

# A utilização da tecnologia de água atomizada (water mist) como agente extintor de incêndio em instalações offshore

## RESUMO

*Este trabalho descreve a tecnologia de aspersão de água atomizada (water mist) como meio de proteção contra incêndio e explosões em instalações offshore e avalia, criticamente, a escolha, as vantagens e desvantagens desse sistema. Os projetos de proteção contra incêndios em instalações marítimas estão baseados nas regulamentações internacionais básicas como as normas estabelecidas pelo IMO-SOLAS (International Maritime Organization-Safety of Life at Sea), os requisitos específicos preconizados pelas Sociedades Classificadoras e os padrões estabelecidos pela NFPA (National Fire Protection Association). Este sistema pode ser usado nos compartimentos das turbinas, turbo-compressores e outros equipamentos industriais onde há predominância de equipamentos elétricos. A aspersão com água atomizada pode reduzir a concentração de oxigênio na frente da chama e deixa o ambiente livre de partículas em suspensão, permitindo, assim, o dimensionamento e o acionamento desse sistema em ambientes com presença humana.*

Palavras-Chave: água atomizada, incêndio, instalações offshore, aspersão.

## 1. INTRODUÇÃO

A história do homem primitivo está marcada pelo fogo, elemento que foi indispensável à sua sobrevivência e ao seu progresso. Um dos grandes marcos da história da civilização humana foi o domínio do fogo pelo próprio homem. Da mesma forma, que o fogo tornou-se um gerador de energia e desenvolvimento industrial, contudo, também, transformou-se, quando fora de controle, num agente de grande poder destruidor: o incêndio.

Todo fogo “comum” (que não produz seu próprio suprimento de oxigênio), ocorre quando uma substância combustível, na presença do ar (oxigênio), é aquecida até chegar a uma temperatura definida, chamada temperatura de ignição da substância. O quadrilátero do fogo, apresentado, a seguir, na Figura 1, mostra que é constituído de quatro lados, o combustível, o comburente, o calor e as reações em cadeia, representando cada um dos componentes necessários para a permanência da combustão.



Figura 1 – O quadrilátero do fogo

A combustão continuará até que: a) o material combustível seja consumido ou removido; b) a concentração do agente oxidante seja reduzida abaixo da concentração necessária para ativar a combustão; c) o material combustível seja resfriado abaixo de sua temperatura de combustão ou: d) a reação em cadeia seja interrompida. Todos os métodos de prevenção, controle e extinção de incêndio baseiam-se em um ou vários desses princípios.

A mistura inflamável vapor/ar possui uma faixa ideal de concentração para se tornar inflamável ou explosiva. Os limites desta faixa são denominados Limite Inferior de Inflamabilidade (LII) e Limite Superior de Inflamabilidade (LSI), expressos em porcentagem ou volume. Fora desses limites a ignição não ocorre. Acima do LSI, a mistura é denominada “rica”, pois possui grande concentração de combustível e baixa concentração de oxigênio e abaixo do LII a mistura é denominada “pobre”. A Figura 2, a seguir, ilustra esses limites.

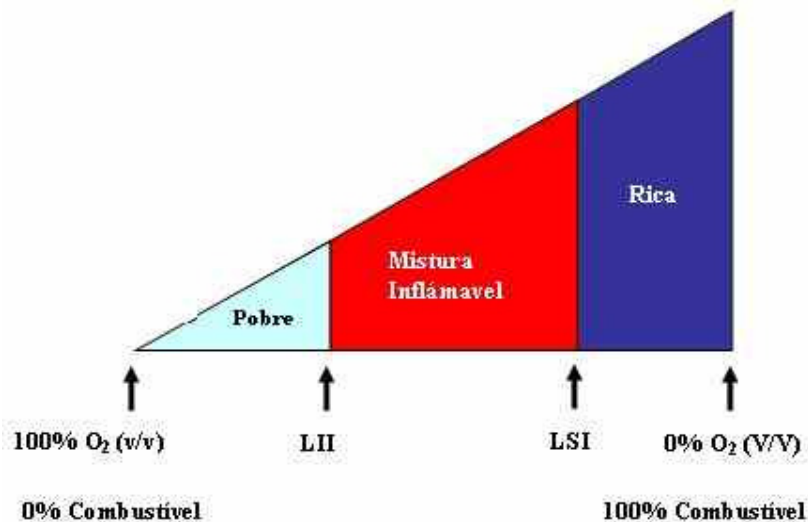


Figura 2 - Representação do Limite de Inflamabilidade

A classificação dos incêndios depende, fundamentalmente, do modo com é avaliada sua periculosidade. Segundo Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993) os incêndios podem ser classificados em quatro classes, em função do material combustível, a saber:

- **classe A:** fogo envolvendo materiais combustíveis sólidos tais como: madeiras, tecidos, papéis, borrachas, plásticos termoestáveis e outras fibras orgânicas que queimam em superfície e profundidade, deixando resíduos;
- **classe B:** fogo envolvendo líquidos e/ou gases inflamáveis e materiais combustíveis, plásticos e graxas, que se liquefazem por ação do calor e queimam somente em superfície;
- **classe C:** fogo envolvendo equipamentos e instalações elétricas energizados;
- **classe D:** fogo em metais combustíveis, tais como: magnésio, titânio, zircônio, sódio, potássio e lítio.

