

**XV Seminário Nacional de Bombeiros - SENABOM
Goiania, Brasil, 2016**

**ROTEIRO PARA ANÁLISE DO SISTEMA PREVENTIVO FIXO DE COMBATE A INCÊNDIO EM
TANQUES VERTICAIS CONTENDO LÍQUIDOS COMBUSTÍVEIS E INFLAMÁVEIS**

Wiliam Alves Diniz Júnior

Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás
wiliamadj@gmail.com

Resumo: Devido à extensa normatização de proteção contra incêndio, verifica-se uma carência de materiais didáticos para instruções específicas do assunto. Assim, este artigo apresenta um roteiro para análise do sistema preventivo fixo de tanques verticais aéreos contendo líquidos combustíveis e inflamáveis.

Palavras-chave: projeto, incêndio, líquido inflamável.

I INTRODUÇÃO

Atualmente o Estado de Goiás possui 43 (quarenta e três) normas técnicas de segurança contra incêndio e pânico. Devido a esta quantidade significativa de normas técnicas, aliada à recente atualização no ano de 2014, nota-se a necessidade de materiais didáticos padronizados para o ensino da legislação de prevenção contra incêndio e pânico.

Uma das estratégias para proporcionar a aprendizagem significativa é a sequência didática, definida como um conjunto de atividades concebidas e organizadas de tal forma que cada etapa está interligada à outra. A sequência didática tem como objetivo ensinar um determinado conteúdo, começando por uma atividade simples até chegar às operações mais complexas (Cerqueira, 2013).

Neste artigo será apresentado um roteiro como sequência didática em 05 (cinco) passos para análise e dimensionamento do sistema preventivo fixo de combate a incêndio em tanques verticais aéreos contendo líquidos combustíveis e inflamáveis.

No estado de Goiás, a referência normativa para dimensionamento do sistema de proteção contra incêndio em tanques contendo líquidos combustíveis e inflamáveis é a Norma Técnica nº 25/2014: Segurança contra incêndio para líquidos combustíveis e inflamáveis, a qual tem como objetivo estabelecer os requisitos mínimos necessários para a elaboração de projeto e dimensionamento das medidas de segurança contra incêndio, exigidas para instalações de produção, armazenamento, manipulação e distribuição de líquidos combustíveis e inflamáveis.

Duas premissas devem ser consideradas para estabelecer o cenário e dimensionar os sistemas de

combate a incêndio em tanques contendo líquidos combustíveis e inflamáveis (NT-25, 2014):

- Dimensionamento pelo maior risco;
- Não simultaneidade de eventos.

Os objetivos principais dos sistemas são conter o líquido extravasado, resfriar o tanque em chamas para prevenir um *boil over*, resfriar os tanques vizinhos a fim de evitar que esses entrem em combustão por irradiação e combater o incêndio no tanque em chama. O *Boil Over*¹ é um acidente que pode ocorrer com certos óleos em um tanque após um longo período de queima serena, quando ocorre um súbito aumento na intensidade do fogo, associado à expulsão do óleo no tanque em chamas (CMTB-43, 2006).

II OBJETIVO

Apresentar, através de um exemplo prático, um roteiro didático para a análise e dimensionamento do sistema preventivo fixo nos projetos técnicos de incêndio em tanques verticais aéreos contendo líquidos combustíveis e inflamáveis.

III DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

Para estabelecer o roteiro tomemos um exemplo trivial de três tanques T_1 , T_2 , e T_3 todos contendo líquido combustível classe III-A, com raios r_1 , r_2 e r_3 de 25,00 m, 20,00 m e 15,00 m, e alturas H_1 , H_2 e H_3 de 15,00 m, 12,00 m e 10,00 m, respectivamente, com bases enterradas, sem diques intermediários e estando todos em uma mesma bacia de contenção com base retangular, tendo os lados L_1 e L_2 de 115,00 m e 143,00 m, feita em dique de terra com altura de 2,50 m (figuras 1 e 2).

