases tóxicos e/ou asfixiantes (H_2S e CO_2) em tomadas de ar de áreas habitadas, comparando com os critérios definidos no item 9.8.2.

Nota: Não há necessidade de avaliar a contaminação por gases inflamáveis, uma vez que todas as tomadas de ar de ambientes habitados são monitoradas por detectores de hidrocarbonetos, independentemente do estudo.

3.3. POSICIONAMENTO DE *VENTS* E *VENT POST*

Avaliação do posicionamento adequado dos *vents* de tanques e equipamentos da unidade e de *vent posts*, de forma a evitar a contaminação de áreas habitadas (tomadas de ar), definidas no item 9.8.3, interferência no Sistema de Detecção de Gases da Unidade, impacto sobre as embarcações, tais como: UMS, embarcação de *Offloading* e embarcação de Apoio e dos demais locais onde haja riscos de intoxicação ou asfixia às pessoas (áreas de trabalho e de passagem/trânsito de pessoas na Unidade).

Os *vents* de tanques e equipamentos da unidade e *vent posts* que deverão ser avaliados serão definidos no Relatório de Premissas (item 7).

3.4. POSICIONAMENTO DAS SAÍDAS DE EXAUSTÃO DE MÁQUINAS

Avaliação do posicionamento adequado das descargas de exaustão de máquinas (por exemplo: motores de combustão interna, turbinas de acionamento de geradores, compressores, geradores de gás inerte, geradores de emergência, gerador auxiliar, bomba de combate a incêndio, etc), de forma a evitar a contaminação de áreas habitadas (tomada de ar), definidas no item 9.8.4, e dos demais locais onde haja riscos como de intoxicação ou asfixia às pessoas (áreas de trabalho e de passagem/trânsito de pessoas na Unidade). Além disso, deverá ser avaliado o impacto das descargas de exaustão de máquinas sobre as embarcações, tais como: UMS, embarcação de *Offloading* e embarcação de Apoio.

As descargas de exaustão de máquinas da unidade que deverão ser avaliadas serão definidos no Relatório de Premissas (item 7).

4. ABREVIAÇÕES E DEFINIÇÕES

Para efeitos desta especificação devem ser consideradas a seguintes abreviaturas e definições:

4.1. ABREVIATURAS

3D - Tridimensional

APR - Análise Preliminar de Risco

BSDV - *Boarding Shutdown Valve* - SDV de Fronteira

CFD - *Computational Fluid Dynamics* - Fluidodinâmica Computacional

CO_2 - Dióxido de Carbono

DUM - Descritivo da Unidade Marítima

ET - Especificação Técnica

H_2S - Sulfeto de Hidrogênio

PFD - *Process Flow Diagram* - Fluxograma de Processo

P&ID - *Piping and Instrumentation Diagram* - Fluxograma de Engenharia

SDV - *Shutdown Valve* - Válvula de bloqueio de segurança

UAPO - Unidade de Ajuste de Ponto de Orvalho

UEP - Unidade Estacionária de Produção

UMS: Unidade de Manutenção e Segurança

4.2. DEFINIÇÕES

Caso - Um caso compõe-se de um cenário oriundo da APR ou outro cenário de vazamento definido pela PETROBRAS, associado a um ponto de vazamento, uma direção de vento, uma velocidade de vento, uma taxa de vazamento, uma direção de vazamento. Cada cenário pode ensejar vários casos.

Cenário - Os cenários a serem avaliados no estudo são oriundos da APR ou outro cenário de vazamento definido pela PETROBRAS.

Contorno de interesse - Limites físicos da nuvem, em um determinado valor de concentração, para o gás em questão.

CONTRATADA - É a empresa responsável pela execução do estudo.

Descarga (Operacional) - Liberação prevista de gás de um sistema fechado, diretamente para a atmosfera através de vent de equipamentos, tanques.

Exausto (descarga de máquina) – liberação prevista de gás de exaustão de máquina de combustão interna.

Nuvem - Resultado da simulação de dispersão de gás, proveniente de um vazamento ou descarga operacional.

Nuvem estacionária - Nuvem simulada com uma taxa de vazamento constante, que em um determinado período após o início da simulação apresenta estabilização de sua extensão e concentração, mantendo um perfil espacial constante.

Sistema de Detecção de Gás - É o sistema fixo de detecção e monitoramento de gases tóxicos, asfixiantes e/ou inflamáveis da Unidade, composto pelos detectores de gases, sistemas de controle, alarmes e atuadores que iniciam ou efetuam as ações de segurança em casos de vazamentos.

Vazamento - Liberação não prevista de gás da contenção primária para a atmosfera.

Votação - É a configuração lógica do sistema de detecção de gás, que determina o número de detectores que devem ser sensibilizados para confirmar a detecção de gás e gerar ações automáticas na Unidade.

5. DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA

Devem ser considerados os seguintes documentos para a elaboração do estudo, em suas versões mais atualizadas, conforme necessidade. A revisão de cada documento utilizado no estudo deve estar claramente indicada no relatório.

a. Relatório de premissas;

b. Fluxogramas de Processo (PFD);

c. Fluxogramas de Engenharia (P&ID);

d. Dados de composição das correntes;

e. Modelo 3D da Unidade (Nota 1);

f. Folhas de dados de equipamentos;

g. Folha de Dados de Segurança (Safety Data Sheet);

h. Dados meteoceanográficos;

i. Plano de Segurança;

j. Análise Preliminar de Riscos (APR);

k. Lista de equipamentos;

l. Arranjo geral da Unidade e de cada módulo;

m. Filosofia de Segurança de Projeto;

n. Descritivo da Unidade Marítima (DUM).

o. Planta de alocação de detectores de gases;

p. Matriz de Causa e Efeito;

Nota: Consultar o item 9.6 para mais detalhes sobre os Modelos 3D da Unidade.

Informações adicionais serão fornecidos pela PETROBRAS, de acordo com a característica da Unidade, tais como:

- Indicação do tipo de piso que separa os *decks* (piso chapa ou gradeado), com a classificação das anteparas caso aplicável;
- Indicação da localização das tomadas de ar dos ambientes habitados;
- Indicação dos *vents* de equipamentos de processos e *vent post*;
- Indicação das descargas dos equipamentos de combustão interna (turbinas e motores);
- Composição das correntes para as simulações de vazamento de gás e descargas operacionais;
- Memorial descritivo dos modos de operação da Unidade.

6. ASPECTOS RELEVANTES DO ESTUDO

O Estudo de Dispersão de Gases deve considerar, no mínimo, os seguintes aspectos que influenciam na análise de dispersão dos cenários de vazamentos, descargas operacionais de gases e exaustos de máquinas:

- A composição dos fluidos considerando a presença e concentração de componentes inflamáveis, tóxicos e/ou asfixiantes;
- As condições de vazamento ou de descarga para o ambiente;
- A geometria da Unidade, considerando o confinamento e congestionamento das áreas;
- Equipamentos, componentes (como, por exemplo: flanges, válvulas e instrumentos) e de trechos de linhas que podem ser consideradas como fontes de vazamentos;
- As condições ambientais;

- O tamanho das nuvens decorrentes dos vazamentos de gases inflamáveis, tóxicos ou asfixiantes para o ambiente;
- A lógica de votação adotada pela Unidade;
- Os contornos de interesse das nuvens geradas nas simulações, considerando os níveis de gás detectado e gás confirmado, para gases inflamáveis, tóxicos ou asfixiantes.

