

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
CENTRO TECNOLÓGICO DA TERRA E DO MAR
CURSO DE TECNÓLOGO EM GESTÃO DE EMERGÊNCIAS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**O GOLPE DE ARÍETE NAS MANGUEIRAS DE COMBATE A
INCÊNDIO**

SANDRO FONSECA

São José

2007

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
CENTRO TECNOLÓGICO DA TERRA E DO MAR
CURSO DE TECNÓLOGO EM GESTÃO DE EMERGÊNCIAS

SANDRO FONSECA

**O GOLPE DE ARIETE NAS MANGUEIRAS DE COMBATE A
INCÊNDIO**

Monografia apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão
de Emergências pela Universidade do Vale de
Itajaí, Centro Tecnológico da Terra e do Mar.

Orientador: Cap BM Charles Alexandre Vieira

Coorientador: Prof. Marcelo da S. Soares de
Souza

São José

2007

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
CENTRO TECNOLÓGICO DA TERRA E DO MAR
CURSO DE TECNÓLOGO EM GESTÃO DE EMERGÊNCIAS

SANDRO FONSECA

**O GOLPE DE ARÍETE NAS MANGUEIRAS DE COMBATE A
INCÊNDIO**

Esta Monografia foi julgada adequada para a obtenção do título de Tecnólogo em Gestão de Emergências e aprovada pelo Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Emergências da Universidade do Vale do Itajaí, Centro Tecnológico da Terra e do Mar.

Área de Concentração: Tecnologia e Gestão

São José, dede 2007.

Prof. Cap BM Charles Alexandre Vieira
UNIVALI – CE de São José
Orientador

Prof. Marcelo da S. Soares de Souza
UNIVALI – CE de São José
Coorientador

Prof.
UNIVALI – CE de São José
Membro

RESUMO

FONSECA, Sandro. **O golpe de aríete nas mangueiras de combate a incêndio**. 2007. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnológico) – Centro Tecnológico da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí, São José, 2007.

A atividade de extinção de incêndio, dentro das novas técnicas de combate a incêndios adotadas pelo Corpo de Bombeiros de Santa Catarina, submete as mangueiras de combate a incêndios a sobrepressões conhecidas como golpe de aríete, que precisam ser quantificadas para que seja escolhido o tipo de mangueira ideal para as condições de trabalho que exige a atividade bomberil. Para isto, realizou-se neste trabalho uma pesquisa bibliográfica sobre este fenômeno hidráulico, e sobre os tipos mangueiras de combate a incêndio, bem como, um ensaio para quantificar as sobrepressões provocadas pelo golpe de aríete. Conclui-se que os efeitos do fenômeno são proporcionalmente maiores para linha de mangueiras mais extensas e de menor diâmetro, assim como, em uma linha de mangueira, a sobrepressão máxima se dá próximo ao esguicho, ou seja, quanto mais distante da bomba, maior é a sobrepressão provocada pelo golpe de aríete.

Palavra-chave: Golpe de aríete. Mangueiras de combate a incêndios. Corpo de Bombeiros.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	PROBLEMA	9
1.2	HIPÓTESE	10
1.3	OBJETIVO GERAL	10
1.4	OBJETIVO ESPECÍFICO	11
1.5	JUSTIFICATIVA	11
1.6	METODOLOGIA	12
1.7	ESTRUTURAÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	GOLPE DE ARIETE	14
2.2	HISTÓRIA DAS MANGUEIRAS	14
2.3	MANGUEIRAS DE INCÊNDIO MODERNA	16
2.3.1	FABRICAÇÃO DAS MANGUEIRAS	17
2.3.2	TUBO INTERNO	17
2.3.3	REFORÇO TÊXTIL	18
2.3.4	MANGUEIRAS COM REVESTIMENTO DE BORRACHA	19
2.3.5	UNIÕES	20
2.3.6	EMPATAÇÃO DA MANGUEIRA À UNIÃO	21
2.3.7	TIPOS DE MANGUEIRAS	21
2.3.8	CUIDADOS PARA AUMENTAR A VIDA ÚTIL DAS MANGUEIRAS	22
2.3.8.1	ANTES DO USO	22
2.3.8.2	DURANTE O USO	23
2.3.8.3	INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO	23
2.3.8.4	DEPOIS DO USO	24
2.4	ESGUICHO	24
2.5	DIVISOR	25
2.6	MANÔMETRO ANALÓGICO	25
2.7	REDUÇÃO	26
2.8	FADIGA	27
2.9	COMBATE A INCÊNDIOS INTERIORES COM RESFRIAMENTOS DOS GASES DO INCÊNDIO - 3DWF	27

2.10	VÁLVULAS DE ALÍVIO	28
3	CÁLCULOS DO GOLPE DE ARÍETE	29
4	PARTE EXPERIMENTAL	34
4.1	MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	34
4.2	PROCEDIMENTO	34
4.2.1	PROCEDIMENTO 1	35
4.2.1.1	SITUAÇÃO 1	35
4.2.1.2	SITUAÇÃO 2	36
4.2.1.3	SITUAÇÃO 3	37
4.2.2.	PROCEDIMENTO 2	37
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
5.1	PROCEDIMENTO 1	39
5.1.1	SITUAÇÃO 1	39
5.1.2	SITUAÇÃO 2	40
5.1.3	SITUAÇÃO 3	41
5.2	PROCEDIMENTO 2	41
5.3	PROPRIEDADES ELÁSTICAS	43
5.4	TIPOS DE MANGUEIRAS	44
5.5	OUTROS EFEITOS	44
6	CONCLUSÕES	45
	REFERÊNCIAS	47
	GLOSSÁRIO	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comportamento da mangueiras sob pressão	22
Tabela 2 - Resultado do ensaio na situação 1	39
Tabela 3 - Resultado do ensaio na situação 2	40
Tabela 4 - Resultado do ensaio na situação 3	41
Tabela 5 - Dados comparativos das sobrepressões	42
Tabela 6 - Dados comparativos das sobrepressões	42

