



Solução SOLVE SPPVG-A

Solução de Predição e
Prevenção de Vazamentos
De Gases

AMÔNIA

An aerial photograph of an industrial or urban area. A large plume of white smoke or steam is rising from a central facility, partially obscuring the buildings below. The surrounding area is filled with various structures, including warehouses and smaller buildings.

SOLVE
Engenharia

2026

SOBRE NÓS

A SOLVE é uma empresa de engenharia e tecnologia aplicada à indústria, dedicada ao desenvolvimento de soluções para aumentar a eficiência, a segurança, a confiabilidade e o desempenho de sistemas e processos industriais.

Nossa atuação combina engenharia mecânica, análise de dados e ferramentas computacionais para compreender problemas, avaliar oportunidades e transformar conhecimento técnico em soluções aplicáveis à realidade de cada planta. Trabalhamos desde o diagnóstico e a modelagem de um sistema até o desenvolvimento de projetos, softwares, sistemas de monitoramento e soluções específicas para operação industrial.

Entre nossas principais frentes estão:

- Estudos de impacto energético;
- Análise e otimização de sistemas de refrigeração, vapor e ar comprimido;
- Segurança de instalações e processos industriais;
- Projetos e dimensionamentos;
- Avaliações de equipamentos e redes de tubulações;
- Simulações computacionais;
- Desenvolvimento de softwares técnicos;
- Telemetria, análise estatística e aplicações avançadas de engenharia.

Cada trabalho parte da compreensão do processo e de suas condições reais de operação. Sempre que necessário, dados são obtidos diretamente em campo por meio de medições e monitoramento, permitindo comparar o comportamento real da instalação com modelos matemáticos, simulações, critérios de projeto e condições tecnicamente esperadas.

Essa integração entre engenharia, dados e computação permite avaliar diferentes cenários antes de uma intervenção, identificar gargalos, quantificar desperdícios e riscos, prever comportamentos, dimensionar soluções e fornecer informações mais consistentes para a tomada de decisão.

Quando o problema exige uma ferramenta permanente, os próprios modelos desenvolvidos durante a engenharia podem evoluir para softwares, simuladores, sistemas embarcados ou soluções integradas à automação e à instrumentação da planta, permitindo que o conhecimento técnico também faça parte da operação cotidiana.

Mais do que entregar cálculos, projetos ou relatórios isolados, a SOLVE busca transformar problemas industriais em decisões tecnicamente fundamentadas e resultados mensuráveis, conectando engenharia e tecnologia para tornar processos mais eficientes, seguros, confiáveis e previsíveis.