7. RELATÓRIO DE PREMISSAS

A manifestação de intenção, por parte da PETROBRAS, para início do estudo será acompanhada do Relatório de Premissas, a ser elaborado pela PETROBRAS, e do envio, para a CONTRATADA, da documentação listada no item 5. O Relatório de Premissas deverá conter minimamente:

- Identificação da Unidade;
- Filosofia de Segurança da Unidade;
- Cenários de vazamento de gás da Análise Preliminar de Riscos (APR), que atendam ao item 9.1;
- Cenários de descargas operacionais e exaustos de máquinas a serem simuladas que atendam ao item 9.1;
- Cenários de emanação de gás a partir de poças de óleo que atendam ao item 9.1.1
- Cenários de vazamento de gás no *main deck* que atendam ao item 9.1.2;
- Outros possíveis cenários vazamento de gás definidos pela PETROBRAS, que atendam ao item 9.1;
- Definição da necessidade da etapa de embarque para contagem de contribuintes e seleção dos pontos de vazamento (item 9.7);
- Taxas de vazamento a serem simuladas (item 9.4);
- Necessidade de elaboração ou atualização do modelo geométrico de CFD (item 9.6);
- Lista de documentação e informações adicionais entregues para a CONTRATADA, em conformidade com o item 5.
- O quantitativo de detectores por nuvem, os contornos de interesse das simulações e as lógicas de votação a serem considerados, com base na Filosofia de Segurança da Unidade;

8. REQUISITO DE SOFTWARE

O Estudo de Dispersão de Gases deve obrigatoriamente ser desenvolvido com o uso de ferramentas de CFD para condução das simulações vazamento e descargas operacionais de gás.

Os softwares CFD aceitos para a análise do comportamento de vazamentos de gás em áreas abertas são: FLACS e KFX. Para os casos de descargas operacionais os seguintes softwares de CFD também podem ser adotados: Fluent, CFX e STAR-CCM+. A utilização de outros softwares estará restrita a aprovação prévia da PETROBRAS.

9. METODOLOGIA DO ESTUDO

As seguintes etapas devem ser realizadas no desenvolvimento do estudo:

9.1. SELEÇÃO DE CENÁRIOS

O Estudo de Dispersão de Gases deve avaliar a dispersão de gases inflamáveis, tóxicos e asfixiantes decorrentes de todos os cenários de vazamento de gás identificados na Análise Preliminar de Riscos (APR), independente da frequência e severidade associadas a estes cenários, bem como cenários de descargas operacionais, exaustos e outros possíveis cenários de vazamento de gás definidos pela PETROBRAS.

Os cenários definidos pela PETROBRAS devem abranger minimamente os seguintes trechos, quando existente na Unidade:

- Linhas dos poços produtores (até BSDV);
- *Manifold* de produção/teste;
- Separação primária;
- Separação de teste;
- Linhas e equipamentos a jusante do último TO;
- Sistema de carregamento dos tanques de carga;
- Medição fiscal e *offloading*;
- Unidade de recuperação de vapor (*gas booster*);
- Compressão de gás principal;
- Compressão de gás de exportação;
- Compressão de gás de injeção;
- Desidratação de gás;
- Sistema da Unidade de Ajuste de Ponto de Orvalho (UAPO);

- Remoção de H_2S;
- Remoção de CO_2;
- Compressão de CO_2;
- Gás combustível;
- *Manifold* de gás de injeção;
- *Manifold* de *gas lift*;
- Linhas de *gas lift* (após BSDV);
- Linhas de exportação de gás (após BSDV)
- Linhas de importação de gás (até BSDV);
- Linhas de injeção de gás (após BSDV);
- Linhas de exportação de óleo (após BSDV);
- Flare;
- Drenagem fechada;
- Atmosfera de gás presente nos tanques de carga e linhas de vent.

Vazamentos nos trechos/sistemas a seguir não devem ser simulados, mesmo que haja cenários de vazamento de gás na APR:

- Vazamento de gás no interior de Hood de turbomáquinas;
- Vazamento de gás no interior da Sala do gerador de gás inerte;
- Vazamento de gás na sala de baterias;
- Vazamento de gás no paiol de tintas;
- Vazamento de gás na casa de bombas.

O estudo deve indicar todos os cenários que não foram simulados. As justificativas técnicas de exclusão de cenários a serem simulados devem ser acordadas e validadas previamente com a PETROBRAS. Tais justificativas devem ser incluídas no relatório para cada cenário que não possua simulação.

A CONTRATADA deverá incluir no relatório uma tabela com as correlações entre os cenários da APR selecionados e os segmentos, em conjunto com os pontos de vazamento dos sistemas analisados.

Cenários adicionais que eventualmente sejam identificados pela PETROBRAS serão indicados no Relatóri o de Premissas (item 7).

9.1.1. CENÁRIOS DE EMANAÇÃO DE GÁS A PARTIR DE POÇAS DE ÓLEO

O estudo deverá avaliar, como cenários adicionais, os cenários de emanação de gás a partir de poças de óleo nas seguintes regiões da Unidade:

i) estações de medição de *offloading;*

ii) conexões para o mangote de *offloading;*

iii) bombas de carga instaladas no convés de FPSO;

iv) bombas de transferência de óleo para exportação, instaladas em áreas abertas;

v) tratamento de óleo, após o último estágio de separação líquido/gás, quando aplicável.

A taxa de vazamento de óleo a ser considerada deve ser tal que a taxa de liberação de gás esteja dentro da faixa de pequenos vazamentos (0,1 a 4 kg/s). Esta definição deve levar em conta a razão de solubilidade (RS) do óleo e as características operacionais da unidade, e será fornecida pela PETROBRAS.

Para estes cenários, a CONTRATADA deverá apresentar metodologia para avaliação da PETROBRAS. A PETROBRAS também poderá definir metodologia específica para esta execução.

9.1.2.CENÁRIOS DE VAZAMENTO DE GÁS NO *MAIN DECK*

Para a área sobre os tanques de carga de FPSO (*main deck*), devem ser considerados os seguintes cenários de liberação de gás:

- Vazamentos de gás nas elipses dos tanques de carga;
- Vazamentos de gás nas conexões do header de purga gás inerte;
- Vazamentos de gás nas conexões do header de distribuição de gás inerte.

As simulações deverão ser realizadas considerando a presença de gás inerte, como também considerando a atmosfera com 100% de gás inflamável (sem presença de gás inerte), para que todos os cenários com possibilidade de ocorrência possam ser devidamente avaliados.