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Foto 1 - Mangueiras de 1 ½” Tipo 2	17
Figura 1 - Ilustração da trama e do urdame	19
Foto 2 - União de 1 ½” empatada em uma mangueira Tipo 2	20
Foto 3 - Esguicho modelo TFT de 1 ½”	24
Foto 4 - Divisor de duas saídas	25
Foto 5 - Manômetro analógico	26
Foto 6 - Redução storz 2 ½” x 1 ½”	26
Foto 7 - Válvula de alívio acoplada na saída da bomba do ABT	28
Figura 2 - Ilustração da propagação da onda de sobrepressão	29
Figura 3 - Ilustração da disposição da linha na Situação 1	36
Figura 4 - Ilustração da disposição da linha na Situação 2	36
Figura 5 - Ilustração da disposição da linha na Situação 3	37
Figura 6 - Ilustração da disposição das linhas no procedimento 2	38
Gráfico 1 - Sobrepressão provocada pelo golpe de aríete	42
Gráfico 2 - Sobrepressão provocada pelo golpe de aríete em %	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- “: Polegada
- 1 ½”: Diâmetro de uma polegada e meia
- 2 ½”: Diâmetro de duas polegadas e meia
- 3DWF: *3D Water Fog*, aplicação tridimensional de jato de água neblinado
- ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABT: Alto Bomba Tanque, caminhão de bombeiros destinado ao combate a incêndios
- CBMSC: Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina
- kgf/cm²: Quilograma-força por centímetro quadrado
- kPa: Quilopascal
- m: Metros
- m.c.a.: Metro de coluna d'água
- m/s: Velocidade em metros por segundo
- m/s²: Aceleração em metros por segundo ao quadrado
- mm: Milímetros
- NBR: Norma Brasileira Registrada
- NFPA: National Fire Protection Association
- PSI: Libras por polegada quadrada (Pounds per square inch)
- PVC: Vinil-policlorado
- s: Segundos

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como **tema** “O golpe de aríete nas mangueiras de combate a incêndio do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina”. As atividades de combate a incêndios submetem as mangueiras de incêndio a esforços mecânicos que vão interferir na sua vida útil e na própria eficiência na extinção do incêndio. A interrupção súbita do fluxo da água, quando do fechamento de um esguicho por um bombeiro combatente, por exemplo, provoca o fenômeno hidráulico chamado golpe de aríete que eleva a pressão interna da mangueira. Este fenômeno é amplamente conhecido e estudado. Todavia, os estudos são concentrados nas tubulações de aço e PVC. Por outro lado, as mangueiras de incêndios possuem características elásticas distintas destes materiais, as quais que influenciam na intensidade e no tipo de efeito provocado pelo golpe de aríete. Saber as conseqüências deste fenômeno, conhecido como golpe de aríete, sob as condições de trabalho do Corpo de Bombeiros, é importante na hora de discriminar e adquirir equipamentos ligados ao combate a incêndios.

1.1 PROBLEMA

O golpe de aríete é um fenômeno normal em dutos que conduzem líquidos e, por conta disto, vêm se desenvolvendo tecnologias para minimizar seus efeitos, como válvulas de alívio, tubulações mais resistentes, entre outros. Porém, os efeitos do golpe de aríete nas mangueiras de incêndio são pouco conhecidos. Sabe-se que o fenômeno provoca aumento de pressão interna, porém, não se sabe determinar o quanto. Nas tubulações de aço, a sobrepressão pode chegar até sete vezes a pressão de trabalho. Contudo, as mangueiras com suas propriedades elásticas próprias se comportam de forma peculiar em relação aos efeitos das ondas de pressão provocadas pelo golpe de aríete, bem como as teorias desenvolvidas são direcionadas a tubos cujas paredes são de aço, PVC, concreto, etc.; desprovido as mangueiras de combate a incêndio do foco necessário e merecido da ciência. Este trabalho tem como problema identificar até que ponto uma manobra corriqueira dentre as técnicas atuais de combate a incêndio, como o fechamento súbito do esguicho, pode provocar de sobrepressão nas mangueiras feito de material diverso do estudado até então, bem como,

identificar no mercado o tipo de mangueira que mais se adapta a estes tipos de variantes de trabalho.

1.2 HIPÓTESES

As hipóteses estudadas neste trabalho são:

A interrupção do fluxo de água, durante o combate a incêndio, provoca uma sobrecarga da pressão interna pelo golpe de aríete. Tal sobrecarga é tanto maior quanto maior for a velocidade da água escoando no sistema. Desta forma, sabendo-se o aumento da pressão durante um fechamento brusco, poder-se-á definir qual o tipo de mangueira adequado para utilização no CBMSC.

Se os efeitos do golpe de aríete são desprezíveis por conta das propriedades intrínsecas às mangueiras, então será possível sugerir os tipos de mangueiras que atendam às capacidades mínimas de pressão durante o trabalho.

Se for identificado na pesquisa que as pressões máximas de trabalho do CBMSC acrescidas das sobrecargas provenientes do golpe de aríete ultrapassam a pressão máxima de trabalho do tipo de mangueira de maior nível, então recomendar-se-á estudos para mudança da técnica ou acréscimo de um dispositivo de alívio de pressão ao sistema.

1.3 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é identificar os efeitos do golpe de aríete nas mangueiras de incêndio, a fim de verificar quais dos tipos, existentes no mercado, atendem plenamente as necessidades do CBMSC.

1.4 OBJETIVO ESPECÍFICO

Para atingir o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos serão buscados:]

- Identificar, por suas características, as mangueiras de combate a incêndio de acordo com os tipos e especificações da ABNT.
- Realizar um ensaio das mangueiras, submetendo-as ao fechamento súbito do esguicho, quando da utilização em situação equivalente de um combate a incêndio, quantificando o aumento de pressão na linha de mangueira provocado pelo golpe de aríete através de manômetro disposto entre os lances de mangueiras.
- Identificar, depois de verificadas as sobrepressões máximas em ensaios, quais os tipos de mangueiras que, de acordo com a ABNT, suportariam tais pressões, visando sugerir os tipos de mangueiras mais adequados para o uso do CBMSC.

1.5 JUSTIFICATIVA

Nesta pesquisa, pretende-se verificar o que as mudanças das técnicas de combate a incêndio acarretam na vida útil das mangueiras de incêndio. Há alguns anos, os bombeiros eram treinados a solicitar ao operador das viaturas de combate a incêndio que diminuíssem a pressão da bomba antes de fechar o esguicho ou fechava-se lentamente para evitar o golpe de aríete, como se pode observar no trabalho de Rosolen. (1997, p. 103)

O golpe de aríete pode danificar a bomba, equipamentos, mangueiras ou o próprio sistema público de abastecimento de água.

Pode causar situações perigosas, quando causa o rompimento de mangueiras, desacoplamentos de conexões, colocando em risco os bombeiros ou espectadores que estejam nas proximidades de onde tais falhas ocorrerem.

Os esguichos, hidrantes e válvulas devem sempre ser abertos e fechados lentamente, para evitar o golpe de aríete.

Nos dias de hoje, com advento do esguicho pistola que possui um registro globo cuja alavanca promove um fechamento completo com um giro de apenas 60° e a nova técnica 3DWF que emprega jatos curtos intermitentes de alta pressão direcionados ao teto do ambiente incendiado onde se encontram os gases aquecidos promovendo assim a diminuição de sua temperatura, ocorre uma interrupção brusca no fluxo da água, provocando o golpe de aríete. Estas alterações bruscas da pressão promovem a fadiga das mangueiras, diminuindo sua vida útil, ou até mesmo o seu rompimento durante o combate ao incêndio.

Tem-se observado, seja pela mídia nos noticiários e jornais, ou por relatos das guarnições, que mangueiras, aparentemente novas, se rompem durante a ação dos bombeiros, causando sérios transtornos para a Corporação, podendo expor o combatente a um grave risco, devido ao fato de inesperadamente se encontrar sem água no meio de um sinistro.