Índice

1

AMÔNIA

2

O PROBLEMA DOS VAZAMENTOS

3

A SOLUÇÃO

4

ESTUDO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA

5

PLANO DE EMERGÊNCIA OPERACIONAL

6

FICHAS TÉCNICAS DE VASOS E VÁLVULAS

7

ADEQUAÇÕES DE TUBULAÇÕES

8

TANQUE DE NEUTRALIZAÇÃO

9

VENTILAÇÃO DA CASA DE MÁQUINAS

10

VENTILAÇÃO DE EMERGÊNCIA

11

LAVADOR DE GASES CONTAMINADOS

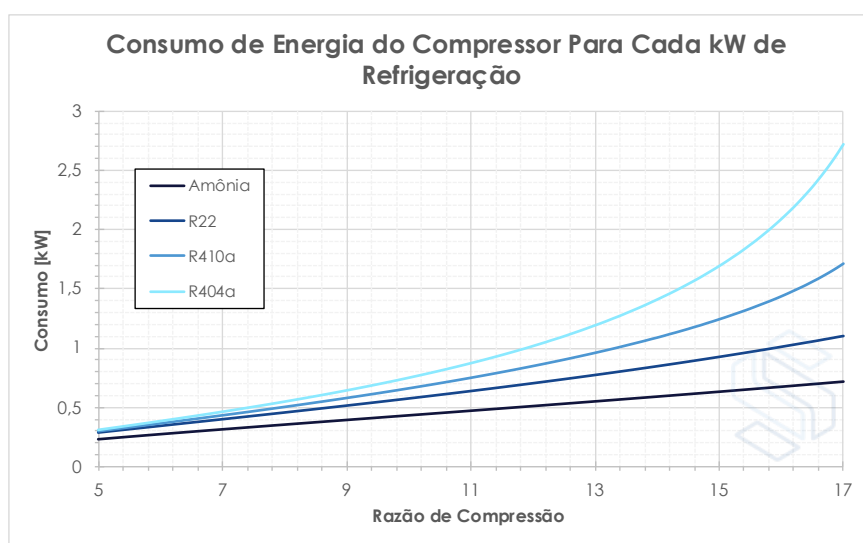
12

MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO *REAL TIME*

O Fluido Padrão da Refrigeração Industrial

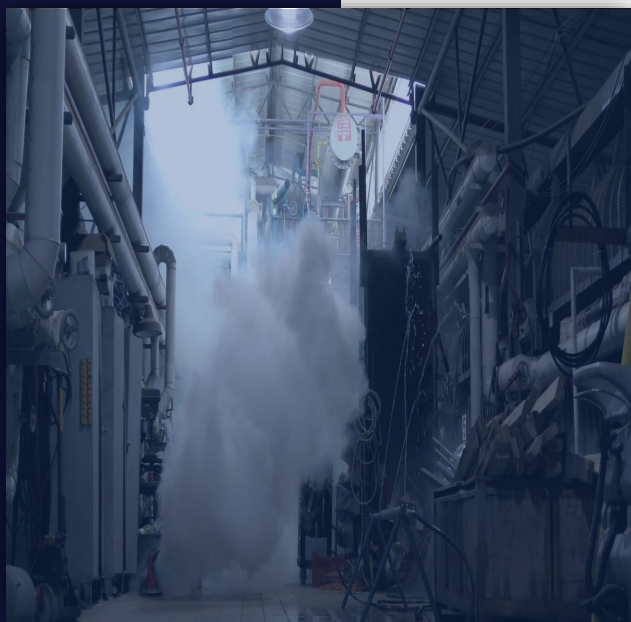
A amônia, ou R-717, é um dos principais fluidos refrigerantes utilizados na refrigeração industrial, devido ao excelente desempenho termodinâmico que proporciona aos ciclos de refrigeração, à alta capacidade frigorífica por unidade de massa e às propriedades favoráveis aos processos de evaporação e condensação. Essas características tornam o fluido especialmente adequado a sistemas de médio e grande porte, com ampla aplicação em frigoríficos, armazéns refrigerados, laticínios, cervejarias e diversos processos industriais. Além do desempenho energético, a amônia é um refrigerante natural, com potencial de destruição da camada de ozônio (ODP) igual a zero e impacto climático direto praticamente nulo.

Rendimento do ciclo frigorífico: Amônia vs. outros refrigerantes:



Entretanto, apesar de seu excelente desempenho em ciclos de refrigeração, a amônia apresenta uma característica crítica para a segurança: é altamente tóxica e pode representar risco severo à saúde em situações de exposição. Soma-se a isso seu baixo ponto de ebulição, de aproximadamente $-33,3^{\circ}\text{C}$ à pressão atmosférica. Isso implica que, em condições ambientes, a amônia tende naturalmente ao estado gasoso e, para permanecer líquida no sistema, deve ser mantida sob pressão ou em condições de baixa temperatura.

Em instalações frigoríficas de médio e grande porte, o inventário de amônia pode alcançar várias toneladas, distribuídas entre vasos de pressão, tubulações, separadores, trocadores de calor, evaporadores, condensadores e demais componentes do sistema. Dessa forma, uma falha capaz de provocar a liberação do refrigerante pode resultar na rápida expansão e vaporização da amônia, formando uma nuvem tóxica que pode se dispersar rapidamente pelo ambiente. Dependendo da magnitude do vazamento e das condições meteorológicas, essa dispersão pode ultrapassar os limites físicos da instalação, atingir áreas ocupadas da própria indústria e, em cenários mais severos, alcançar regiões externas à planta.



O PROBLEMA DOS VAZAMENTOS

Pontos de Encontro, Vizinhança e Imprevisibilidade

Pontos de encontro: uma decisão que depende do vento

Pontos de encontro são essenciais para organizar a evacuação durante uma emergência. Em instalações industriais, é comum existir mais de uma alternativa, permitindo direcionar os colaboradores para uma região considerada segura de acordo com as condições do momento.