¹ O *Boil Over* também pode ocorrer quando se joga água e/ou espuma em líquidos de

**XV Seminário Nacional de Bombeiros - SENABOM
Goiania, Brasil, 2016**

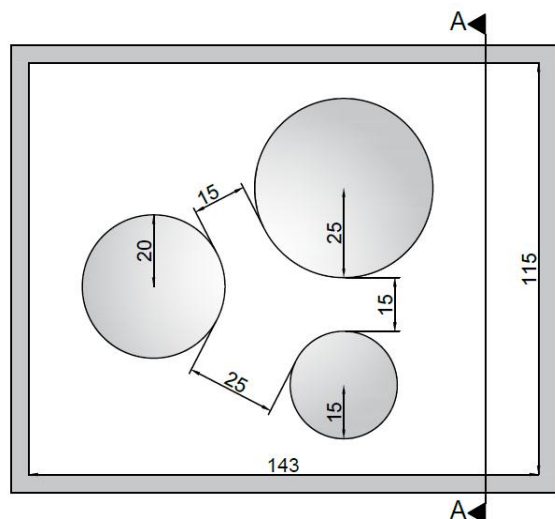


Figura 1 - Planta baixa de um parque de tanques verticais não isolados na mesma bacia de contenção.

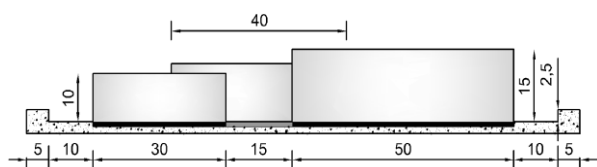


Figura 2 - Corte AA da figura 1.

Para facilitar o entendimento do roteiro foi adotada a notação principal conforme tabela abaixo:

Tabela 1: Notação adotada

Símbolo	Descrição
V_B	Volume da Bacia de Contenção
V_T	Volume do maior tanque
V_D	Volume deslocado
h'	Altura teórica da bacia de contenção
h	Altura exigida para bacia de contenção
A_c	Área do costado do tanque
φ	Vazão de resfriamento
V_r	Volume de água para resfriamento
TA	Taxa de aplicação de solução de espuma
A_t	Área do teto do tanque
θ	Vazão de solução de espuma
V_e	Volume de solução de espuma
V_a	Volume de água para solução de espuma
V_{LGE}	Volume de LGE
V_{ri}	Volume da reserva de incêndio
Φ	Vazão total do sistema hidráulico

O primeiro passo é conferir se a bacia de contenção teve seu volume V_B dimensionado corretamente. A contenção deve suportar o volume do maior tanque, mais o deslocamento de sua base, mais os volumes deslocados dos demais tanques e

suas bases, e o volume deslocado pelos diques intermediários (NT-25, 2014).

$$V_B = \text{vol}(\text{maior tanque}) + \text{vol}(\text{deslocado pela base do maior tanque}) + \text{vol}(\text{deslocado pelos demais tanques}) + \text{vol}(\text{deslocado pelas bases dos demais tanques}) + \text{vol}(\text{deslocado pelos diques intermediários}).$$

Para isso, deve-se calcular inicialmente a altura teórica h' do dique a qual deve comportar o volume do maior tanque V_{T1} mais os volumes V_{D2} e V_{D3} deslocados pelos demais tanques, acrescentando 20 cm para movimentação do líquido e outros 20 cm para acomodação do terreno, obtendo assim a altura exigida h para dique (NT-25, 2014). Logo,

$$V_B = V_{T1} + V_{D2} + V_{D3}$$

$$L_1 \cdot L_2 \cdot h' = \pi \cdot r_1^2 \cdot H_1 + \pi \cdot r_2^2 \cdot h' + \pi r_3^2 \cdot h'$$

$$14.482,50h' = 29.437,50$$

$$h' = 2,04 \text{ m} \rightarrow h = 2,04 + 0,20 + 0,20 = 2,44 \text{ m}.$$

Portanto, a bacia de contenção está dimensionada adequadamente, com altura superior a mínima exigida na norma. Cabe salientar que distância entre os costados dos tanques deve obedecer ao previsto na tabela A-7 da NT-25 para que os mesmos sejam analisados de forma individual.

O segundo passo é conferir o dimensionamento do sistema de resfriamento. Para isso devemos considerar o maior risco, onde deverá ser resfriado o tanque em chamas e os tanques vizinhos². Assim, o tanque em chamas será T_1 , pois possui o maior raio. A vazão de resfriamento φ_1 para T_1 será de 2L/min/m² da área A_{c1} do costado do tanque T_1 (NT-25, 2014). Assim,

$$A_{c1} = 2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot H_1 = 2.355,00 \text{ m}^2$$

$$\varphi_1 = 2 \times 2.355,00 = 4.710,00 \text{ L/min}.$$

Para o resfriamento dos tanques T_2 e T_3 , com base nas tabelas 10, 11 e 12 da NT-25, deverão ser utilizados aspersores com vazão φ_2 de 2L/min/m² do somatório das áreas A_{c2} e A_{c3} dos costados dos tanques vizinhos. Logo,

$$A_{c2} + A_{c3} = 2 \cdot \pi \cdot r_2 \cdot H_2 + 2 \cdot \pi \cdot r_3 \cdot H_3 = 2.449,20 \text{ m}^2$$

$$\varphi_2 = 2 \times 2.449,20 = 4.898,40 \text{ L/min}.$$

Como a vazão de resfriamento φ do sistema é igual a soma de φ_1 e φ_2 temos que:

² Conforme NT-25, quando o tanque considerado em chamas for vertical e a distância entre seu costado e o costado do tanque vizinho for menor que 1,5 vez o diâmetro do tanque em chamas ou 15 m (o que for maior), esse deverá ser resfriado.

XV Seminário Nacional de Bombeiros - SENABOM Goiania, Brasil, 2016

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$$

$$\varphi = 4.710,00 + 4.898,40 = 9.608,40 \text{ L/min.}$$

Finalmente, deve-se determinar o volume de água V_r da reserva de resfriamento, considerando o tempo mínimo exigido na tabela 13 da NT-25, neste caso 360 min.

$$V_r = \varphi \cdot t, \text{ com } t = 360 \text{ min}$$

$$V_r = 9.608,40 \times 360 = 3.459.024 \text{ L} = 3.459,02 \text{ m}^3.$$

O terceiro passo é conferir o sistema de proteção por espuma. Sabemos que o tanque T_1 possui volume igual a $29.437,50 \text{ m}^3$ e pelas dimensões do diâmetro e altura, conforme as tabelas 3, 4 e 6 da NT-25, o sistema de aplicação de espumas deve ser feito por câmaras de espuma, sendo necessárias no mínimo 05 (cinco). A taxa TA de aplicação da solução, se forem utilizadas câmaras de espuma com defletor Tipo II, será de $4,1 \text{ L/min/m}^2$ da área da superfície líquida, que neste caso é igual a área A_t do teto do tanque, por um período mínimo de 25 minutos.

Assim, a vazão θ_T de solução de espuma que deve ser aplicada no tanque em chamas é:

$$\theta_T = TA \cdot A_t$$

$$A_t = \pi \cdot r_1^2 = 1.962,50 \text{ m}^2$$

$$\theta_T = 4,1 \cdot A_t = 8.046,25 \text{ L/min.}$$

O volume V_{et} de solução de espuma necessário para o combate as chamas no tanque é igual ao produto da vazão de solução θ_T pelo tempo t mínimo previsto de 25 min. Assim, temos que:

$$V_{et} = \theta_T \cdot t$$

$$V_{et} = 8.046,25 \times 25 = 201.156,25 \text{ litros de solução.}$$

A concentração do Líquido Gerador de Espuma - LGE depende da especificação do fabricante. Contudo, para este exemplo pode-se considerar a concentração usual de 3% para hidrocarbonetos (CMTB-43, 2006).

Assim, o volume V_{at} de água e o volume V_{LGE} de LGE presentes na solução calculada são de:

$$V_{at} = 0,97 \cdot V_{et} = 195.121,56 \text{ L} \sim 195,12 \text{ m}^3 \text{ de água}$$

$$V_{LGEt} = 0,03 \cdot V_{et} = 6.034,70 \text{ litros de LGE.}$$

Para a proteção suplementar da bacia de contenção, conforme as tabelas 8 e 9 da NT-25, serão necessárias no mínimo 03(três) linhas manuais com vazão de 200 L/min de solução durante 30 minutos. Portanto, a vazão θ_b de solução de espuma, o volume

V_{eb} de solução para atender a bacia de contenção, bem como os volumes V_{ab} de água e V_{LGEb} de LGE são:

$$\theta_b = 3 \times 200 = 600 \text{ L/min}$$

$$V_{eb} = 3 \times 200 \times 30 = 18.000 \text{ L} = 18,00 \text{ m}^3 \text{ de solução}$$

$$V_{ab} = 0,97 \cdot V_{eb} = 17.460,00 \text{ L} \sim 17,46 \text{ m}^3 \text{ de água}$$

$$V_{LGEb} = 0,03 \cdot V_{eb} = 540,00 \text{ litros de LGE.}$$

Considerando que o volume V_{etb} de solução de espuma para enchimento das tubulações seja de 2.500 L, temos que os volumes V_{atb} de água e V_{LGEtb} de LGE presentes na solução são:

$$V_{etb} = 2.500 \text{ L}$$

$$V_{atb} = 0,97 \cdot V_{etb} = 2.425,00 \text{ L} \sim 2,43 \text{ m}^3 \text{ de água}$$

$$V_{LGEtb} = 0,03 \cdot V_{etb} = 75,00 \text{ litros de LGE.}$$

Portanto, os volumes totais V_{ae} de água e V_{LGE} de LGE necessários para o sistema de espuma são:

$$V_{ae} = V_{at} + V_{ab} + V_{atb} = 195,12 + 17,46 + 2,43 = 215,01 \text{ m}^3 \text{ de água}$$

$$V_{LGE} = V_{LGEt} + V_{LGEb} + V_{LGEtb} = 6.034,70 + 540,00 + 75,00 = 6.649,70 \text{ litros de LGE.}$$

O quarto passo é conferir a reserva de incêndio. O dimensionamento da reserva de incêndio deve ser baseado no cenário que apresente a maior demanda de água para a soma das seguintes exigências (NT-25, 2014):

Volume de água requerido para resfriamento do tanque em chamas;

Volume de água requerido para resfriamento dos tanques vizinhos;

Volume de água requerido para combate a incêndio com espuma no tanque em chamas;

Volume de água requerido para as linhas suplementares de espuma.

Assim, o dimensionamento do volume V_{ri} da reserva de incêndio é um processo bem simples, pois se resume em somar o volume V_r de água necessário para o sistema de resfriamento e volume V_{ae} de água necessário para o sistema de espuma.

Portanto volume da reserva de incêndio calculada para o cenário estudado é:

$$V_{ri} = V_r + V_{ae}$$

$$V_{ri} = 3.459,00 + 215,01 = 3.674,01 \text{ m}^3 \text{ de água.}$$

O quinto passo é conferir o dimensionamento da vazão total para determinar o sistema de bombas hidráulicas. Deve-se adotar o cenário que apresente a

XV Seminário Nacional de Bombeiros - SENABOM Goiania, Brasil, 2016

maior demanda de vazão para atender os sistemas de resfriamento e proteção por espuma (NT-25, 2014).

Portanto, a vazão Φ para dimensionamento do sistema de bombas hidráulicas é igual à soma das vazões φ do sistema de resfriamento e θ do sistema de proteção por espuma:

$$\Phi = \varphi + \theta$$

$\Phi = \varphi + \theta_r + \theta_b$, onde θ_b é a vazão de espuma para proteção suplementar.

$$\Phi = 9.608,40 + 8.046,25 + 600,00 = 18.254,65 \text{ L/min.}$$

IV CONCLUSÕES E CONTINUAÇÃO

A considerável quantidade de exigências e detalhes técnicos relacionados aos sistemas preventivos fixos de proteção contra incêndio em tanques contendo líquidos combustíveis e inflamáveis requer um estudo detalhado da legislação, dos cálculos de área e volume, bem como a capacitação dos bombeiros militares envolvidos nas atividades de inspeção e análise de projetos.

Espera-se que este trabalho seja utilizado como referência nos cursos de inspeção e análise de projetos do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás e que sirva de base para novos estudos didáticos na área.

V AGRADECIMENTOS

Ao Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás e a PUC Goiás.

VI REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CERQUEIRA, d. S. *Estratégias didáticas para o ensino da Matemática*. Revista Nova Escola, setembro, 2013. Disponível em: <[http:// revista escola. abril.com.br/fundamental-2/ palavra-especialista- demerval-santos-cerqueira-conexao-atividades- idaticas-matematica -752650..shtml?page=1](http://revistaescola.abril.com.br/fundamental-2/palavra-especialista-demerval-santos-cerqueira-conexao-atividades-educativas-matematica-752650.shtml?page=1)>. Acesso em: 03 nov. 2015.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO - CBPMSP *Coletânea de Manuais Técnicos de Bombeiros - 43: Emprego de Espuma Mecânica*, 1ª ed. São Paulo: CBPMSP, 2006. 48p.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS - CBMGO. *NT 25: Segurança Contra Incêndio para Líquidos Combustíveis e Inflamáveis. Parte 1 - Generalidades e Requisitos Básicos*. Goiânia: CBMGO, 2014. 8p.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS - CBMGO. *NT 25: Segurança Contra Incêndio para Líquidos Combustíveis e Inflamáveis. Parte 2 - Armazenamento em tanques estacionários*. Goiânia: CBMGO, 2014. 22p.