Demonstra-se fundamental saber quais os efeitos que as condições e técnicas atuais de combate a incêndios do Corpo de Bombeiros resultam nos equipamentos utilizados, para que na hora da aquisição se possa obter materiais que atendam a tais necessidades.

1.6 METODOLOGIA

A metodologia empregada envolveu primeiramente uma pesquisa bibliográfica (documentação indireta) com intuito de saber o estado da arte, bem como, quais trabalhos já foram realizados a respeito e quais são as opiniões reinantes sobre o assunto. Na continuidade, utilizou-se também a técnica de documentação direta através de pesquisa de laboratório com o intuito de promover um ensaio para quantificar a sobrepressão provocada pelo golpe de aríete nas mangueiras de incêndio.

1.7 ESTRUTURAÇÃO

Os capítulos que compõem a estrutura deste trabalho podem ser divididos em três partes. A primeira composta pelo capítulo 1 que introduz o assunto apresentando as justificativas da elaboração da obra. A segunda, abrangendo os capítulos 2 e 3, que apresentam o referencial teórico, cálculos e equipamentos utilizados nos ensaios. E a terceira parte, envolvendo os capítulos 4, 5 e 6, que englobam a parte experimental, discussão dos resultados e conclusão, respectivamente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Como referencial metodológico utilizou-se os dois livros de Eva Maria Lakatos e Marina de Andrade Marconi que apresentam orientações muito úteis a todo estudante. Sua Obra, *Fundamentos de Metodologia Científica*¹, expõe o conceito de ciência e de conhecimento científico, explica método científico e descreve técnicas de pesquisa. Sendo esta complementada por *Metodologia do Trabalho Científico*², dos mesmos autores, que explica os vários tipos de trabalhos exigidos nos cursos de graduação e pós-graduação.

Sobre o comportamento da água em dutos utilizou-se da obra *Manual de Hidráulica*³, de Azevedo Netto, que trabalha bastante sobre os efeitos do golpe de aríete em tubulações, e a obra de Ranald V. Giles, *Mecânica dos Fluidos e Hidráulica*⁴.

No tocante à resistência dos materiais, utilizou-se da Obra de Vladimir Arrivabene⁵.

A fim de situar historicamente o uso das mangueiras pelos Corpos de Bombeiros, desde as eras mais remotas até aos nossos dias, pesquisou-se nos manuais *Fire Service Orientation and Terminology*⁶, *Hose Practices*⁷ e no livro *A Força Pública de São Paulo - Esboço Histórico 1831/1931*⁸.

Sobre técnicas de combate a incêndios, utilizou-se da obra de Oliveira, *Manual de estratégias, táticas e técnicas de combate a incêndio estrutural*⁹

O Cap PM Julio Flávio Rosolen¹⁰, do Estado de São Paulo, realizou um trabalho sobre mangueira de incêndio e seu emprego no Corpo de Bombeiros na sua monografia produzida no CAO – 97 (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais).

¹ LAKATOS, Eva Maria, MARCONI, Marina de Andrade. *Fundamentos de metodologia científica*. 3. ed. rev. e amp. São Paulo: Atlas, 1991.

² LAKATOS, Eva Maria, MARCONI, Marina de Andrade. *Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1992.

³ AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. *Manual de Hidráulica*. São Paulo: Blucher, 2003.

⁴ GILES, Ranald V.. *Mecânica dos fluidos e hidráulica: resumo da teoria, 475 problemas resolvidos, 365 problemas propostos*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978.

⁵ ARRIVABENE, Vladimir. *Resistência dos materiais*. São Paulo: Markron Books, 1994.

⁶ INTERNATIONAL FIRE SERVICE TRAINING ASSOCIATION. *Fire service orientation and terminology*. 3. ed. Stillwater, Fire Protection Publications-Oklahoma State University, 1988.

⁷ _____, *Hose practices*. 7. ed. Stillwater, Fire Protection Publications-Oklahoma State University, 1988.

⁸ ANDRADE, Euclides; CÂMARA, Hely F da. *A Força Pública de São Paulo: esboço Histórico. 1831-1931*. São Paulo: Sociedade Imprensa Paulista, 1931.

⁹ OLIVEIRA, Marcos de. *Manual de estratégias, táticas e técnicas de combate a incêndio estrutural: comando e controle de operações de incêndio*. Florianópolis: Editograf, 2005.

¹⁰ ROSOLEN, Julio Flávio. *Mangueira de grande diâmetro: proposta para seu emprego no Corpo de Bombeiro*. 1997. 181 f. (Monografia) – Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais, Polícia Militar do Estado de São Paulo, São Paulo, 1997.

Os conceitos e definições de termos técnicos de bombeiros foram tirados do *Dicionário para bombeiros*¹¹

A Associação Brasileira de Normas Técnicas editou a *NBR 11861*¹² que fixa condições mínimas exigíveis para mangueiras de fibras sintéticas utilizadas em combate a incêndio, nos diâmetros nominais de 40 mm a 65 mm e a *NBR 12779*¹³ que trata de inspeção, manutenção e cuidados com mangueiras de incêndios.

2.1 GOLPE DE ARIETE

Golpe de aríete é um fenômeno hidráulico que ocorre em dutos que transportam água sob pressão, onde o fluxo é interrompido subitamente, seja por uma válvula ou registro, transformando a energia cinética da água em uma onda de sobrepressão ao longo do duto.

Este fenômeno é definido por muitos autores e de formas diferentes, como se pode observar nos conceitos que segue: “Golpe de aríete é o termo usado para expressar o choque resultante do súbito decréscimo no deslocamento (velocidade) de um fluido.” (GILES, 1978, p. 293), ou segundo Azevedo Netto (1998 p. 325)

Denomina-se golpe de aríete ao choque violento que se produz sobre as paredes de um conduto forçado quando o movimento do líquido é modificado bruscamente. Em outras palavras, é a sobrepressão que as canalizações recebem quando, por exemplo, se fecha um registro, interrompendo o escoamento.

2.2 HISTÓRIA DAS MANGUEIRAS DE INCÊNDIO

Entramos no século vinte e um e os Corpos de Bombeiros continuam a fazer frente a um problema com que a civilização tem se defrontado por milhares de anos: a destruição causada pelos incêndios. Surpreendentemente, com o passar dos séculos, houve pouca mudança na forma básica de combater um incêndio. Os Bombeiros de todo o mundo

¹¹ FERREIRA, Edil Daubian. *Segurança: dicionário para bombeiros*. V. 2. São Paulo: Centrais Impressoras Brasileiras, 1985.