9.2. CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

As condições meteorológicas a serem utilizadas no estudo devem ser as da locação da Unidade. Esses dados serão fornecidos pela PETROBRAS. No relatório deverá ser apresentada uma tabela com as direções do vento e as respectivas velocidades, bem como a condição de calmaria. Deve ser apresentada a rosa dos ventos considerando o Norte de Projeto da Unidade em relação ao Norte Verdadeiro. Todas as considerações adotadas em relação aos dados ambientais também devem constar no relatório.

Devem ser consideras oito direções de vento, sendo que, para cada uma delas, pelo menos as seguintes

velocidades de vento abaixo devem ser analisadas e simuladas:

- A velocidade de vento mais frequente para cada direção de vento;
- A velocidade de vento correspondente à condição de calmaria (0,5 m/s).

Os valores de velocidade média indicados no relatório de dados meteoceanográficos deverão ser usados como velocidade de vento mais frequente para cada uma das oito direções de vento.

Quaisquer simplificações, relacionados à velocidade e direção de vento, devem ser justificadas e aprovadas pela PETROBRAS.

9.3. DADOS DE PROCESSO

Os dados relativos às variáveis de processo a serem utilizados no estudo devem ser fornecidos pela PETROBRAS, com base nas condições operacionais da Unidade.

Todos os documentos usados como referência para obtenção dos dados devem ser indicados no item de documentos de referência do relatório, com as respectivas revisões.

Todos os casos simulados deverão ter as respectivas informações das propriedades físico-químicas dos fluidos (gases/vapores ou líquidos inflamáveis) apresentadas no relatório, devendo, no mínimo, ser indicadas: composição da corrente, pressão, temperatura, densidade, código da corrente, código do documento de referência (por exemplo: PFD), modo de operação e demais propriedades que permitam rastrear a origem e pertinência das informações utilizadas.

9.3.1. PARA ALOCAÇÃO DE DETECTORES DE GÁS EM ÁREAS ABERTAS

Deverá ser selecionada uma condição operacional e composição de gases inflamáveis, tóxicos e asfixiantes que representem todo o ciclo de vida da Unidade, considerando as diversas composições esperadas.

Esta definição das composições e condições de processo dos gases inflamáveis, tóxicos e asfixiantes será definida pela PETROBRAS e repassada para a CONTRATADA no Relatório de Premissas (item 7), considerando os requisitos dos itens 9.3.1.1 e 9.3.1.2.

9.3.1.1. GASES INFLAMÁVEIS E ASFIXIANTES

Conforme o item 9.5 da ISO 17349 (2016), o projeto de sistemas de detecção de gases em plantas de processamento com concentrações variáveis de misturas de CO_2 e CH_4 pode considerar a possibilidade de detectar vazamentos por meio da detecção de um desses gases. Em alguns casos, pode ser necessário usar sistemas baseados na detecção de ambos os gases. Essa avaliação deve ser feita considerando os teores máximos e mínimos de CO_2 nos fluidos, para cada área, durante a vida útil da Unidade.

Abaixo seguem orientações gerais sobre as composições e a estratégia do tipo de sensor a ser usada para as áreas das Unidades.

Para as unidades operadas em campos de produção do Pós-sal:

- A estratégia de detecção será baseada através de sensor de hidrocarboneto, uma vez que não é

esperado alto teor de CO_2 na corrente proveniente do reservatório. Neste caso, a composição a ser considerada para simulação deverá ser a mínima concentração de gases inflamáveis, condição esta que gera menor nuvem de gás inflamável para ser detectada.

Para unidades que operam em campos de produção do Pré-sal:

- Regiões da plataforma que operam exclusivamente com correntes com alto teor de CO_2 (por exemplo, o módulo de compressão de CO_2): a estratégia de detecção será baseada através do sensor de CO_2. Neste caso, a composição a ser considerada para simulação deverá ser a de mínimo teor de CO_2 esperado para a vida útil da Unidade, condição esta que gera menor nuvem de CO_2 para ser detectada.
- Regiões da plataforma cujas correntes podem transitar entre predominantemente CO_2 ou gás inflamável (por exemplo, o módulo de remoção de CO_2, o módulo de *manifold* de produção/injeção de gás/exportação de gás e a região do *riser balcony*): a estratégia de detecção será baseada nos dois tipos de sensores, gás inflamável e gás asfixiante. Neste caso, a composição a ser considerada para simulação deverá ser uma composição intermediária entre o máximo e mínimo teor de CO_2, condição esta que gerará nuvens simultaneamente representativas de gás inflamável e CO_2 para serem detectadas.
- Demais áreas da plataforma: a estratégia de detecção deverá ser baseada em sensores de hidrocarboneto, desde que o gás inflamável seja o gás predominante em toda a vida útil da Unidade para estas áreas. Neste caso, a composição a ser considerada para simulação deverá ser a máximo teor de CO_2 esperado para a vida útil da Unidade, condição esta que gera menor nuvem de gás inflamável para ser detectada.

9.3.1.2. GASES TÓXICOS

Em relação ao contaminante H_2S, deverá ser adotada a corrente com máxima concentração esperada de H_2S na vida útil da instalação. Em módulos e/ou áreas onde pode haver correntes com concentrações de H_2S superiores a 100 ppmv (Item H2.2 da API 14C), é necessário avaliar a inclusão de detectores de gás H_2S dedicados, além dos detectores de gases inflamáveis ou asfixiantes. Essa avaliação consiste em fazer uma comparação do contorno de 20 ppmv da nuvem de gás H_2S com o contorno de 60%LEL da nuvem de gás inflamável ou 30.000 ppmv da nuvem de CO_2. Se o contorno de H_2S for maior que o contorno de gás inflamável ou de CO_2, então detectores de gás de H_2S dedicados deverão ser instalados. Para realizar essa avaliação, deve-se utilizar a taxa de vazamento definida para liberação de gás inflamável, conforme item 9.4.1.

9.3.2.PARA POSICIONAMENTO DE DETECTORES EM TOMADAS DE AR

Deverá ser selecionada uma condição operacional e composição de gases tóxicos e asfixiantes que represente todo o ciclo de vida da Unidade, considerando as diversas composições esperadas.

Esta definição das composições e condições de processo dos gases tóxicos e asfixiantes será definida pela PETROBRAS e repassada para a CONTRATADA no Relatório de Premissas (item 7), considerando as

maiores concentrações esperadas de gases tóxicos e asfixiantes na Unidade, para cada ponto de vazamento simulado.

9.3.3.PARA POSICIONAMENTO DE *VENTS* E *VENT POST*

A composição para as simulações dos *vents* e *vent posts* deverá considerar individualmente as condições mais críticas para gases inflamáveis, tóxicos e asfixiantes.

Para os cenários de dispersão do *vent post*, devem ser avaliados minimamente as seguintes composições:

- Máxima concentração de hidrocarboneto (100% de hidrocarboneto);
- Máxima concentração possível de gás inerte na atmosfera dos tanques de carga;
- Máxima concentração possível de H_2S na atmosfera dos tanques de carga, considerando a geração de H_2S biogênico da fase aquosa do tanque de carga.

As características do gás dispersado e condições de processo associadas serão fornecidas pela PETROBRAS no Relatório de Premissas (item 7).