Em um vazamento de amônia, essa decisão depende diretamente da direção de dispersão da nuvem. Na prática, uma das referências utilizadas pela brigada pode ser a biruta instalada na planta: observa-se a direção predominante do vento e direciona-se a evacuação para uma região oposta àquela em que se espera o deslocamento do contaminante.

Imprevisibilidade: a pluma nem sempre segue o caminho esperado

O problema é que a direção indicada por uma única biruta não representa necessariamente o comportamento do ar em toda a instalação. É justamente aí que surge uma das maiores dificuldades de uma emergência com amônia: não basta saber para onde o vento predominante está soprando.

Edificações, galpões, equipamentos, corredores entre estruturas e outras interferências físicas podem criar correntes locais, zonas de recirculação e mudanças na direção do escoamento. Assim, um ponto de encontro aparentemente seguro pode estar justamente no caminho da pluma. Como resultado, a trajetória da nuvem pode apresentar comportamento diferente daquele sugerido por uma observação pontual do vento.

A imagem ao lado ilustra esse problema: a biruta indica uma direção predominante, enquanto a pluma de vapor de água sofre influência das condições locais e se desloca por outro caminho. Em uma situação real de vazamento com amônia, essa diferença pode significar direcionar colaboradores para uma região que, poucos instantes depois, passa a estar sob influência da nuvem tóxica.

Vizinhança: o risco não termina no limite da planta

Essa mesma imprevisibilidade também significa que a consequência de um vazamento pode ultrapassar os limites físicos da indústria. Dependendo da quantidade de amônia liberada, da duração do evento e das condições atmosféricas, a pluma pode alcançar áreas externas e atingir residências, escolas, hospitais, hotéis, estabelecimentos comerciais, vias públicas e outras regiões ocupadas no entorno da planta.

Nesse momento, a emergência deixa de envolver apenas pessoas treinadas e familiarizadas com os riscos da instalação. A população externa pode ser exposta sem possuir treinamento, equipamentos de proteção ou conhecimento sobre como reagir, ampliando significativamente as possíveis consequências humanas, ambientais e civis do evento.

Portanto, compreender a dispersão não serve apenas para decidir qual ponto de encontro utilizar. Serve também para identificar até onde as consequências de um vazamento podem chegar.

2



A SOLUÇÃO

Uma Estrutura Completa para Predizer, Prevenir e Mitigar

Estudo de Dispersão Atmosférica

Simula cenários de vazamento e identifica como a nuvem de amônia pode se dispersar dentro e fora da planta.



Fichas Técnicas de Vasos e Válvulas

Documenta os equipamentos, calcula as vazões de alívio requeridas e verifica a compatibilidade das válvulas de segurança instaladas.



Tanque de Neutralização

Reduz a quantidade de amônia liberada à atmosfera por meio da absorção do gás em solução líquida.



Ventilação de Emergência

Realiza a extração rápida do ar contaminado em situações de vazamento severo no interior da casa de máquinas.



Monitoramento Atmosférico *real time*

Monitora continuamente as condições meteorológicas e fornece suporte à predição da dispersão e à tomada de decisão.



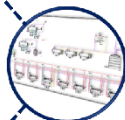
Plano de Emergência Operacional

Define procedimentos, sequências de ação e estratégias de resposta específicas para os diferentes cenários de vazamento.



Adequações de Tubulações

Avalia as linhas de alívio e dimensiona as adequações necessárias para garantir uma descarga segura e eficiente.



Ventilação da Casa de Máquinas

Promove a renovação contínua do ar, reduzindo o acúmulo de contaminantes durante as condições normais de operação.



Lavador de Gases Contaminados

Trata o ar extraído durante a emergência, reduzindo a concentração de amônia antes de sua liberação ao ambiente.



ESTUDO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA

Transformando o Vazamento em Consequência Mensurável.

Saber que um vazamento de amônia pode ocorrer não é suficiente. Para estruturar uma resposta segura, é necessário compreender quanto fluido pode ser liberado, como essa liberação pode ocorrer e até onde seus efeitos podem chegar.

O Estudo de Dispersão Atmosférica parte do levantamento técnico da instalação, considerando os principais equipamentos que armazenam amônia, pressões de operação, inventário, possíveis pontos de liberação e arranjo físico da planta. Para situações de sobrepressão, são determinadas as vazões críticas de alívio que podem ser descarregadas pelo sistema de proteção.