¹² ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, *NBR 11861*: mangueiras de incêndio. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

¹³ _____ *NBR 12779*: inspeção manutenção e cuidados com mangueiras de incêndio. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

continuam a extinguir os incêndios utilizando as mangueiras para enviar a água até eles. A água continua a servir como o agente extintor mais barato e um dos mais eficientes. Por conta disto, é claro que, de todos os equipamentos que existem em uma viatura de combate a incêndio, a mangueira é o item que é usado na extinção de incêndios. A mangueira de combate a incêndio é absolutamente essencial para que os Corpos de Bombeiros da era moderna cumpram suas missões básicas: salvar vidas e preservar a propriedade de danos ou da perda total por incêndios. O surgimento das primeiras mangueiras de combate a incêndio não se pode precisar ao certo, mas surgiram com certeza muitos séculos depois dos primeiros bombeiros, que historicamente foram dos povos romanos e chineses. No período colonial, a necessidade de transportar água para um local de incêndio de forma mais eficiente e eficaz fez surgir as primeiras mangueiras, pois até então, o transporte era feito manualmente por meio de odres (espécie de sacos de couro para transporte de líquidos). Os combatentes do fogo tinham que se esforçar demasiadamente para o transporte de água até o sinistro. As mangueiras daquela época eram produzidas com pedaços de couro curtido e costuradas com grampos de latão, o que as tornava duras e extremamente pesadas quando úmidas. Também eram de difícil acoplamento e o seu manuseio nos climas frios era tão complicado quanto o de um cano de ferro. Quando se aplicava pressão, as mangueiras freqüentemente rompiam-se ou a água escapava pelas suas fendas e costuras, chegando pouca água ao esguicho. Apesar disso, os bombeiros perceberam que tinham um equipamento necessário e eficiente, sendo introduzidos melhoramentos, como a mangueira rebitada, desenvolvida pelos membros da Hose N° 1, da Filadélfia, EUA¹⁴, que foi um grande aperfeiçoamento depois das mangueiras costuradas. Embora este tipo tosco de mangueira de incêndio tivesse sido desenvolvido no século dezessete, mangueiras de incêndio satisfatórias não foram produzidas até o século dezenove. Até essa época, em muitos Bombeiros, o único meio de transporte de água até o incêndio era passando baldes de água de mão em mão, ao longo de uma linha de bombeiros. Esse sistema de transporte de água ficou conhecido nos Estados Unidos da América como a “Brigada de Baldes”¹⁵.

Na Inglaterra em 1811, surgiram as primeiras mangueiras de tecido, onde só foi possível sua fabricação com o surgimento dos teares circulares. Eram tecidas em fibras naturais, como o algodão, linho, juta e cânhamo e não possuíam revestimento interno, apresentando problemas de vazamentos. Sua parcial impermeabilização era obtida pelo

¹⁴ Fire Service Orientation and Terminology, 3rd Ed., 1993, p. 20.

¹⁵ Hose Practices, 7th Ed., 1988, p. 1.

inchamento das fibras que aumentava de volume quando molhadas, porém eram sensíveis ao ataque de fungos, vindo a apodrecer, apesar de todos os cuidados dispensados.

Somente em 1868 foi introduzido um tubo de borracha dentro das mangueiras de tecido, encaixado pela ação de vapor em alta temperatura. Este processo foi patenteado por J. B. Forsyth, conhecido hoje como vulcanização, vindo a ser usado com sucesso somente um século depois.

Foi nos anos 60 que as fibras naturais começaram, gradativamente, a ser substituídas pelas fibras sintéticas, que apresentavam inúmeras vantagens como: redução de peso, pressões de trabalho mais elevadas, pouca absorção de água, resistência a fungos e menor manutenção ROSOLEN, (1997).

Atualmente, o processo de fabricação das mangueiras de incêndio é relativamente simples e rápido, sem maiores complicações. Embora seja difícil imaginar o quanto a mangueira de incêndio possa ainda ser aperfeiçoada, o desenvolvimento de materiais da era espacial certamente continuará a melhorar a qualidade desse componente vital ao arsenal de combate a incêndios e, em última análise, reduzirá potencialmente, a trágica perda de vidas e de propriedades causada por incêndios.

2.3 A MANGUEIRA DE INCÊNDIO MODERNA

Mangueira de incêndio é um equipamento de combate a incêndio constituído de um duto flexível dotado de juntas de união tipo *storz*, destinado a conduzir água sob pressão. O revestimento interno do duto é um tubo de borracha que impermeabiliza a mangueira, evitando que a água saia do seu interior. A capa do duto flexível é uma lona, confeccionada em fibras naturais ou sintéticas, que permite à mangueira suportar alta pressão de trabalho, tração e as difíceis condições de trabalho do Bombeiro.

2.3.1 FABRICAÇÃO DA MANGUEIRA

O tipo mais comum é a mangueira com reforço têxtil sintético e tubo interno de borracha. É constituída de um tubo de borracha vulcanizada revestido de um ou mais reforços têxteis. O tubo interno torna a mangueira resistente a vazamentos e reduz o atrito da água com as paredes do tubo, o que reduz perda de carga. Já o reforço têxtil lhe confere resistência à deformação, à abrasão e à altas temperaturas (Foto 1).

Foto 1: Mangueira de 1 ½” Tipo 2



Fonte: do Autor

2.3.2 TUBO INTERNO

As características essenciais dos forros internos das mangueiras de incêndio (também chamados tubos) são ausência de defeitos e de pontos de vazamentos, boas características de envelhecimento e baixa rugosidade da superfície. Características desejáveis de resistência ao envelhecimento são exigidas para evitar o aparecimento de rachaduras nas dobras e subsequente falha em serviço. Essa característica é muito importante já que a mangueira fica armazenada por grande parte de sua vida útil. O tubo interno é constituído por polímeros: borracha, plástico ou composto de borracha/plástico flexível.

A composição do forro interno de borracha das mangueiras de incêndio envolve a seleção de matérias primas apropriadas para assegurar as propriedades desejadas. A primeira e a mais importante dessas seleções é a borracha. Há setenta anos, a borracha natural era a única

escolha possível. Hoje, entretanto, diversas borrachas sintéticas tornaram-se disponíveis comercialmente.

Essas borrachas (natural ou sintética) são combinadas com cargas (sílica, negro de fumo, caulim, etc), óleos de processamento, antioxidantes, aceleradores e agentes de vulcanização para alcançar as propriedades físicas desejadas no tubo acabado. O composto de borracha sintética possui uma resistência muito maior do que a borracha natural a óleos e a combustíveis, bem como contra todos os efeitos do tempo.

O tubo é fabricado de duas formas: por calandras ou por extrusão. Calandra é o processo no qual a borracha é comprimida entre dois rolos opostos para produzir uma lâmina plana. O tubo é então formado dobrando-se e unindo-se às extremidades da lâmina. Esse método foi virtualmente substituído pela extrusão, um processo no qual uma massa de borracha ou de plástico aquecido é forçado, sob pressão, através de um molde de uma máquina de extrusão, para produzir um tubo contínuo, sem costura.