Os incêndios em relação à NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA, 2003) podem ser classificados em cinco classes, em função da natureza do incêndio e em função do material combustível:

- **classe A:** incêndio envolvendo materiais combustíveis sólidos, tais como: madeiras, tecidos, papéis, borrachas, plásticos e outras fibras orgânicas, que queimam em superfície e profundidade;
- **classe B:** incêndio envolvendo líquidos e/ou gases inflamáveis ou combustíveis, tais como: graxas, piches, tintas, solventes, álcoois, lacas, etc.;

- **classe C:** incêndio que envolve equipamentos e instalações elétricas energizados;
- **classe D:** incêndio em metais combustíveis e/ou pirofóricos, tais como: magnésio, titânio, zircônio, sódio, potássio, lítio, etc.;
- **classe K:** incêndio em equipamentos de cozinha ou similares que envolvem óleos vegetais e gorduras.

Os projetos de proteção contra incêndios em instalações marítimas, principalmente plataformas offshore, estão baseados nas regulamentações internacionais básicas como as normas estabelecidas pelo IMO-SOLAS (International Maritime Organization. Safety of Life at Sea), os requisitos específicos preconizados pelas Sociedades Classificadoras e os padrões estabelecidos pela NFPA (National Fire Protection Association).

Os projetos sistemas de proteção contra incêndios das instalações offshore, principalmente, plataformas de petróleo, atualmente, dependendo das condições, das leis ambientais e de segurança de cada país, estão baseados nas seguintes tecnologias: gás carbônico (CO<sub>2</sub>), agentes químicos gasosos (família de compostos orgânicos halogenados e similares), gases inertes (nitrogênio e gases nobres), particulados sólidos (aerossóis) e água atomizada (water mist).

O gás carbônico (CO<sub>2</sub>) tem sido utilizado na maioria dos projetos, pois, é incolor, inodoro e age no combate ao incêndio baseado na redução do teor de oxigênio presente no ar. Entretanto, tem sido desaconselhado em função do poder asfixiante quando a concentração é superior a 13 %, em volume. Além disso, trabalhos de pesquisa têm mostrado que certos teores de CO<sub>2</sub> no ar podem causar entorpecimento nas pessoas.

Os agentes químicos gasosos são misturas de substâncias químicas, não-asfixiantes, que agem no combate ao incêndio por inibição da reação química de combustão e por resfriamento, reduzindo, rapidamente, a temperatura em torno do foco do incêndio e removendo o calor da chama. Como exemplos são destacados os compostos orgânicos halogênicos (FE-13, FE-24, FE-36, FM-200, CEA-308, CEA-410, ECARO, NOVEC, TRIODIDE, HALOTRON) listados como agentes limpos pela NFPA (2001). Estes agentes são ecologicamente corretos, portanto, não possuem a capacidade de provocar danos à camada de ozônio definido como o potencial de depleção da camada de ozônio (ODE - Ozone-Depletion Potential).

Os gases inertes representados pelas formulações comerciais denominadas de INERGEN (52 % de nitrogênio, 40 % de argônio e 8 % de CO<sub>2</sub>), ARGONITE (50 % de nitrogênio, 50 % de argônio), ARGOTEC (100 % de argônio) e NN100 (100 % de nitrogênio). Essas misturas gasosas são naturais, não-tóxicas na concentração de extinção, não-condutores de eletricidade e não corrosivas. O mecanismo de combate ao incêndio está baseado na redução da concentração do oxigênio no ar. Além disso, não há registros de asfixia dos seres humanos quando comparado com os sistemas de prevenção de incêndio com base em CO<sub>2</sub> (NFPA, 2001).

Outra tecnologia disponível que pode ser usada no combate aos incêndios em instalações offshore é o sistema de geração de finas partículas sólidas (aerossóis). Este sistema é interessante quando comparado com o sistema de pó químico. O processo consiste, essencialmente, na geração de finas partículas sólidas e gás inerte. O mecanismo de extinção é baseado na combinação do resfriamento da chama e a vaporização das partículas de aerossol na frente da chama, reduzindo, conseqüentemente, a propagação do incêndio. Entretanto, existem questionamentos e dúvidas com relação aos efeitos colaterais da inalação das

partículas sólidas por trabalhadores durante as operações de combate ao incêndio. (UNEP, 1999).