9.3.4.PARA POSICIONAMENTO DAS SAÍDAS DE EXAUSTÃO DE MÁQUINAS

A composição deverá considerar as condições mais críticas de operação do equipamento, conforme dados do fabricante. (Ex.: máximo teor de CO_2 e máximo teor de CO).

9.4. TAXAS DE VAZAMENTO/DESCARGA

As três faixas de taxa de vazamento/descarga (pequeno, médio e grande), que serão consideradas no estudo, são definidas abaixo, e serão adotadas conforme os itens 9.4.1 a 9.4.4:

- Pequeno vazamento: de 0,1 a 4 kg/s;
- Médio vazamento: de 4 a 32 kg/s;
- Grande vazamento: de 32 kg/s até a taxa máxima de vazamento gerada pela ruptura total.

A estratégia para definição das taxas de vazamento/descarga deverá ser apresentada pela PETROBRAS no Relatório de Premissas (item 7). Para as taxas de vazamento consideradas no estudo, a CONTRATADA deve calcular os diâmetros de orifício correspondentes às taxas de vazamento selecionadas e apresentar os resultados em forma de tabela no relatório.

A taxa de vazamento/descarga deverá ser considerada constante no tempo (estado estacionário). Para as simulações dos cenários a CONTRATADA deve considerar as taxas de vazamento/descarga de acordo com as seguintes orientações:

9.4.1.PARA ALOCAÇÃO DE DETECTORES DE GÁS EM ÁREAS ABERTAS

A taxa de vazamento deverá ser entre 0,1 e 4,0 kg/s, correspondente a taxa na faixa de pequeno vazamento.

A determinação da taxa de vazamento deverá seguir uma das opções abaixo:

9.4.1.1. TAXA DE VAZAMENTO DO ESTUDO VIGENTE

Considerar a mesma taxa de vazamento que foi utilizada no estudo vigente, desde que esta esteja na faixa de pequeno vazamento (0,1 – 4kg/s). Entende-se que 4kg/s está incluso na faixa de pequenos vazamentos.

9.4.1.2. TAXA DE VAZAMENTO POR SIMILARIDADE

Se o estudo vigente utilizou uma taxa de vazamento maior que 4kg/s, as seguintes taxas de vazamento poderão ser aplicadas:

- Plataformas com *layout* similar a unidade P-31/P-25: 1,5 kg/s.
- Plataformas com *layout* similar a unidade P-62: 1,0 kg/s.

9.4.1.3. TAXA DE VAZAMENTO POR SOBREPRESSÃO MÁXIMA

Para determinar a taxa de vazamento a ser usada para posicionar os detectores de gás inflamável em áreas abertas, deve ser realizada uma análise, conforme a metodologia descrita a seguir, em cada módulo e/ou área onde os detectores de gás devem ser instalados, a fim de determinar qual taxa de vazamento que a explosão da nuvem de gás gera uma sobrepressão máxima de 0,1 barg. Para realizar essa avaliação, os requisitos abaixo devem ser seguidos:

I. Para cada módulo e/ou área da Unidade, deve ser realizada uma análise de dispersão de gás variando a taxa de vazamento e determinando seus volumes estequiométricos. Os itens abaixo devem ser implementados nesta avaliação:

   a. Os pontos de vazamento devem ser pré-aprovados pela PETROBRAS e podem ser usados posteriormente como um ponto de vazamento para posicionar os detectores de gás;

   b. Quatro (4) direções de vazamento para cada ponto de vazamento;

   c. Para cada ponto de vazamento, oito (8) direções de vento devem ser consideradas. Para cada uma delas, pelo menos duas (2) velocidades de vento devem ser analisadas, que são:

      - A velocidade de vento mais frequente para cada direção de vento;
      - A velocidade de vento correspondente à condição de calmaria (0,5 m/s).

II. Para todos os casos simulados no item "I" acima, devem ser realizadas simulações de explosão para determinar as sobrepressões máximas geradas nos pontos de monitoramento do módulo e/ou área em análise. Essas simulações de explosão devem estar em conformidade com a Especificação

Técnica do Estudo de Explosão;

III. A taxa de vazamento inicial usada para os itens I e II deverá ser de 4 kg/s. Caso a sobrepressão resultando exceda o valor de 0,1 barg, a CONTRATADA deverá reduzir a taxa de vazamento, em passos de 0,5 kg/s, até atingir a sobrepressão de 0,1 barg. Caso a sobrepressão com taxa de vazamento de 4 kg/s não ultrapasse o valor de 0,1 barg, deverá ser adotada a taxa de vazamento de 4 kg/s para a simulação dos casos de dispersão para alocação dos detectores;

IV. As seguintes tabelas e gráficos devem ser apresentados para cada módulo e/ou área em análise:

a. Uma tabela apresentando para todos os casos: ponto de vazamento, direção do vazamento, direção do vento, velocidade do vento, taxas de vazamento, volume estequiométrico, sobrepressão máxima e indicação da taxa de vazamento que gera uma sobrepressão máxima de 0,1 barg;

b. Um gráfico apresentando o volume estequiométrico (m^3) x taxas de vazamento (kg/s);

c. Um gráfico apresentando o volume estequiométrico (m^3) x sobrepressões máximas (barg).

Antes que a avaliação solicitada neste tópico seja realizada, os itens solicitados devem ser aprovados pela PETROBRAS previamente a seu início, e as simulações a serem realizadas para a localização dos detectores de gás só devem ser iniciadas após as taxas de vazamento estabelecidas no item "III" deste tópico serem aprovadas pela PETROBRAS.

9.4.2.PARA POSICIONAMENTO DE DETECTORES EM TOMADAS DE AR

A taxa de vazamento deverá considerar a ruptura total da linha, em cenários que contenham gases tóxico e/ou asfixiante (H_2S e/ou CO_2). A CONTRATADA deverá entregar, para todos os casos simulados, a taxa de vazamento utilizada.

Nota: Não há necessidade de avaliar a contaminação por gases inflamáveis, uma vez que todas as tomadas de ar de ambientes habitados são monitoradas por detectores de hidrocarbonetos, independentemente do estudo.

9.4.3.PARA POSICIONAMENTO DE *VENTS* E *VENT POST*

A taxa de descarga deverá considerar as condições mais críticas para gases inflamáveis, tóxicos e asfixiantes. A CONTRATADA deverá entregar, para todos os casos simulados, a taxa de vazamento utilizada.

9.4.4.PARA POSICIONAMENTO DAS SAÍDAS DE EXAUSTÃO DE MÁQUINAS

A taxa de descarga deverá considerar as condições mais críticas de operação do equipamento, conforme dados do fabricante. (Ex.: máximo teor de CO_2 e máximo teor de CO). A CONTRATADA deverá entregar, para todos os casos simulados, a taxa de vazamento utilizada.

9.5. DIREÇÃO DE VAZAMENTO

As simulações devem ser realizadas considerando as possíveis direções de vazamento, sendo que simplificações podem ser adotadas, desde que previamente acordadas com a PETROBRAS. Deverão ser apresentadas no relatório as direções consideradas por caso, bem como, as justificativas para eventuais simplificações.