A baixa rugosidade no interior do tubo reduz a perda de carga, a qual seria causada pela passagem da água através da mangueira à alta velocidade.

Após os tubos serem extrudados, é aplicada uma fina camada de adesivo. A seguir o tubo é introduzido no reforço têxtil e tem lugar a vulcanização. O calor e a pressão do vapor, no processo de vulcanização, provocam a aderência do tubo interno às fibras do reforço têxtil, que transformam o tubo e o reforço em uma peça só.

2.3.3 REFORÇO TÊXTIL

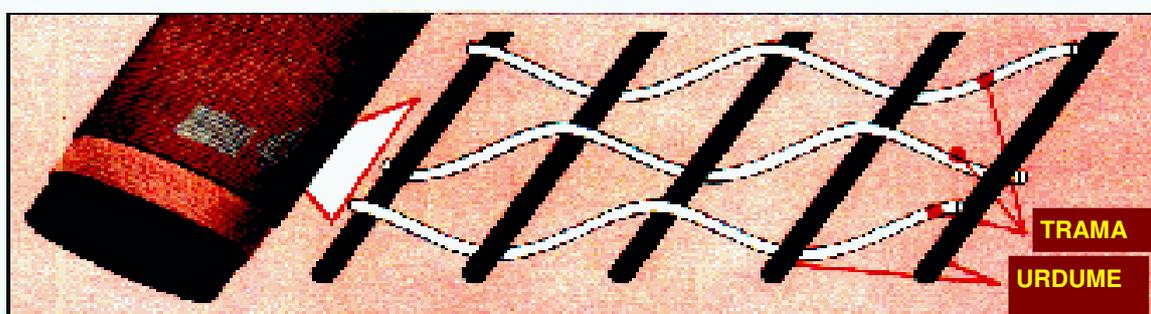
A função do reforço têxtil é proteger o tubo interno de borracha e dar resistência ao conjunto. Tecido em um tear circular, o reforço têxtil possui dois elementos básicos: o urdume e a trama, conforme mostrado na Fig. 1. O urdume é o conjunto de fios que estão dispostos no sentido longitudinal da mangueira. A trama é o conjunto de fios que estão dispostos no sentido transversal da mangueira. A trama está disposta ao longo da circunferência do reforço têxtil e cobre o urdume.

Como a mangueira está sujeita às altas pressões quando em carga, o urdume resiste aos componentes da pressão interna no sentido do comprimento e a trama resiste à pressão no sentido da circunferência. Diversas fibras sintéticas são utilizadas na confecção do reforço

têxtil, principalmente o náilon e o poliéster. A trama e urdume emprestam os módulos de elasticidades de seus componentes à trama, que por sua vez, forma um conjunto com o tubo de borrachas, dando às mangueiras um módulo de elasticidade específico no sentido longitudinal e transversal, impondo-lhe a propriedade de aumentar e diminuir de diâmetro e comprimento de acordo com os esforços mecânicos a que forem submetidas.

A característica mais importante de qualquer mangueira de incêndio é o seu comportamento sob pressão. Alongamento, dobramento, torção ou qualquer distorção sob pressão devem ser razoavelmente minorizadas, a fim de que a performance desejada possa ser alcançada. A concepção e a resistência do reforço têxtil é fator fundamental para atingir tal performance.

Figura 1: Ilustração da trama e do urdume.



Fonte: Fire Hose Practices, p. 14.

2.3.4 MANGUEIRA COM REVESTIMENTO DE BORRACHA

Como o termo indica, é a mangueira que possui um revestimento externo de borracha, o qual resiste ao mofo, resiste a danos por abrasão e ao contato com produtos químicos. Há vários processos para a produção desse tipo de mangueira.

Em um dos processos, o reforço têxtil é passado através de uma máquina de extrusão que o reveste interna e externamente com material emborrachado.

O reforço têxtil é feito de poliéster, náilon ou uma combinação de ambos. Como o reforço passa através da máquina, um composto de borracha nitrílica é injetado sob pressão e calor, de modo que ele penetre nas fibras do reforço, unindo o interior e o exterior. A borracha nitrílica, assim, serve tanto como uma cobertura ou como um tubo interno liso e à prova de vazamentos.

Um outro tipo de mangueira recoberta com borracha é fabricado em um processo de três camadas, no qual a proteção externa é vulcanizada à superfície interior do reforço de poliéster. Em seguida a mangueira é virada no seu avesso e o tubo interno de borracha é então introduzido na mangueira e esta é novamente vulcanizada ROSOLEN (1997).

2.3.5 UNIÕES

As uniões utilizadas em mangueiras de incêndio são as do tipo engate rápido tipo storz. São uniões que não possuem peça macho ou fêmea, facilitando e dando maior rapidez à execução das conexões. São conectadas juntando-se as duas uniões e girando-as para a direita até o seu travamento.

Os componentes de travamento consistem em aletas e reentrâncias feitas na face de cada união giratória. Quando juntadas, as aletas de cada união ajustam-se a um recesso na reentrância da oposta, então deslizam até a posição de travamento com um giro de 180° (cento e oitenta graus). Ressaltos na parte de trás da união giratória fornecem apoio para as chaves de mangueira (Foto 2).

Foto 2: União de 1 ½” empitada¹⁶ numa mangueira Tipo 2.



Fonte: do Autor.

¹⁶ Fixada, acoplada. Empatação da mangueira (Seção 2.2.7).

2.3.6 EMPATAÇÃO DA MANGUEIRA À UNIÃO

Denomina-se empatação a fixação da mangueira à união. Uma das mais antigas formas de fixar a mangueira à união e adotada no Brasil, envolve o uso de um anel de metal maleável, chamado anel de expansão, usualmente feito de cobre recozido. O anel de expansão, que possui diâmetro externo ligeiramente menor do que o diâmetro interno da mangueira, é introduzido e alinhado com a borda da mangueira. A mangueira é introduzida na união e então o anel é expandido contra a mangueira com uma máquina (manual ou hidráulica). Esse processo comprime fortemente a mangueira contra a superfície interna da união. O anel expandido fica com o mesmo diâmetro do forro interno da mangueira, de tal forma que ele não obstrui a passagem da água. Esse método não é somente usado nas fábricas de mangueiras, mas também nas oficinas dos Quartéis de Bombeiros, para reempatar as mangueiras que, por qualquer motivo, necessitem de tal serviço ou de reparos.

2.3.7 TIPOS DE MANGUEIRAS

No Brasil, as mangueiras de incêndio atendem às especificações da NBR 11861 (ABNT, 1998) que dispõe sobre os tipos de mangueiras de incêndio existentes no mercado, e estabelece: O tipo da mangueira, o nome ou marca do fabricante deve estar marcado nas duas extremidades do duto flexível com caracteres de 25 mm de altura à distância de 0,5 m a 1,4 m das uniões.