A tecnologia de água atomizada de combate aos incêndios em instalações offshore, objeto desse artigo será descrita e discutida, a seguir.

## 2. A TECNOLOGIA DA ÁGUA ATOMIZADA (WATER MIST)

### 2.1. HISTÓRICO

Na década de 1950 (UNEP, 1999), cientistas confirmaram a melhor eficiência de absorção de calor da água atomizada em razão de uma quantidade de gotículas abrangerem uma área de cobertura maior. Como as gotas são muito pequenas, produzidas nos bicos aspersores, a precipitação é mais lenta, permanecendo assim, mais tempo em suspensão. O calor é absorvido por unidade de massa, fazendo com que as gotículas evaporem o que melhora a eficiência favorecendo, portanto, a supressão do incêndio.

Na década de 1980 ocorreram três eventos que motivaram o interesse pelo uso de água atomizada como agente de combate a incêndios, quais sejam:

- Resposta da indústria aeronáutica em razão do acidente ocorrido em 1984 com a companhia Manchester Airlines;
- Assinatura do Protocolo de Montreal em 1987, que proibia a fabricação e a comercialização das substâncias possíveis de degradar a camada de ozônio (Halons);
- Decisão da Internacional Maritime Organization (IMO) de requerer a instalação de sistema *sprinkler* em todos os navios existentes e nos mais novos com capacidade de transporte superior a 35 passageiros.

Em 1992, o IMO-SOLAS (International Maritime Organization-Safety of Life at Sea) emitiu a emenda 1 para a regulamentação do uso de hidrocarbonetos halogenados (SOLAS II-2/5 3.1), na qual, entre outras providências, foi estabelecido que as novas instalações com sistemas de hidrocarbonetos halogenados deveriam ser proibidas em todas as embarcações.

O Protocolo de Montreal (1993) propôs também a restrição do comércio de agentes extintores à base de compostos orgânicos halogenados, favorecendo, desta forma, o retorno da água como forte aliada à indústria de combate a incêndio (CLAPP & DAUVERGNE, 2005).

### 2.2. ASPECTOS DA TECNOLOGIA DE ATOMIZAÇÃO DA ÁGUA

O sistema de água atomizada é um meio de combate a incêndio que utiliza gotas de água com diâmetros menores que 1000  $\mu\text{m}$ . O uso de água atomizada para o controle eficiente de supressão ou extinção de incêndio, como incêndio em recintos fechados contendo hidrocarbonetos, requer volumes limitados de água, devido à grande área de atuação e o aumento de volume em razão da vaporização das gotas o que proporciona a absorção de calor. O volume reduzido de água é um fator positivo em relação ao sistema de *splinkers* ou de dilúvio, devido ao reduzido dano causado pela água.

Água tem propriedades físicas favoráveis para extinção de incêndio, sua alta capacidade calorífica e o alto calor latente de vaporização podem absorver significativa quantidade de calor da chama combustível. A água, além disso, multiplica de volume 1640 vezes quando evapora, resultando na redução do oxigênio e vapores combustíveis na circunvizinhança da chama e dos combustíveis. Com a formação de pequenas gotas, a

eficiência da água aumenta na extinção do incêndio, devido o aumento significativo da área de sua superfície coberta pela água, que está disponível para absorção de calor e evaporação.

Segundo PIETRZK & BALL (1983), quando a água é aspergida no compartimento, nem todas as gotas formadas estarão envolvidas diretamente no processo de extinção do incêndio, ou seja, estão distribuídas com base no seguinte mecanismo:

- Gotas que são pulverizadas antes de alcançar o incêndio;
- Gotas que penetram na chama ou alcançam as superfícies em combustão sob as chamas, inibindo assim, a pirólise, resultando a vaporização e conseqüentemente a redução da concentração de oxigênio;
- Gotas que incidem contra as paredes, piso e forro do compartimento caso estejam quentes, resultando no seu resfriamento, reduzindo a temperatura do ambiente;
- Gotas que originam vapor, criando uma convecção no compartimento e contribuindo para o resfriamento das chamas do incêndio, dos gases quentes, do compartimento e de outras superfícies;
- Gotas que molham os combustíveis em áreas adjacentes, prevenindo a expansão do incêndio.

Com base nas pesquisas desenvolvidas por BRAIDECHE & RASBASH (1957), DRYSDALE (1985), RAVIGURURAJAN & BELTRON (1989), WIGHUS (1990), SUH & ATREYA (1995) e MAWHINNEY (1995) os mecanismos de extinção de incêndio com água atomizada podem ser classificados em: primários e secundários.