As direções de vazamento a serem consideradas no Estudo deverão conforme definido abaixo:

9.5.1. PARA ALOCAÇÃO DE DETECTORES DE GÁS EM ÁREAS ABERTAS

Deverá ser considerado minimamente 4 direções de vazamento para cada ponto de vazamento.

9.5.2. PARA POSICIONAMENTO DE DETECTORES EM TOMADAS DE AR

As direções de vazamento a serem consideradas serão aquelas que podem direcionar a nuvem de gás para a região da tomada de ar de ambientes fechados.

9.5.3. PARA POSICIONAMENTO DE *VENTS* E *VENT POST*

A direção de vazamento deverá estar alinhada com a direção de saída do bocal do *vent*.

9.5.4. PARA POSICIONAMENTO DAS SAÍDAS DE EXAUSTÃO DE MÁQUINAS

A direção de vazamento deverá estar alinhada com a direção de saída de exaustão da máquina.

9.6. REQUISITOS PARA GEOMETRIA

O modelo geométrico aplicado no estudo deve representar a realidade da Unidade, na condição operacional. A validação do modelo geométrico deve ocorrer em reunião, entre a PETROBRAS e a CONTRATADA, antes de se iniciarem as simulações.

O modelo geométrico de CFD deve se basear no modelo 3D as built da Unidade ou deve ser elaborado pela CONTRATADA, com base na geometria real da Unidade. A necessidade de elaboração ou atualização do modelo geométrico de CFD, bem como a necessidade de embarque para tal execução, será indicada no Relatório de Premissas (item 7).

O modelo geométrico de CFD deverá considerar minimamente anteparas (paredes, pisos e tetos), tubulações com diâmetros iguais ou superiores a 6” e equipamentos cuja maior dimensão, em qualquer um dos eixos, seja igual ou superior a 1,0 metro.

Conjuntos de tubulações ou de pequenas peças que possam levar à obstrução localizada devem ser obrigatoriamente incluídos no modelo computacional considerando a sua localização real, ao menos como meio poroso. Peças menores devem ser consideradas, utilizando meios porosos, através de correlações de queda de pressão/velocidade apropriadas. Outros métodos adicionais para consideração de peças menoresdevem ser previamente aprovados pela PETROBRAS.

A CONTRATADA deverá fornecer o modelo geométrico a ser utilizado nas simulações em arquivo eletrônico 3D (por exemplo: PDF 3D, extensões navegáveis em 3D).

9.7. SELEÇÃO DOS PONTOS DE VAZAMENTO

Para a alocação de detectores de gás em áreas abertas e posicionamento de detectores em tomadas de ar, a seleção dos pontos de vazamento deve ocorrer de forma a identificar, para cada cenário de vazamento de gás (evento acidental), em cada módulo ou área avaliada, os pontos que possuem maiores chances de ocorrência de vazamento, não restrito às entradas e saídas dos equipamentos de grande inventário, mas também outros pontos suscetíveis, como, por exemplo, conexões em linhas com elevado nível de vibração. Um descritivo da seleção dos pontos de vazamento, contendo motivos e justificativas deve ser apresentada, assim como uma tabela de resumo das localizações destes pontos.

Todos os cenários de vazamento de gás identificados na Análise Preliminar de Riscos (APR), bem como outros possíveis cenários de vazamento de gás definidos pela PETROBRAS (conforme item 9.1), devem ser simulados.

Deve ser avaliado se é adequado manter os pontos de vazamento definidos nos Estudos de Dispersão de Gases anteriores, a fim de minimizar possíveis inconsistências entre o estudo anterior da Unidade e o resultado do estudo a ser elaborado.

Eventuais simplificações adotadas devem ser discutidas e validadas com a participação da PETROBRAS, devendo constar no relatório com as suas respectivas justificativas.

9.8. CONSIDERAÇÕES PARA AS SIMULAÇÕES DE DISPERSÃO

Consideração geral: as simulações realizadas para um módulo/área para uma determinada fonte (vazamento de gás, descarga de *vents* ou de exaustos de máquinas) não podem ser utilizadas em outros módulos independentemente das similaridades das condições de processo e arranjo. Isto significa que cada módulo/área deve possuir suas próprias simulações.

9.8.1. PARA ALOCAÇÃO DE DETECTORES DE GÁS EM ÁREAS ABERTAS

As simulações deverão considerar a variação da concentração volumétrica dos gases, devendo ser apresentados os contornos das nuvens nos limites de interesse em função do tipo de gás.

- Detectores de Hidrocarbonetos: nuvens na concentração de 20 e 60% LEL para detector pontual e 1 LEL metro linear e 2 LEL metro linear para detectores de visada;
- Detectores de H_2S: nuvens na concentração de 8 e 20 ppm;
- Detectores de CO_2: nuvens na concentração de 3900 e 30.000 ppm.

Zonas de incêndio de um mesmo módulo separadas por pisos gradeados poderão ser avaliadas como uma única região de interesse para simulações de dispersão. Sendo assim, para estes casos, nuvens de gás originadas em uma zona de incêndio podem ser detectadas também por detectores de outras zonas adjacentes. Esta solução, se adotada, deve ficar claramente exposta no relatório para que as ações de desdobramento possam ser implementadas no projeto.

9.8.2.PARA POSICIONAMENTO DE DETECTORES EM TOMADAS DE AR

Para avaliar a necessidade de instalação de detectores de gases tóxicos e asfixiantes (H_2S e CO_2) nas tomadas de ar de áreas habitadas, devem ser simulados cenários de vazamentos de gás cujas nuvens estejam orientadas para tais tomadas de ar.

Para a decisão da necessidade de locação de detectores para as tomadas de ar, deve-se considerar a concentração das nuvens simuladas e os critérios de impedimento conforme definidos a seguir:

- CO_2 – 3900 ppm;
- H_2S – 8 ppm.

9.8.3.PARA POSICIONAMENTO DE *VENTS* E *VENT POST*

Nesta avaliação, deve ser verificada a possibilidade de interferência das descargas dos *vents* de tanques e equipamentos da unidade e de *vent posts* no sistema de detecção de gás da Unidade, de impacto sobre as embarcações, tais como: UMS, embarcação *de Offloading* e embarcação de Apoio e dos demais locais onde haja riscos de intoxicação ou asfixia às pessoas (áreas de trabalho e de passagem/trânsito de pessoas na Unidade).

Os critérios para verificação da posição dos *vents* de tanques e equipamentos da unidade e de *vent posts* são:

- Impacto das nuvens sobre o sistema de detecção de gás da unidade

- Na simulação do *vent post* deverá ser adotado o limite de 20% do limite inferior de inflamabilidade (LII) da mistura de hidrocarboneto da corrente de saída do *vent post*, como o critério de para avaliação de impacto da nuvem de gás inflamável sobre os sensores de gás da plataforma;
- No caso de nuvem de CO_2, deverá ser adotado critério de concentração de 3900 ppm e para nuvem de H_2S, deverá ser considerada a concentração de 8 ppm.

- Tomada de ar de áreas habitadas

- Deverá ser demonstrado se a nuvem de gás com as seguintes concentrações atinge as tomadas de ar:
    - CO - 100 ppm;
    - CO_2 – 1.000 ppm;
    - H_2S – 4 ppm.