Certifica-se de que o tipo de mangueira de incêndio é adequado ao local e as condições de aplicação da seguinte forma:

Mangueira Tipo 1 – Construída com um reforço têxtil, destina-se a edifícios de ocupação residencial. Pressão de trabalho máxima de 980 kPa (10 kgf/cm²).

Mangueira Tipo 2 – Construída com um reforço têxtil, destina-se a edifícios comerciais e industriais ou Corpo de Bombeiros. Pressão de trabalho máxima de 1.370 kPa (14 kgf/cm²).

Mangueira Tipo 3 - Construída com dois reforços têxteis sobrepostos, destina-se a área naval e industrial ou Corpo de Bombeiros, onde é indispensável maior resistência à abrasão. Pressão de trabalho máxima de 1.470 kPa (15 kgf/cm²).

Mangueira Tipo 4 - Construída com um reforço têxtil, acrescida com uma película externa de plástico, destina-se à área industrial, onde é desejável maior resistência à abrasão. Pressão de trabalho máxima de 1.370 kPa (14 kgf/cm²).

Mangueira Tipo 5 - Construída com um reforço têxtil, acrescida de um revestimento externo de borracha, destina-se à área industrial, onde é desejável uma alta resistência à abrasão. Pressão de trabalho máxima de 1.370 kPa (14 kgf/cm²)

Tabela 1 – Comportamento da mangueira sob pressão

Tipo	Pressão de Trabalho Kgf/cm ²	Pressão de Prova Kgf/cm ²	Pressão de Ruptura Kgf/cm ²	Resistência a contato com metal aquecido (por no mín. 15 segundos)	Alongamento Máximo
1	10	21	35	240°C	10%
2	14	28	42	240°C	10%
3	15	30	50	240°C	8%
4	14	28	42	240°C	10%
5	14	28	42	600°C	10%

Fonte: NBR 11861 (ABNT, 1998).

2.3.8 CUIDADOS PARA AUMENTAR A VIDA UTIL DAS MANGUEIRAS

Para aumentar a vida útil das mangueiras de combate a incêndios deve-se seguir todas as instruções contidas na Norma NBR12779 (ABNT, 1997) que trata sobre inspeção, manutenção e cuidados em mangueiras de incêndio, recomendando cuidados para antes, durante e depois do uso.

2.3.8.1 ANTES DO USO

A mencionada norma determina ser necessário verificar se a pressão na linha é compatível com a pressão de trabalho de mangueira. Observa ainda que a mangueira de incêndio deve ser utilizada por pessoal treinado. Não se deve arrastar a mangueira sem pressão, pois isso causa furos no vinco. Não se deve armazená-la sob a ação direta dos raios solares e/ou vapores de produtos químicos agressivos e não utilizar a mangueira para nenhum

outro fim (lavagem de garagens, pátios etc.) que não seja o combate a incêndio. Por fim, deve-se evitar quedas das uniões e nunca guardar a mangueira molhada após a lavagem, uso ou ensaio hidrostático.

2.3.8.2 DURANTE O USO

Deve-se evitar a passagem da mangueira sobre cantos vivos, objetos cortantes, ou pontiagudos que possam danificá-la. Não deve-se curvar acentuadamente a extremidade conectada com o hidrante pois isso pode causar o “desempatamento” da mangueira (união). Deve-se orientar os usuários a ter cuidado com golpes de aríete na linha causados por entrada de bomba ou fechamento abrupto de válvulas e esguicho, pois pode romper ou desempatar uma mangueira. Quando não for possível evitar a passagem de veículos sobre a mangueira, deve ser utilizado um dispositivo de passagem de nível.

2.3.8.3 INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO

Toda mangueira, quando em uso (em prontidão para combate a incêndio), deve ser inspecionada a cada 3 (três) meses e ensaiada hidrostáticamente a cada 12 (doze) meses, conforme a norma NBR 12779 (ABNT, 1998). Estes serviços devem ser realizados por profissional ou empresa especializada. O ensaio hidrostático em mangueira de incêndio deve ser executado utilizando-se equipamento apropriado, sendo totalmente desaconselhável o ensaio efetuado por meio da expedição de bomba da viatura, hidrante ou ar comprimido, a fim de evitar acidente.

Estabelece a norma que, para lavagem da mangueira, deve-se utilizar água potável, sabão neutro e escova macia; e secar a mangueira à sombra, utilizando um plano inclinado ou posicionando-a na vertical, nunca diretamente ao sol. Além disso, o usuário deve identificar individualmente as mangueiras sob sua responsabilidade e manter registros históricos de sua vida útil. Recomendamos o uso da Ficha de controle individual para Mangueira de Incêndio.

Assim, após o ensaio hidrostático, a mangueira deve retornar, preferencialmente, para o mesmo hidrante ou abrigo em que se encontrava antes do ensaio.

2.3.8.4 DEPOIS DO USO

As mangueiras de combate a incêndios após seu uso devem ser desalagadas, ou seja, toda água residual no seu interior deve ser retirada com o auxílio da grávida. Deve-se também, lavar sua parede externa com detergente neutro e escova macia, colocando-a para secar a sombra.

2.4 ESGUICHO:

É um equipamento de metal dotado de uma união tipo storz de diâmetro de 2 ½ “ ou 1 ½ “ que é acoplado nas pontas das linhas de mangueiras de incêndio para a maneabilidade do bombeiro combatente. Ele é destinado a dar forma, direção e alcance ao jato d’água.

Os esguichos mais modernos possuem dispositivo tipo registro globo, que possibilita abertura e fechamento de forma súbita do fluxo de água. Possui um punho tipo pistola em plástico de alta resistência que facilita seu manuseio. Possui também, um regulador de jato que proporciona a regulagem do jato, de jato pleno a jato neblinado ou neblina de proteção, em apenas ¼ de volta, dando agilidade e sendo de grande emprego nas técnicas de combate a incêndio, principalmente a 3DWF (Foto 3).

Foto 3: esguicho modelo TFT de 1 ½”.



Fonte: do Autor.

2.5 DIVISOR

É um equipamento de metal utilizado para dividir uma linha de mangueira, (adutora) em duas ou três linhas (linha de ataque). É dotado de uma entrada de 2 ½” com conexão tipo storz, e duas ou três saídas de 1 ½”, também com conexão tipo storz e dispositivo tipo alavanca para controle de abertura e fechamento com válvula de bloqueio tipo esfera para cada saída (Foto 4).

Foto 4: Divisor de duas saídas.



Fonte: do Autor.

2.6 MANÔMETRO ANALÓGICO

Trata-se de um equipamento para medir pressão que fornece a um observador o valor da pressão através de um ponteiro que desliza sobre uma escala que tem uma relação biunívoca com a pressão interna no duto. Os manômetros analógicos são diferenciados por suas escalas que variam com o fundo e a resolução. O fundo de escala é o maior valor de sua graduação, o que limitará a pressão máxima lida pelo aparelho. A resolução da escala é o valor da intercalação das graduações que dá a precisão da leitura (Foto 5).