Os mecanismos primários podem ser classificados em resfriamento, deslocamento do oxigênio presente no ar e diluição do vapor combustível:

- O resfriamento pode ocorrer sob duas formas: o resfriamento da chama e o resfriamento da superfície dos combustíveis. O resfriamento da chama por água atomizada é atribuído, primeiramente, à conversão da água em vapor que ocorre quando altas quantidades de gotículas de água entram em contato com a chama e se vaporizam rapidamente. O resfriamento do combustível é feito principalmente pela convecção do vapor de água. As gotas alcançam regiões onde não houve combustão; portanto, a água atomizada pode ser aplicada para o resfriamento tanto da chama e como a superfície da região entre a superfície dos combustíveis e a chama.
- O deslocamento do oxigênio presente no ar pode acontecer no compartimento confinado ou em local aberto. Quando a névoa de água entra em contato com a chama, há formação de vapor, e a água vaporiza, expandindo em cerca de 1640 vezes seu volume líquido inicial. A expansão volumétrica da água vaporizando rompe a mistura do ar (oxigênio) na chama, diluindo a concentração de oxigênio no vapor combustível e conseqüentemente reduzindo a combustão. O impacto de diluição de oxigênio por névoa de água na extinção de fogo é dependente das propriedades do combustível. Isto porque, a quantidade mínima de oxigênio livre requerida para sustentar a combustão varia com o tipo de combustível. Para a maioria dos combustíveis oriundos de hidrocarbonetos, a

concentração crítica de oxigênio para manter a combustão é de aproximadamente 13%.

- A diluição do vapor combustível ocorre quando as gotículas de água sob a forma de vapor competem com a vaporização do combustível. Desta forma, o vapor do combustível é diluído abaixo do limite inferior de inflamabilidade da mistura ar/combustível ou quando a concentração de oxigênio necessário para sustentar a combustão está reduzida abaixo de um nível crítico, o incêndio será extinto.

Os mecanismos secundários podem ser classificados em: atenuação de radiação e efeitos cinéticos:

- A atenuação do calor ocorre quando o vapor de água em suspensão sobre superfície de combustível atua como absorvedor da energia radiante, ou seja, bloqueando o calor radiante pela névoa, o fogo diminui de intensidade e há a redução da vaporização ou da taxa de pirólise sobre o combustível. A atenuação da radiação depende do diâmetro e da densidade da gota. Um dado volume de água criará uma barreira mais eficiente contra radiação, se é composta de gotículas em névoa densa, em comparação com gotas grandes. O comprimento de onda da radiação é também importante na determinação da atenuação da radiação da névoa. A absorção da radiação será maior se os diâmetros das gotas estiverem mais próximos do comprimento da onda de radiação.
- O efeito cinético da água atomizada na chama pode gerar um acréscimo do incêndio. Tal efeito ocorre com a colisão da superfície da chama com a névoa, aumentando, conseqüentemente, a taxa entre o oxigênio e o combustível. A adição de vapor de água na mistura ar/combustível poderá fazer com que haja aumento da temperatura da chama ou até a redução formando CO (monóxido de carbono) e produção da fuligem (partículas de carbono). Estes efeitos estão associados às variações de temperatura nas reações químicas no interior da chama.

### **2.3. - FATORES QUE AFETAM O DESEMPENHO DE ÁGUA ATOMIZADA**

A redução ou a extinção do incêndio por água atomizada depende de vários fatores, tais como: as características da névoa de água, o tipo de aspersores, a dinâmica da mistura criada pela descarga da névoa, a qualidade da água e a adição de aditivos, o cenário do incêndio, a geometria do ambiente, as condições de ventilação, o efeito de confinamento, entre outros.

#### **2.3.1 Características da névoa de água**

Segundo RASBASH (1996), a eficácia da extinção com sistema de água atomizada esta relacionada diretamente com as características da pulverização produzida pelos bicos aspersores. Os principais parâmetros são: o tamanho da gota pulverizada, densidade do fluxo e o momento da pulverização.

A gota se classifica conforme o seu tamanho depois de realizado o teste de pulverização ou nuvem de névoa em locais específicos. A NFPA 750 (2003) classifica o

sistema de água atomizada, de acordo com o tamanho das gotas em: grossas e finas com diâmetros inferiores a 1000  $\mu\text{m}$ :

- **Classe 1:** sistema que tem 90% do volume da névoa ( $D_{v\ 0,9}$ ) com diâmetro igual ou menor que 200  $\mu\text{m}$ ;
- **Classe 2:** sistema que tem 90% do volume da névoa ( $D_{v\ 0,9}$ ) com diâmetro entre 200  $\mu\text{m}$  a 400  $\mu\text{m}$ ;
- **Classe 3:** sistema que tem 90% do volume da névoa ( $D_{v\ 0,9}$ ) com diâmetro entre 400  $\mu\text{m}$  a 1000  $\mu\text{m}$ .