Essas informações são combinadas ao histórico climático da região, avaliando estatisticamente variáveis como direção e velocidade do vento e demais condições atmosféricas relevantes. A partir desse conjunto de dados, o software **SOLVE Gas Dispersion**, simula diferentes cenários de liberação, incluindo vazamentos contínuos e liberações instantâneas.

O resultado mostra como a nuvem pode se desenvolver em cada condição analisada, permitindo identificar áreas potencialmente atingidas, distâncias de segurança, zonas de isolamento, pontos de encontro e regiões que exigem maior atenção durante uma emergência.

Mais do que prever uma pluma, o estudo transforma um risco abstrato em uma consequência que pode ser visualizada, comparada e utilizada como base para as demais etapas da SPPVG-A.



PLANO DE EMERGÊNCIA OPERACIONAL

Resposta ao Risco, Pensada na Planta

Durante um vazamento de amônia, os primeiros minutos são decisivos. Nesse momento, manobras inadequadas ou decisões improvisadas podem não apenas atrasar a resposta, mas também agravar a própria liberação.

O PEVA-R — Plano de Emergência para Vazamento de Amônia em Sistemas de Refrigeração é desenvolvido especificamente para a configuração real da instalação. O plano considera equipamentos, linhas de líquido e sucção, separadores, evaporadores, bombas, compressores e demais componentes envolvidos, estabelecendo procedimentos coerentes com o comportamento do sistema frigorífico.



Para cada cenário relevante são definidos o que fazer, o que não fazer e em qual sequência agir. Dependendo da origem do vazamento, ações como bloquear a alimentação de líquido, manter ou utilizar a sucção para reduzir pressão, interromper determinados equipamentos, isolar energia ou restringir acessos podem apresentar consequências completamente diferentes.

Por isso, o plano organiza previamente as manobras permitidas, condicionadas e proibidas, além dos critérios para evacuação, isolamento de áreas e controle do evento. A equipe deixa de depender exclusivamente da experiência individual no momento da emergência e passa a contar com procedimentos previamente estudados para a realidade da própria planta.

O objetivo é simples: transformar conhecimento técnico do sistema em uma resposta organizada capaz de controlar o evento antes que ele evolua para uma condição de maior severidade.



FICHAS TÉCNICAS DE VASOS E VÁLVULAS

Conhecer o Sistema é a Base da Segurança

Vasos de pressão e válvulas de alívio formam uma das principais barreiras de proteção contra situações de sobrepressão. Entretanto, a existência de uma válvula instalada não significa, por si só, que o equipamento esteja adequadamente protegido.



A SPPVG-A realiza o levantamento técnico dos vasos de pressão da instalação, consolidando informações dimensionais, construtivas e operacionais, além de registros fotográficos e verificações visuais dos principais elementos de segurança. Para as válvulas de alívio são registrados dados como identificação, conexões, pressão de ajuste e informações disponíveis em placa.

A partir das características de cada vaso, é calculada a vazão mínima de alívio requerida para sua proteção. Essa necessidade é então comparada à capacidade efetivamente fornecida pela válvula instalada, permitindo verificar se existe compatibilidade entre o equipamento protegido e seu dispositivo de segurança.

As fichas transformam informações que muitas vezes estão dispersas entre placas, documentos antigos e conhecimento operacional em uma base técnica organizada de cada conjunto vaso-válvula. Além de facilitar inspeções e manutenção, essa documentação permite identificar incompatibilidades, informações ausentes e pontos que exigem correção.



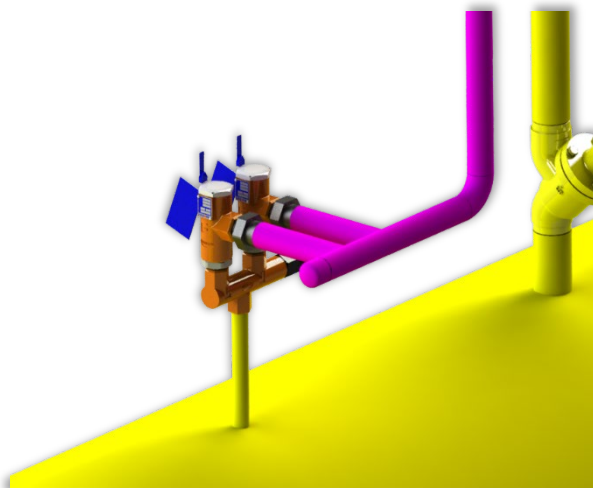
ADEQUAÇÕES DE TUBULAÇÕES

A proteção do Sistema Também Depende do Caminho da Descarga

Uma válvula de alívio corretamente dimensionada pode ter sua capacidade comprometida quando conectada a uma tubulação inadequada. A proteção não termina na válvula: ela continua por toda a linha de descarga.