–Impacto das nuvens sobre as áreas de trabalho e de passagem/trânsito de pessoas na Unidade

- Deverá ser demonstrado se a nuvem de gás com as seguintes concentrações atinge as áreas de

trabalho e de passagem/trânsito de pessoas na Unidade:

- CO – 100 ppm;
- CO_2 – 1450 ppm;
- H_2S – 4 ppm.

- Impacto das nuvens sobre a UMS, Embarcações de *Offloading* e de Apoio

- Deverá ser demonstrado se a nuvem de gás com as seguintes concentrações atinge as áreas da UMS, Embarcações de *Offloading* e de Apoio:
  - CH4 - a ser definido no Relatório de Premissas (% LII);
  - CO – 100 ppm;
  - CO_2 – 1450 ppm;
  - H_2S – 4 ppm.

Casos os limites definidos acima sejam atingidos ou ultrapassados nas áreas de interesse, o estudo deverá fornecer alternativas para o posicionamento adequado do *vent post*. As propostas de solução devem ser previamente discutidas com a PETROBRAS. A efetividade de cada proposta de solução deverá ser demonstrada pela CONTRATADA através de simulação em CFD para confirmar que os limites acima não foram atingidos.

9.8.4.PARA POSICIONAMENTO DAS SAÍDAS DE EXAUSTÃO DE MÁQUINAS

Deve ser avaliado o impacto das descargas de exaustão de máquinas (por exemplo: motores de combustão interna, turbinas de acionamento de geradores, compressores, geradores de gás inerte, geradores de emergência, gerador auxiliar, bomba de combate a incêndio, etc), sobre as tomadas de ar de áreas habitadas, dos demais locais onde haja riscos como de intoxicação ou asfixia às pessoas (áreas de trabalho e de passagem/trânsito de pessoas na Unidade) e das embarcações tais como: UMS, embarcação de *Offloading* e embarcação de Apoio.

Os equipamentos a serem avaliados e as condições de processo relacionadas às descargas dos mesmos serão fornecidas pela PETROBRAS no Relatório de Premissas (item 7).

Os critérios para verificação da posição das descargas de exaustão de máquinas da unidade são:

- Tomada de ar das áreas habitadas

- Demonstrar se a nuvem de gás exausto com as seguintes concentrações atinge as tomadas de ar:
  - CO - 100 ppm;

- CO_2 – 1.000 ppm;
- H_2S – 4 ppm.

–Impacto das nuvens sobre as áreas de trabalho e de passagem/trânsito de pessoas na Unidade:

- Deverá ser demonstrado se nuvem de gás exausto com as seguintes concentrações atinge as áreas de trabalho e de passagem/trânsito de pessoas na Unidade:
  - CO – 100 ppm;
  - CO_2 – 1450 ppm;
  - H_2S – 4 ppm.

- Impacto das nuvens sobre a UMS, Embarcações de *Offloading* e de Apoio:

- Deverá ser demonstrado se a nuvem de gás exausto com as seguintes concentrações atinge as áreas da UMS, Embarcações de *Offloading* e de Apoio:
  - CO – 100 ppm;
  - CO_2 – 1450 ppm;
  - H_2S – 4 ppm H2S.

Nota para os itens 9.8.2, 9.8.3, 9.8.4: CO @100 ppm - metade do limite da NIOSH ("*ceiling*", 200 ppm); CO_2 @ 1450 ppm - metade do valor estabelecido no Anexo 11 da NR-15, conforme o requisito do item 9.6.1.1 da NR-09 e o ajuste *Brief-Scala* indicado pela ACGIH; CO_2 @ 1.000 ppm - tomadas de ar não devem ser impactadas por gases exauridos de descargas de máquinas com uma concentração superior a 1000 ppm de CO_2, de acordo com a ABNT/NBR 16401-3:2008; H_2S @ 4 ppm H_2S - metade do valor estabelecido no Anexo 11 da NR-15, conforme o requisito do item 9.6.1.1 da NR-09 e o ajuste *Brief-Scala* indicado pela ACGIH.

Caso que identificadas situações de risco como as mencionadas acima, o estudo deverá fornecer alternativas para o posicionamento adequado das descargas de exaustão de máquinas. As propostas de solução devem ser previamente discutidas com a PETROBRAS. A efetividade de cada proposta de solução deverá ser demonstrada pela CONTRATADA através de simulação em CFD para confirmar que os riscos mencionados acima não ocorrerão na Unidade.

9.9. POSICIONAMENTO E OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE DETECÇÃO DE GÁS EM ÁREAS ABERTAS

A proposta alocação de sensores em áreas abertas deve considerar o posicionamento dos detectores já existente na instalação, devendo ser propostas recomendações na seguinte ordem de prioridade:

1. Manter a detecção existente;
2. Realocar detectores já instalados para maximização da cobertura dos casos simulados;

3. Instalação de novos detectores.

O critério de alocação de detectores de gás, a ser considerada no Estudo, deverá seguir o especificado na sua filosofia de projeto:

- Alocação por tríade: cada nuvem de gás deverá ser monitorada, em um nível de concentração pré-definido, por pelo menos um ponto de detecção. Em cada ponto de detecção deverão ser alocados três detectores. A lógica de votação será de 2oo3 no ponto de detecção;

- Alocação por zona: cada nuvem de gás deverá ser monitorada, em um nível de concentração pré-definido, por pelo menos dois detectores distribuídos na zona de incêndio ou área monitorada, considerando a lógica de votação de 2ooN, sendo N ≥ 3. O valor de N corresponde ao número de detectores na zona de incêndio ou área monitorada.

O nível de concentração a ser considerado para cada tipo de gás é: (i) 60% do LII (detector pontual) ou 2 LII metro linear (detector de visada) para CH_4; (ii) 30.000 ppm para CO_2; e (iii) 20 ppm para H_2S.

Nota: O projeto do sistema de detecção de algumas plataformas da Petrobras adotaram o critério de alocação por zona baseada no nível de concentração de (i) 20% do LII (detector pontual) ou 1 LII metro linear (detector de visada) para CH_4; (ii) 3.900 ppm para CO_2; e (iii) 8 ppm para H_2S, considerando uma taxa de vazamento pequena (0,5 kg/s). Adicionalmente, foi conduzida uma análise de eficiência da malha com taxa de vazamento maior (4 kg/s) para testar a sensibilização simultânea de dois detectores na concentração de (i) 60% do LII (detector pontual) ou 2 LII metro linear (detector de visada) para CH4; (ii) 30.000 ppm para CO2; e (iii) 20 ppm para H_2S. Nestes casos, para cada ponto de vazamento deverá ser simulada a nuvem de gás com duas taxas de vazamento diferentes.

As informações referentes aos critérios de alocação dos detectores de gás da Unidade serão apresentadas. pela Petrobras no Relatório de Premissas (item 7).