Segundo WIGHUS (2007), teoricamente, as gotas de pequeno diâmetro são mais eficazes do que às gotas de grandes diâmetros na extinção do incêndio, considerando, que as gotas menores formam uma área maior de cobertura na superfície do combustível durante a queima, facilitando, assim, a evaporação e a remoção de calor. Além disso, as gotas menores ficam maior tempo em suspensão possibilitando serem levadas pela corrente de ar para locais mais distantes e partes obstruídas no ambiente confinado. Porém, por serem muito pequenas, elas têm dificuldade de penetrar na pluma do incêndio e alcançar a superfície do combustível devido à dificuldade de penetração e o efeito hidrodinâmico da pluma do fogo. Conseqüentemente, é necessário mais energia para produzir pequenas gotas e transportá-las para o incêndio.

As grandes gotas penetram na pluma do incêndio facilmente e vaporizam no seu interior, resfriando e umedecendo a chama e o combustível; porém, as gotas grandes têm áreas totais menores de superfície disponível para remoção de calor e evaporação. Quando o tamanho da gota é aumentado, sua eficácia de suprir e abafar o incêndio são reduzidos. Gotas grandes com altas velocidades podem causar lançamento de combustíveis para o ar quando incidem nos combustíveis líquidos, provocando o aumento do incêndio.

### 2.3.2. Tipos e características dos aspersores de água

Os bicos aspersores são estruturas de aço inoxidável ou bronze, tendo a sua parte inferior, geralmente, uma rosca que é enroscada na tubulação conforme mostram as figuras 3 e 4, a seguir.

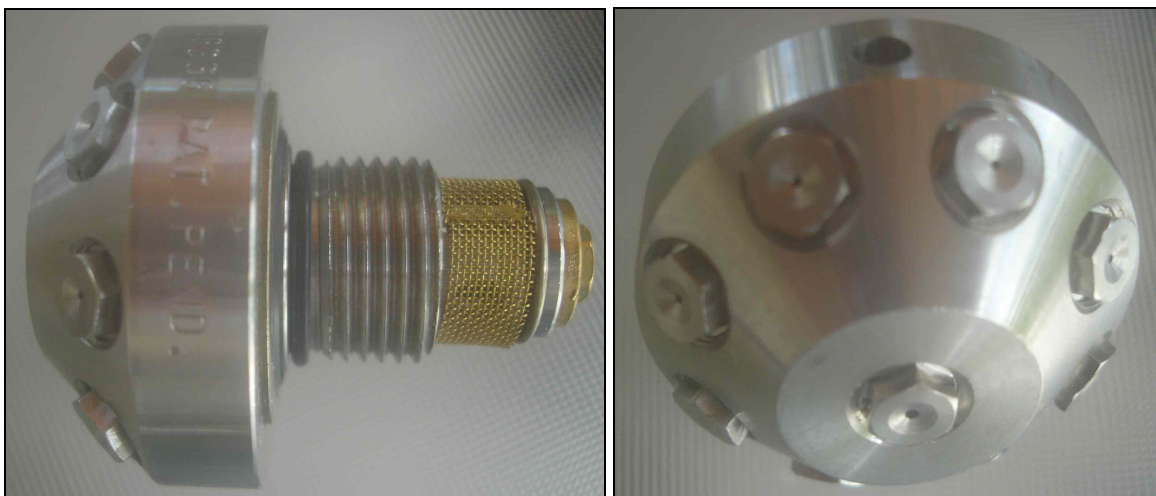


Figura 3 e 4 – Bicos aspersores de água

Um outro tipo de bico empregado no processo de água atomizada é o fechado que utiliza uma ampola de “Quartzoid” (figura 5) que está hermeticamente fechada e selada e

contem um líquido altamente expansível, capaz de exercer uma força de rompimento muito elevada. No caso da temperatura se elevar acima de um limite pré-determinado, a pressão criada pela expansão do líquido rompe a ampola dando saída à água, a qual se espalha, então em um conjunto sólido de água com o diâmetro definido, choca-se contra o defletor e é aspergida em forma de chuva ou névoa a sobre o foco do incêndio.