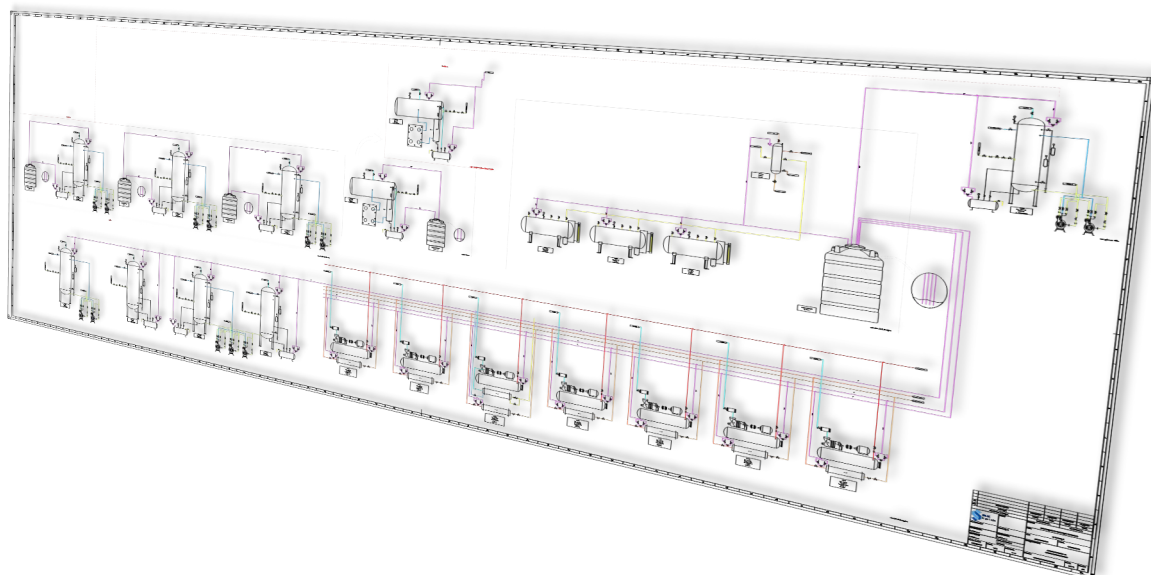
Quando a tubulação de descarga oferece uma área de escoamento insuficiente ou um caminho excessivamente restritivo — por exemplo, devido a diâmetros reduzidos, grandes comprimentos, excesso de curvas ou interligações inadequadas — a perda de carga aumenta. Isso eleva a contrapressão na saída da válvula de alívio e pode reduzir sua capacidade efetiva de descarga. Em uma situação de sobrepressão, a consequência é direta: o sistema pode não conseguir escoar a vazão para a qual a proteção foi dimensionada.

A análise das tubulações de alívio verifica o arranjo existente, diâmetros, trajetos, conexões, comprimentos equivalentes, perdas de carga, contrapressão e pontos finais de descarga. Com base nesses resultados, são definidas as adequações necessárias, que podem envolver redimensionamento de linhas, alteração de trajetos, reorganização ou separação de coletores e definição de novos pontos de descarga.



O objetivo não é simplesmente substituir tubulações, mas garantir que válvula, linha de descarga e destino final funcionem como um único sistema de proteção.

A SPPVG-A transforma esse diagnóstico em projeto técnico para implantação das adequações, permitindo que a proteção calculada para o vaso também exista, de fato, no arranjo físico da instalação.



TANQUE DE NEUTRALIZAÇÃO

Reduzindo o Impacto de Descargas Críticas

Em determinadas situações de sobrepressão, simplesmente direcionar uma grande descarga de amônia para a atmosfera pode transferir o problema para o entorno da instalação. Uma alternativa é conduzir essa descarga para um sistema capaz de reter grande parte da amônia antes que ela alcance o ambiente externo.

A elevada solubilidade da amônia permite utilizar uma solução líquida para promover sua absorção. No tanque de neutralização, a corrente proveniente das linhas de alívio é direcionada ao líquido, reduzindo significativamente a quantidade de amônia que permanece na fase gasosa.