Foto 5: manômetro analógico com fundo de escala de 120 m.c.a e resolução de 2 m.c.a acoplado numa tampa de hidrante de coluna.



Fonte: do Autor

2.7 REDUÇÃO

É um equipamento de metal, dotado de uma conexão tipo storz de 2 ½” de um lado, e do outro, de uma conexão, também tipo storz, de 1 ½” utilizado para unir mangueiras ou equipamentos de diâmetros diferentes (Foto 6).

Foto 6: Redução storz 2 ½” x 1 ½”.



Fonte: do Autor.

2.8 FADIGA

É a diminuição gradual da resistência dos materiais por efeito de esforços repetitivos ou, como define Arrivabene (1994, p. 221) “Denominamos fadiga ao fenômeno do decréscimo de resistência de um material proveniente da aplicação de tensões que variam com o tempo.”

Todo material que é utilizado fora das condições normais de trabalho para qual foi projetado, sofre um aumento da fadiga, diminuindo sua vida útil. Não se espera que os materiais tenham vida útil eterna, mas que durem o período esperado ou projetado. Por isso a importâncias de se utilizar os materiais sob as condições de projeto, para evitar desperdícios ou acidentes.

2.9 COMBATE A INCÊNDIO INTERIORES COM RESFRIAMENTO DOS GASES DO INCÊNDIO – 3DWF

Nos incêndios interiores, o bombeiro, ao se aproximar do foco do fogo para efetuar a sua extinção, penetra num ambiente cujo teto está repleto que gases quentes e combustíveis resultantes da pirólise ou da combustão incompleta dos combustíveis. Esta situação exige uma série de cuidados. Um ambiente superaquecido e cheio de gases inflamáveis é um verdadeiro estopim para ocasionar um acidente. Tais gases podem provocar fenômenos ligados a incêndios de propagação rápida, do tipo ignição súbita generalizada (*flashover*), ignição explosiva (*backdraft*) e ignição dos gases do incêndio (*fire gas ignitions*), o que acarreta sempre um grande risco na extinção do fogo, pois o bombeiro pode ser tomado repentinamente pelas chamas ou ser lançado contra obstáculos por uma onda de choque proveniente de uma explosão.

A técnica 3DWF consiste no resfriamento dos gases do incêndio através do direcionamento de jatos curtos intermitentes ao teto do ambiente onde se encontram os gases aquecidos promovendo a diminuição da temperatura destes. Segundo Oliveira (2005, p. 108):

A técnica de resfriamento dos gases do incêndio consiste em direcionar (pulsar) água dentro das camadas de gases aquecidos mediante aplicação de repetidos jatos de água neblinada de curtíssima duração (cerca de 0,1 a 0,5 segundo) direcionados à parte mais elevada da área sinistrada.

Esta técnica requer que sejam lançados “pulsos” de água nas camadas de gases. Cada litro de água lançado transforma-se em pelo menos 1700 litros de vapor. Daí a necessidade de que sejam pulsos curtos e rápidos, pois no caso de se jogar água demais, pode fazer com que todo o ambiente se preencha de vapores quentes, inclusive as partes mais baixas, alcançando o próprio bombeiro que estava abaixo do plano neutral.

2.10 VÁLVULAS DE ALÍVIO DE PRESSÃO

As modernas viaturas de combate a incêndios, possuem um dispositivo destinado a diminuir os efeitos do golpe de aríete no corpo da bomba. As válvulas de alívio de pressão são instaladas na saída das bombas dotados de sensores eletrônicos, válvulas pneumáticas e canalizações “by pass”. A onda de sobrepessão antes de chegar ao corpo da bomba é detectada pelos sensores eletrônicos que acionam a válvula pneumática abrindo-a fazendo que o fluxo de retorno da água seja direcionado, através de tubulações tipo “by pass”, ao tanque sem passar pela bomba, evitando danos ao conjunto motor bomba (Foto 7).

Foto 7: A seta indica a tubulação *by pass*. O círculo indica a válvula de alívio.



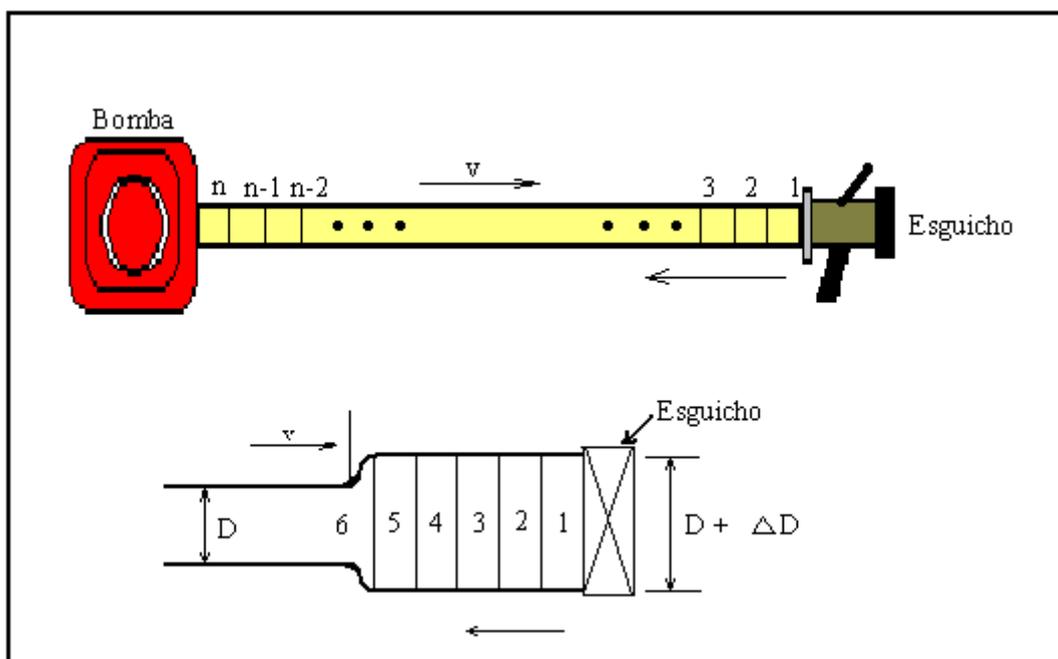
Fonte: Foto cedida pelo Cap BM Vanderlino Vidal.

3 CÁLCULO DO GOLPE DE ARÍETE

Observa-se na pesquisa realizada que, diversas fórmulas têm sido aplicadas para estimativa da sobrepressão na literatura. O fenômeno do golpe de aríete é de muita complexidade, envolvendo no seu estudo muitas condições e inúmeras variáveis. Cabe dizer que todo cálculo do golpe de aríete, independentemente da teoria adotada, é uma estimativa aproximada da realidade, onde os cálculos servem somente como parâmetros.