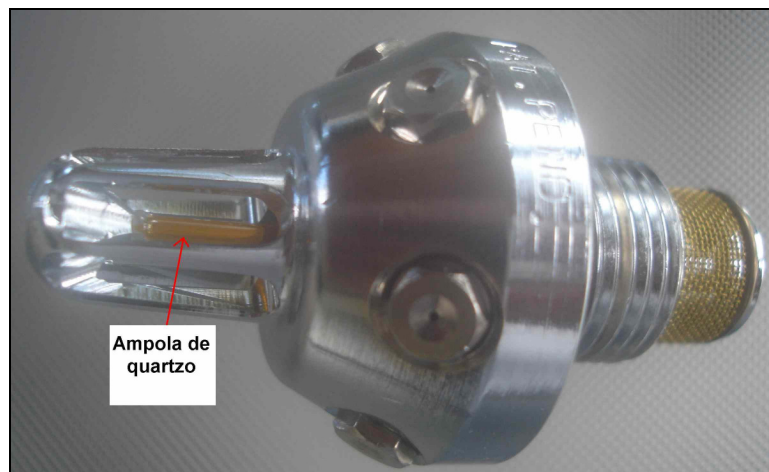


Figura 5 – Bico aspersor que utiliza ampola de quartzo

No centro da rosca, existe um orifício que poder ser conservado fechado ou não. Na parte superior normalmente saem dois ou mais braços que se unem na parte inferior por meio de uma chapa cortada (defletor), que tem a função de espalhar, em forma de chuva, a água que sai em alta velocidade e colide com o defletor (figura 6). O diâmetro do orifício, pressão de operação e a velocidade de jato determinam o tamanho de gotas (figura 7).

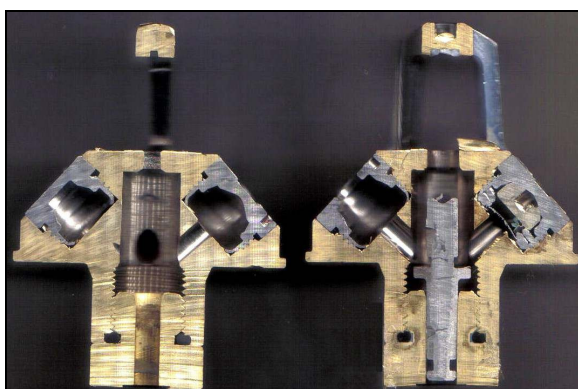


Figura 6 – Corte de um aspersor

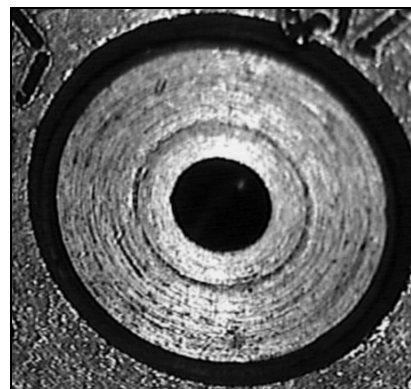


Figura 7 – Detalhe de um orifício

Os incêndios do tipo Classe A requerem bicos aspersores que geram gotículas de maior diâmetro para a sua extinção.. Estes demonstraram melhor desempenho quando usado em camarote e áreas comuns em navios e em edifícios residências, (BILL, 1996; THOMAS, 2000).

O projeto do bico é complexo com alto grau de precisão e o seu custo de fabricação é relativamente caro em relação aos bicos aspersores de dilúvio. Nos bicos com bulbo há uma limitação do momento de penetração axial da névoa. Como o jato de água é quebrado no defletor, a velocidade da névoa é enormemente reduzida, fazendo com que a pressão no bico



caia. Os braços do defletor também são causadores de uma distribuição irregular do fluxo além do defletor.

### **2.3.3. Dinâmica da mistura criada pela descarga da névoa**

Durante a descarga de água atomizada pelos bicos aspersores há uma intensa interação da névoa de água atomizada que ao penetrar nos vapores envolvidos, desloca os produtos gerados pela combustão e o vapor de água que estão localizados na parte superior mais quente do ambiente para a parte inferior do ambiente. Esta mistura dinâmica criada pela descarga de água atomizada reduz a concentração de oxigênio na parte baixa do ambiente e aumenta a condução do calor na mistura, vapor de água, vapores quentes, névoa e fuligem, resultando na elevação da capacidade extintora da mistura. As concentrações dos vapores (ar, CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, etc.) e a temperatura no interior do ambiente tendem a uniformizarem após de descarga da água atomizada.

### **2.3.4. Efeito do confinamento**

Quando ocorre um incêndio em um ambiente confinado, o ambiente fica aquecido e a concentração de oxigênio no interior do ambiente se reduz gradativamente, além disso, os vapores quentes do incêndio tendem a se concentrarem na parte superior do teto. Ocorrendo a descarga de água atomizada no teto, de cima para baixo, uma grande quantidade de gotas de água é convertida em vapor deslocando o oxigênio e os vapores do combustível ao redor do incêndio (DI, 2005).

Com o efeito do confinamento é esperada até mesmo a extinção de fogo obstruído com névoa de baixo impulso em ambientes com grande obstrução. A densidade de fluxo requerida para a extinção pode ser 10 vezes menor do que a requerida em ambientes abertos e bem ventilados com incêndio (WIGHUS, 1990).