O dimensionamento considera a vazão de descarga esperada em uma liberação provocada pela abertura das válvulas de alívio, o período de descarga a ser absorvido, o volume necessário de solução neutralizante e as características construtivas compatíveis com o fluido.

Um tanque dimensionado de forma inadequada pode transformar uma medida de mitigação em uma nova fonte de risco. Se o volume disponível, a capacidade de absorção, ou a ventilação do sistema não forem compatíveis com a vazão proveniente das válvulas de alívio, podem ocorrer transbordamento, elevação da contrapressão e liberação de amônia não absorvida ou da própria solução neutralizante contendo o contaminante. Como esses tanques são normalmente instalados próximos ao nível do solo, uma ocorrência desse tipo pode transferir a liberação justamente para uma região de circulação de pessoas e operação da planta, criando uma condição potencialmente mais crítica do que aquela que o sistema deveria mitigar.

Portanto, não se trata simplesmente de instalar um reservatório com solução neutralizante. O tanque precisa fazer parte de um conjunto projetado para receber grandes vazões de descarga sem criar uma nova condição de risco.



VENTILAÇÃO DA CASA DE MÁQUINAS

Renovação Contínua do Ar Para Uma Operação Mais Segura

Casas de máquinas concentram equipamentos, válvulas, conexões e diversos pontos potenciais de pequenas emissões de amônia. Mesmo sem a ocorrência de um vazamento de emergência, a renovação adequada do ar faz parte das condições necessárias para uma operação segura do ambiente.

O sistema de ventilação da casa de máquinas promove a circulação e renovação contínua do ar, reduzindo o acúmulo de odores e eventuais baixas concentrações de contaminantes e proporcionando melhores condições para operação, inspeção e manutenção dos equipamentos.

O dimensionamento não depende apenas do volume físico da sala. É necessário considerar seu arranjo construtivo, equipamentos instalados, entradas de ar, posições de captação e exaustão e a forma como o fluxo de ar atravessará efetivamente o ambiente. Uma grande vazão mal distribuída pode criar regiões com pouca renovação, enquanto um sistema corretamente projetado busca renovar o ar de maneira coerente com a geometria da instalação.

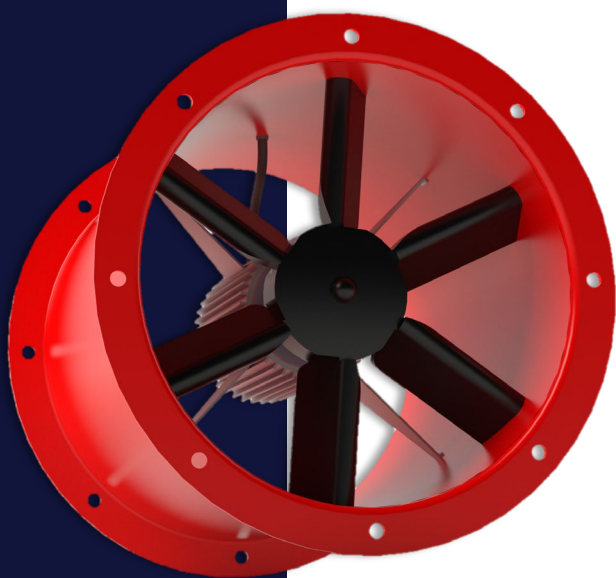
É importante distinguir essa função da ventilação de emergência:

VENTILAÇÃO CONTÍNUA

- Atua durante a operação normal;
- Promove renovação permanente do ar;
- Reduz o acúmulo de baixas concentrações de amônia e outros contaminantes.

VENTILAÇÃO DE EMERGÊNCIA

- Atua em situações anormais;
- Pode operar com vazão de ar significativamente maior;
- Busca remover rapidamente o ar contaminado.



VENTILAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Resposta Rápida para Eventos Severos Inesperados

Nem todo vazamento ocorre por uma válvula de alívio ou por uma descarga previamente direcionada. Falhas em componentes, acidentes durante manutenção, rompimentos, impactos ou erros operacionais podem provocar liberações rápidas e descontroladas de amônia dentro da casa de máquinas.

É para esses cenários que existe a ventilação de emergência.