Os detectores devem ser posicionados priorizando os locais que concentram o maior número de nuvens de gás, para cada tipo de gás a ser detectado. O processo de alocação dos detectores deve utilizar um algoritmo de otimização para atender aos critérios de detecção conforme definido acima, devendo ser previamente apresentado para discussão e aprovação da Petrobras.

Para as últimas elevações dos módulos e seus mezaninos, caso existentes, a alocação dos detectores deverá ser feita de forma prescritiva, sem a necessidade de realizar simulações de CFD. A metodologia a ser adotada deverá ser apresentada pela CONTRATADA e aprovada pela Petrobras.

Os resultados de alocação dos sensores devem ser apresentados para aprovação da Petrobras. A CONTRATADA deverá informar a margem de tolerância em (X, Y e Z) metros para a instalação e realocação dos detectores, justificando-a em função das dimensões da malha utilizada no algoritmo de otimização.

Caso haja impossibilidade de instalação de detectores em campo, a CONTRATADA deverá definir uma nova posição em que seja possível a instalação dos detectores, cumprindo a sua função de cobertura de nuvens

conforme o processo e os critérios definidos acima.

9.10.REQUERIMENTOS ADICIONAIS PARA ALOCAÇÃO DE SENSORES DE H2S

Áreas com pisos, tanques, equipamentos ou tubulações onde possa ocorrer a estagnação prolongada de água produzida, com possibilidade de geração de H_2S biogênico, onde a concentração de H_2S não pode ser determinada e não há simulação de dispersão de gases com CFD para elas, os requisitos abaixo devem ser seguidos para a alocação de detectores de H2S e para redução de riscos de exposição:

- Área do Slop Vessel: deve ser alocado no mínimo 1 detector de H_2S a uma máxima distância de 3 metros dos flanges de acesso ao vaso. Podendo ser alocado 1 detector para cada dois ou mais flanges de acesso se os mesmos estiverem a uma distância menor que 3 metros do detector. Não podendo ser menos que 2 detectores para cobertura do slop vessel;

- Área dos Dirty Slop Tank e Clean Slop Tank (Terceiro Slop, se aplicável): deve ser alocado no mínimo 1 detector de H_2S a uma máxima distância de 3 metros de cada escotilha de acesso à tanques e de ventilação de tanques. A localização dos detectores não deve gerar obstruções ou restrições de acesso de pessoas e equipamentos às escotilhas;

- Outras áreas com risco de exposição: dever ser adotado 1 detector de H2S considerando o critério de alocação geográfica, com área de cobertura de 37 m2 por detector, conforme API RP 14C - Anexo H. A definição dessas áreas de cobertura será apresentada no Relatório de Premissas (item 7), considerando os potenciais pontos de vazamento de H_2S, com base na confirmação que tais áreas é esperada a presença de H_2S. Cada área de cobertura de 37 m2 deverá ter 2 detectores de H_2S, podendo esses detectores estarem alocados de forma a cobrir diferentes pontos de vazamento na mesma área e serem compartilhados, para atender áreas com pontos de vazamento vizinhos, onde as áreas possuam superposição;

- Os detectores de H2S dessas áreas devem ser posicionados em altura entre 0,3 m e 0,9 m acima do piso, devido a possibilidade de acúmulo de H_2S nas áreas baixas, próximas ao piso. Exceção pode ser considerada para locais com algum impedimento físico ou outra restrição de cunho técnico;

- Gás detectado deve gerar alarme na CCR e alarme local (visual e sonoro) na área coberta pelos detectores de H_2S;

- Essas áreas devem ter sinalização nos seus acessos, indicando risco de intoxicação por H_2S.

10. REQUISITOS DE GOVERNAÇA E ACOMPANHAMENTO

10.1.CONSIDERAÇÕES GERAIS

As atas de reunião devem ser incluídas em anexo ao relatório na sua revisão final.

Todas as decisões de validação (de premissas, de dados, da geometria, entre outras) deverão constar no

relatório final do estudo em forma de anexo. As validações deverão ter assinatura dos responsáveis de cada parte envolvida.

10.2.REUNIÃO DE PLANEJAMENTO

Reunião destinada à apresentação sumária do projeto, ao esclarecimento de aspectos relativos aos objetivos e escopo do estudo, avaliação e ajustes necessários no cronograma de trabalho e dos recursos necessários à realização do estudo, onde a pauta mínima deve ser:

- Apresentação da plataforma para a CONTRATADA;
- Esclarecimentos sobre o Relatório de Premissas e documentação entregue da Unidade;
- Esclarecimentos sobre os objetivos e escopo da análise e requisitos do estudo;
- Apresentação da governança, conforme item 10.3.

10.3.GOVERNANÇA DO PROCESSO DE ACOMPANHAMENTO E VALIDAÇÕES

A governança do processo de acompanhamento, verificação de atendimento de itens e definições constantes nesta ET e no Relatório de Premissas (item 7), bem como validação de resultados, será estabelecida entre PETROBRAS e a CONTRATADA ao início dos trabalhos, considerando obrigatória e minimamente:

(i) Apresentação, pela CONTRATADA, de planejamento e cronograma de desenvolvimento do estudo, constando detalhamento das etapas e o caminho crítico de execução, a ser validado pela PETROBRAS;

(ii) Apresentação, pela CONTRATADA, de agenda de reuniões semanais ou quinzenais, com pauta previamente definida à cada reunião, para acompanhamento do desenvolvimento do estudo e discussões técnicas pertinentes, alinhadas ao definido em (i), a ser validada pela PETROBRAS;

(iii) Elaboração, pela CONTRATADA, de atas descritivas para cada reunião definida em (ii), a serem validadas pela PETROBRAS;

(iv) Demonstração, pela CONTRATADA, do atendimento aos itens e subitens desta ET e do Relatório de Premissas (item 7), conforme o desenvolvimento definido em (i).

No planejamento e cronograma de desenvolvimento definido em (i), concordante com a agenda de reuniões definidas em (ii), devem ser considerados também os seguintes marcos de apresentação e validação de resultados, definidos na Tabela 1:

Tabela 1 - Marcos para acompanhamento e validação.

Item	Temas a abordar
M1	**Validação dos cenários acidentais:**

	Confirmação dos cenários selecionados a serem analisados (APR e outros cenários).
M2	**Validação dos dados de processo:** Confirmação dos dados de processo e dos modos de operação. **Validação das condições de vazamento:** Definição das condições de vazamentos e seleção dos pontos de vazamento a serem simulados.
M3	**Validação dos casos simplificados:** Apresentação dos casos simplificados (pontos de vazamento, direções de vazamento e vento) para validação da PETROBRAS.
M4	**Validação da geometria:** Apresentação do modelo de CFD e de volumes finitos para aprovação da PETROBRAS.
M5	**Reunião de apresentação do relatório parcial**
M6	**Validação de resultados:** Apresentação, discussão e validação dos resultados das simulações de dispersão. Definição da estratégia de adição ou reposicionamento de detectores de gás.
M7	**Validação de resultados de posicionamento de detectores de gás:** Apresentação, discussão e validação dos resultados da avaliação do posicionamento de detectores de gás, dispersões de *vent* de equipamentos, *vent posts* e gases exaustos de equipamentos.
M8	**Reunião de apresentação do relatório final do estudo (versão preliminar):** Reunião destinada à apresentação do relatório final antes da sua emissão para a Petrobras. A apresentação deve ter como foco os principais resultados, as conclusões e recomendações geradas no estudo.