### **2.3.5. A qualidade da água e a adição de aditivos**

É importante que a água utilizada nesse sistema seja livre de impurezas que não venham causar corrosão ou incrustações nos equipamentos usados neste sistema. É importante que seja feito o condicionamento da água, de tal forma, que os aditivos usados sejam não tóxicos e, portanto compatíveis com as normas ambientais e de saúde pública.

## **2.4. GERAÇÃO DA ÁGUA ATOMIZADA**

Em geral, os sistemas geradores de água atomizada podem ser divididos em três categorias básicas de mecanismo atomizadores em função da pressão de operação para produzir gotículas e utilizam: único fluido ou dois fluidos. Qualquer outro sistema é a combinação destes tipos básicos.

Os três tipos de pressão de operação de bicos aspersores podem produzir características diferentes de névoa. A NFPA 750 (2003) define as três faixas de pressão para gerar água atomizada: baixa, média e alta pressão. Sistema de baixa pressão opera com pressões de até 12.1 bar (175 psi), sistemas de média pressão operam com pressões maiores de 12,0 bar (175 psi) e menores de 34.5 bar (500 psi), já os sistemas de alta pressão operam com pressões maiores que 34.5 bar (500 psi).

A figura 8, a seguir, apresenta um esquema de um gerador de água atomizada que utiliza fluido simples.

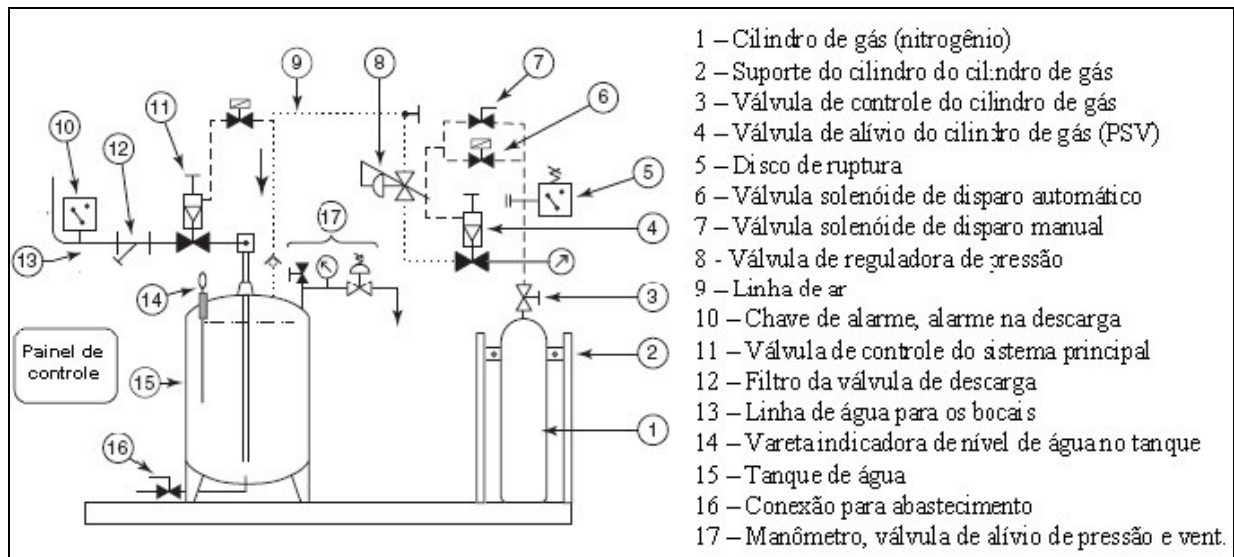


Figura 8 – Esquema e componentes de um sistema de water mist de fluido simples

### 3 – CONSIDERAÇÕES SOBRE O SISTEMA

A seguir, com base na literatura e nos diversos sistemas de água atomizada instalados pode-se indicar pontos positivos e limitações.

#### 3.1. ASPECTOS POSITIVOS

Os principais pontos positivos destacados são:

- Seguro para pessoas e para o meio ambiente;
- Adequado para uso em compartimentos de fechados;
- Fornecido como uma unidade autônoma e compacta, montada sobre “skid”;
- Requer uma quantidade reduzida de água para o combate a incêndio;
- Não requer cuidados especiais com a estanqueidade do compartimento. O sistema consegue ser eficaz, inclusive, quando aplicado em ambientes com as portas mantidas parcialmente abertas;
- Menor área utilizada;
- Alternativa custo/eficiência comparada aos métodos tradicionais de combate a incêndio.

#### 3.2. LIMITAÇÕES:

Embora o sistema de aspersão de água atomizada ofereça excelente controle do incêndio, nem sempre garante sua extinção. Pequenos e obstruídos focos de incêndio podem requerer uma intervenção da brigada de incêndio de modo a atingir a completa extinção.