Diferentemente da ventilação contínua, o sistema é concebido para movimentar uma vazão de ar significativamente maior, permitindo retirar rapidamente o ar contaminado do ambiente e conduzi-lo para uma região de controle. Seu acionamento é integrado à detecção de amônia e à lógica de emergência definida para cada instalação, permitindo que o sistema entre em operação quando as condições monitoradas atingirem os critérios estabelecidos em projeto.

Em uma falha envolvendo amônia líquida pressurizada, parte do fluido pode vaporizar imediatamente durante a descompressão, enquanto o líquido remanescente continua evaporando após atingir superfícies ou o piso. Sem uma remoção eficiente, a concentração interna pode aumentar rapidamente.

O dimensionamento da ventilação de emergência considera esse cenário de risco, a geometria do ambiente e as condições necessárias de exaustão e descarga. Dessa forma, a ventilação de emergência atua como uma camada de mitigação para liberações internas não controladas, reduzindo rapidamente a concentração de amônia na área afetada e conduzindo a corrente extraída para um ponto de descarga ou tratamento definido em projeto.



LAVADOR DE GASES

Tratamento da Corrente de Ar Contaminada Antes da Liberação

A ventilação de emergência resolve uma parte importante do problema: retira rapidamente o contaminante da casa de máquinas. Porém, surge uma nova questão: para onde direcionar uma grande corrente de ar contendo amônia?

Em instalações onde a descarga direta pode atingir áreas ocupadas ou regiões sensíveis no entorno, o sistema de ventilação de emergência pode ser integrado a um lavador de gases, permitindo tratar a corrente contaminada antes de sua liberação para a atmosfera.

No lavador de gases, a corrente de ar contaminada é conduzida através de uma região de intenso contato entre o ar contaminado e a solução de lavagem. O líquido é distribuído de forma a ampliar a superfície de contato com a corrente gasosa, favorecendo a dissolução da amônia contida no ar para a fase líquida, formando uma solução aquosa. À medida que a corrente de ar atravessa o equipamento, sua concentração de amônia é progressivamente reduzida antes da liberação do ar tratado para a atmosfera.

O sistema é dimensionado a partir da vazão de ar, concentração de contaminante, eficiência de remoção requerida e condições de operação.

O lavador não substitui a ventilação de emergência: ele complementa sua função. Enquanto a ventilação remove rapidamente o ar contaminado da área interna da casa de máquinas, o lavador reduz a concentração de amônia na corrente extraída antes de sua liberação ao ambiente externo.

Essa integração permite controlar não apenas o ambiente interno da casa de máquinas, mas também o impacto potencial da resposta sobre o restante da planta e sua vizinhança.



MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO

Da Análise Prévia à Inteligência em Tempo Real

O Estudo de Dispersão Atmosférica permite compreender antecipadamente como diferentes vazamentos podem se comportar. O monitoramento atmosférico leva essa inteligência para a operação diária da planta, transformando a SPPVG-A em um sistema permanente de acompanhamento das condições reais de dispersão.

A biruta eletrônica monitora continuamente a direção e a velocidade do vento e pode ser integrada a outros sensores meteorológicos. Diferentemente de uma biruta convencional, a informação deixa de depender apenas de uma observação visual pontual e passa a estar disponível eletronicamente para processamento e tomada de decisão.

Esses dados são integrados ao software **SOLVE Gas Dispersion**, que relaciona as condições meteorológicas atuais às características do possível ponto de liberação. Em uma emergência, o sistema pode fornecer uma representação operacional de para onde a nuvem tende a se deslocar, quais regiões podem ser atingidas e quais áreas exigem isolamento ou evacuação.

A arquitetura de comunicação pode ser definida conforme as características da planta, utilizando soluções cabeadas, LoRa/LoRaWAN, Wi-Fi, 4G ou combinações entre essas tecnologias.

É nessa etapa que o conceito de predição se torna dinâmico: o estudo fornece o conhecimento antecipado dos cenários e o monitoramento utiliza as condições reais daquele momento para apoiar a resposta.

Assim, uma decisão crítica deixa de depender exclusivamente de uma biruta de pano, percepção visual ou interpretação subjetiva do vento e passa a contar com uma referência objetiva, integrada ao cenário de dispersão da própria instalação.



Entre em Contato



+55 (43) 99114-0342



engenharia@engenhariasolve.com.br



www.engenhariasolve.com.br