A validação de resultados (M7 e M8) pode ser composta de um conjunto de reuniões de forma que todos os resultados e recomendações gerados no estudo possam ser discutidos, devendo ser definido na agenda definida em (ii).

Não deverá ser realizada nenhuma reunião de apresentação do relatório do estudo antes que todos os resultados e recomendações geradas no estudo tenham sido completamente discutidos e acordados entre a PETROBRAS e a CONTRATADA.

10.4.REUNIÃO DE APRESENTAÇÃO DO RELATÓRIO FINAL DO ESTUDO (VERSÃO PRELIMINAR)

Reunião destinada à apresentação da versão preliminar do relatório final antes da sua emissão para a Petrobras. A execução e emissão do relatório final é de responsabilidade da CONTRATADA. A codificação deverá estar de acordo com a norma Petrobras N-1710 e o formato de acordo com a N-381.

A apresentação deve ter como foco os principais eventos acidentais, os principais resultados, as conclusões e recomendações do estudo.

Participantes da reunião de apresentação do relatório do estudo: Devem participar os profissionais da CONTRATADA e da Petrobras responsáveis pelo acompanhamento do estudo.

11. RELATÓRIOS DO ESTUDO

O relatório final deverá ser emitido em português. O relatório deve atender o conteúdo especificado neste documento.

Todas as hipóteses de simplificação e premissas adotadas devem ser apresentadas e explicitadas na parte correspondente do relatório. Adicionalmente, as atas das reuniões devem ser apresentadas em anexo,

especialmente as que possuem validação de etapas da metodologia. Os gráficos e figuras dos relatórios devem ser apresentados com as respectivas escalas, legendas e com a rosa dos ventos e direção predominante do vento. Para elaboração das tabelas, gráficos e figuras devem ser aplicadas as unidades do Sistema Internacional - SI.

Todos os gráficos e figuras que suportem as conclusões e recomendações do estudo devem ser apresentados no relatório final.

11.1.RELATÓRIO PARCIAL

A CONTRATADA deverá apresentar um Relatório Parcial contendo detalhamento de todas as etapas pré-simulação (modelagem). O Relatório Parcial deve conter, no mínimo, os seguintes itens:

- Introdução e objetivos do estudo;
- Descrição da Unidade;
- Informações contidas no Relatório de Premissas (item 7);
- Rosa dos ventos considerando o Norte de Projeto da unidade em relação ao Norte Verdadeiro (item 9.2);
- Tabela com as direções do vento, velocidades e probabilidade de ocorrência (dados meteoceanográficos) (item 9.2);

- Cenários a serem analisados e cenários descartados com as devidas justificativas (item 9.1);
- Listagem dos pontos de vazamento com as respectivas coordenadas (em relação a referencial previamente acordado com a PETROBRAS), indicação do segmento, descrição da localização, TAG do equipamento/linha, P&ID e PFD associados (item 9.7);
- Dados de processo (item 9.3);
- Diâmetros dos orifícios para as taxas de vazamento selecionadas (item 9.4);
- Direções de vazamento consideradas por caso (item 9.5);
- Tabela com as correlações entre os cenários da APR selecionados e os segmentos, em conjunto com os pontos de vazamento dos sistemas analisados;
- Listagem de todos os casos que serão simulados, apresentando cenários, ponto de vazamento, taxa de vazamento, direção de vazamento, direção e velocidades do vento; e o mesmo para os casos que serão descartados, com as devidas justificativas;
- Descrição do modelo geométrico de CFD a ser utilizado para as simulações (item 9.6);
- Malha computacional e domínio de simulação (item 9.6);
- Lista de P&ID e PFD utilizados (item 5);
- Anexo dos PFD e dos P&ID com marcação dos segmentos definidos e pontos de vazamento;
- Anexo dos arranjos (*layout)* de cada módulo contendo os pontos de vazamentos, com TAG respecitivo ao equipamento/linha fonte do vazamento (vista superior e vista frontal, considerando a cota de instalação dos detectores);
- Anexo contendo o Relatório de Premissas (item 7).

11.2.RELATÓRIO FINAL

O Relatório Final corresponde à emissão do relatório em revisão 0 (zero). Deve atender a todos os requisitos do Relatório Parcial e adicionalmente conter os seguintes itens:

- A CONTRATADA deve apresentar o detalhamento das opções de modelagem adotadas no software de CFD. Definições da malha, domínio, modelos de turbulência, condições de contorno e convergência devem ser apresentados e justificados.
- Resultados da análise de dispersão para cada um dos cenários e casos definidos com base nesta ET, nas concentrações especificadas;
- Premissas adotadas na otimização da alocação dos sensores;
- Resultados finais de alocação dos sensores, incluindo o máximo desvio permitido nos eixos X, Y e Z;
- Conclusões;

- Recomendações;
- Todos os arquivos das simulações CFD.

O estudo deve conter minimamente as seguintes figuras e tabelas, podendo ser inseridas no relatório como anexos:

- Tabelas indicando a correlação entre os cenários e casos de dispersão avaliados e os cenários da APR;
- Figuras representativas da análise de dispersão de gás para os cenários e casos simulados inseridas ao longo do relatório, para exemplificação e entendimento;
- Todas as figuras de dispersão para os cenários e casos simulados, em anexo ao final do relatório;
- Tabelas indicando as coordenadas de alocação para os detectores de gás nos eixos X, Y e Z, em relação a referencial previamente acordado com a PETROBRAS;
- Figuras indicando a alocação destes detectores no arranjo da instalação, com respectivos TAG (vista superior e vista frontal, considerando a cota de instalação dos detectores), em anexo ao final do relatório;
- Tabelas indicando, para cada detector de gás: a) os cenários e casos simulados detectados; b) o cenário da APR correspondente. As tabelas devem indicar os contornos de 20%LII, 40%LII e 60%LII para detectores de CH_4 pontuais; 1 LII metro linear, 1,5 LII metro linear e 2 LII metro linear para detectores de CH_4 de visada; 3900ppm, 17.000ppm e 30.000ppm para detectores de CO_2; 8ppm, 14ppm e 20ppm para detectores de H_2S;
- Tabelas indicando, para cada cenário e caso simulado: a) os detectores de gás que os detectam; b) o cenário correspondente na APR da instalação; As tabelas devem indicar os contornos de 20%LII, 40%LII e 60%LII para detectores de CH_4 pontuais; 1LII metro linear, 1,5LII metro linear e 2LII metro linear para detectores de CH_4 de visada; 3900ppm, 17.000ppm e 30.000ppm para detectores de CO_2; 8ppm, 14ppm e 20ppm para detectores de H_2S;
- Gráficos indicando a porcentagem de cobertura, para cada elevação/módulo, referente a cada detector nas lógicas 1ooN e 2ooN;

Devem ser previstas revisões adicionais para o caso de serem identificadas falhas na emissão do Relatório Final.