O desempenho de um sistema de aspersão de água atomizada é extremamente dependente da sua capacidade de gerar gotas suficientemente pequenas e distribuí-las em quantidade adequada por todo o compartimento. Isto depende de tamanho e da velocidade da gota, distribuição e padrão geométrico do cone de aspersão, quantidade de movimento e

características de mistura do jato de aspersão, bem como da geometria e de outras características do equipamento que se quer proteger.

Daí, a taxa de aplicação requerida variar em função do fabricante para uma mesma finalidade. Portanto, o sistema de aspersão de água atomizada tem que ser avaliado no contexto de um sistema e não apenas como um agente extintor.

Por não se tratar de um agente gasoso, o sistema deixa uma pequena quantidade de água residual no ambiente protegido, após a sua atuação. Isto pode representar um problema em aplicações contendo dispositivos sensíveis ao contato com água e alta umidade (por exemplo: componentes elétricos e eletrônicos).

#### **4. CONCLUSÕES**

O sistema fixo de combate a incêndio utilizando agentes limpos ou gases inertes, são sistemas confiáveis e seguro, desde que sejam projetados, instalados e mantidos conforme a regulamentação em vigor. Contudo, deve-se considerar a elevada taxa de falhas reportadas para estes sistemas que utilizam agentes gasosos, bem como, a possibilidade de um disparo acidental e o risco que isso pode representar para as pessoas.

Por outro lado, o sistema de aspersão de água atomizada, já regulamentado, sem restrições ambientais nem fisiológicas e por não requerer cuidados especiais com a estanqüidade do compartimento, apresenta-se hoje como excelente opção para proteção de ambientes navais, em razão dos altos custos operacionais praticados para a manutenção dos agentes gasosos.

Avaliações técnicas devem ser realizadas por especialistas, devido a complexidades de cada projeto, ressaltando que cada sistema é único e antes de ser instalado dever ser testado e aprovado por um órgão certificador, com o objetivo de garantir o desempenho requerido pela legislação.

#### **5. REFERÊNCIAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT, NBR 12693: Sistemas de proteção por extintores de incêndio, 2003.

BRAIDECHE, M. M. et al. The Mechanisms of Extinguishment of Fire by Finely Divided Water, Underwriters Laboratories Inc. for the National Board of Fire Underwriters, NY, 1955, p. 73.

BILL, R. G. ,Water Mist in Residential Occupancies. Technical Report, Factory Mutual Research Corporation, março. 1996

CLAPP, J. & DAUVERGNE, P. Paths to a Green World, Cambridge, MA: MIT Press, 2005.

DI, Wu. Atomization Model Development for Fire Suppression Devices. Dissertação do College Park. Universidad de Maryland. Dezembro. 2005

DRYSDALE, D. An Introduction to Fire Dynamics, John Wiley and Sons, NY, 1985

I.P.F., “Water Mist for the Protection of Shipboard Machinery Spaces. Somerset”, England, nº. 7, AGOSTO: 2001.

MAWHINNEY, J.R., Water Mist Fire Suppression Systems: Principles and Limitations International Conference on Fire Protection in the HVDC Industry, Vancouver, Canada, 1995.

- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, NFPA 750, Standard on Water Mist Fire Protection Systems, 2000
- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, NFPA, Standard for Clean Agent Fire Extinguishing Systems, 2001
- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, NFPA. Fire Protection Handbook, Nineteenth Edition Vol. I e II, 2003.
- PIETRZK, L. M.; BALL, J. A. A Physically Based Fire Suppression Computer Simulation—Definition, Feasibility Assessment, Development Plan, and Applications, Mission Research Corporation, MRC-R-732, April 1983.
- RASBASH, D. J, Extinction of Fire with Plain Water: A Review, Proceedings of the First proceedings of Fourth International Symposium, 1996, pp.425-434.
- RAVIGURURAJAN, T. S.; BELTRON, M. R., A Model for Attenuation of Fire Radiation through Water Droplets, Fire Safety Journal, Vol. 15, 1989, pp. 171-181.
- THOMAS, G. O., On the Conditions Required For Explosion Mitigation By Water Sprays, Departamento de Física. Universidade de Wales. Caerdydd. 2000.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM, UNEP, Assessment Report of the Halons Technical Options Committee, Nairobi, March, 1999.
- WIGHUS, R. R., "Active Fire Protection: Extinguishment of Enclosed Gas Fires with Water Sprays", SINTEF, Norwegian Fire Research Laboratory, Trondheim, 1990.
- WIGHUS, R. R., Fine Water Spray Systems Extinguishing test in medium and full scale turbine hood, SINTEF, Tiller, 2007.