Azevedo Neto (2003, p. 326) montou um esquema para descrever o mecanismo do fenômeno para uma tubulação de aço, conduzindo água sob escoamento gravitacional, o qual se irá adaptar ao sistema montado com mangueiras de incêndio conduzindo água sob escoamento forçado por uma bomba centrífuga. Com o fechamento do esguicho, a lâmina 1 (Fig. 2) comprime-se e sua energia de movimento em função da velocidade (v) é convertida em pressão, ocorrendo simultaneamente, a distensão da mangueira e esforços internos na lâmina (deformação elástica). O mesmo acontecerá em seguida com as laminas 2, 3, 4... ,n , propagando uma onda de pressão até a bomba (Fig. 2).

Figura 2 – esquema ilustrando a propagação da onda de sobrepressão numa linha de mangueira.



Fonte: do Autor.

Em seguida a lâmina n, devido aos esforços e à elasticidade da mangueira, tende a sair da mesma em direção à bomba, com velocidade $-v$ (desconsiderando as perdas de carga). Como o aumento de pressão desloca-se em direção à bomba, há a tendência de a água retornar para bomba, não ocorrendo porque a mesma possui uma válvula de retenção e esguicho, neste

momento, encontra-se fechado, provocando uma pequena depressão, que agora se desloca a partir da lamina n, em direção à lamina 1, (esguicho). A lâmina 1 permanece sofrendo a sobrepressão durante todo o tempo de ida e volta da onda (período). A depressão, que se desloca da bomba em direção ao esguicho se amortiza pela flexibilidade da mangueira, evitando os golpes sucessivos, comuns nas tubulações rígidas.

O tempo de ida e volta da onda é chamado de período (T). Ele é dado por:

$$T = \frac{2L}{C}$$

Fórmula 1

Sendo (T) a fase ou período da onda de sobrepressão na linha de mangueira, (C) a celeridade, ou seja, a velocidade de propagação da onda e (L) é o comprimento da linha de mangueira.

Calcula-se a velocidade de propagação da onda pela fórmula de Allievi. Para tubulações indeformáveis o valor de (C) é 1.425 m/s, que é a velocidade do som na água. Normalmente, como as tubulações são deformáveis, a celeridade é da ordem de 1000 m/s a 333 m/s. Para mangueiras de incêndio a celeridade deve estar próxima ao menor valor, uma vez que é inversamente proporcional ao coeficiente “k” que leva em conta o módulo de elasticidade, que nas mangueiras é bem maior que nos tubos de aço, PVC e concreto. A celeridade pode ser calculada da seguinte forma (AZEVEDO NETTO, 1998)

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \frac{D}{e}}}$$

Fórmula 2

Sendo

C = celeridade da onda em (m/s);

D = diâmetro da mangueira em (m);

e = espessura da parede da mangueira em (m);

k = coeficiente que leva em conta o módulo de elasticidade (E).

$$K = \frac{10^{10}}{E}$$

Fórmula 3

Em função de não se ter estabelecido o valor do k da mangueira, adotou-se para este trabalho o valor de $k = 30$, que é valor do k da borracha, cujas propriedades se assemelham com as propriedades da mangueira.

Então para se calcular o golpe de aríete deve-se considerar a velocidade de fechamento da válvula, registro, esguicho, etc. de onde classifica-se o regime de fechamento como sendo lento ou rápido. A classificação é em função do tempo (t) que se leva para fechar a válvula, ou no caso deste trabalho, o tempo que o bombeiro leva para fechar o esguicho. Apesar de, aparentemente, o fechamento ser súbito, leva-se, na realidade, certo tempo para executar a manobra. Esta manobra é considerada lenta quando o tempo de fechamento total é maior do que o período (T) da onda de sobrepressão.

Como o comprimento das linha de mangueiras (L) são relativamente curtas e a celeridade é relativamente alta, podendo variar de 330 m/s a velocidade do som na água, o período para este caso é considerado menor que o tempo de fechamento, conforme cálculo a seguir:

$$t > \frac{2L}{C}$$

Se,

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 30 \times 20}}$$

$$C = 388.85 \text{ m/s}$$

Então,

$$\frac{2L}{C} = \frac{2 \times 45}{388.85} = 0,23 \text{ s}$$

Ou seja, vinte e três centésimos de segundo é o período da onda, o que geralmente será menor do que o tempo necessário para se completar a manobra de fechamento do esguicho. Se $t > T$ podemos utilizar a fórmula aproximada de Michaud para calcular a sobrepressão máxima, (AZEVEDO NETO, 1998, p. 330) destinada para regime de fechamento lento.

A sobrepressão é o aumento súbito de pressão provocado pela interrupção do fluxo de água. É o próprio golpe de aríete e pode ser calculado pela seguinte fórmula (AZEVEDO NETO, 1998)

$$h_a = \frac{2Lv}{gt}$$

Fórmula 4

h_a = sobrepressão em m.c.a.;

L = comprimento da linha de mangueira;

g = aceleração da gravidade, 9,81 m/s²;

t = tempo de manobra;

v = velocidade média da água.

Com esta fórmula pode-se calcular o tempo da manobra de fechamento do esguicho com a sobrepressão obtida no ensaio (Tabela 4).

$$65 = \frac{90 \times 3,5}{9,81 \times t}$$

$$t = 0,49 \text{ s}$$

O tempo calculado é maior que o período, ou seja $t > T$, confirmando o regime como sendo lento.

A velocidade da água se obtém pela razão entre a vazão e a área da seção da mangueira. Aplicando-se a fórmula para bocais cilíndricos (AZEVEDO NETO, 1998, p. 75), para uma mangueira de seção de 38 mm de diâmetro (1 ½”) e considerando que o esguicho tem um requinte de 19 mm (meia abertura), temos a seguinte expressão para vazão:

$$Q = C_d A_r \sqrt{2g H}$$

Fórmula 5

Q = vazão, m³/s;

A_r = área da seção de requinte, m²;

C_d = coeficiente de descarga. Valor de 0,5 adotado para bocais cilíndricos, como recomenda Azevedo Netto (1998, p. 75);

g = aceleração da gravidade, 9,81 m/s²;

H = pressão inicial medida próximo ao esguicho em m.c.a.

Utilizando a equação da continuidade para deixar a fórmula acima em função da velocidade:

$$\text{Fórmula 6} \quad Q = v A_m$$

v = velocidade da água na mangueira, m/s;

A_m = área da seção da mangueira.

Então:

$$\text{Fórmula 7} \quad v = \frac{C_d A_r \sqrt{2g H}}{A_m} \quad \therefore \quad v = 0,5534 \sqrt{H}$$

Pela fórmula acima, para uma pressão de 40 m.c.a., temos uma velocidade média de 3,5 m/s. Sabendo-se a velocidade da água, pode-se calcular a sobrepressão provocada pelo golpe de aríete. Considerando o tempo de manobra de fechamento de 0,5 s, e aceleração da gravidade de $9,81 \text{ m/s}^2$, temos em uma linha de mangueira de 45 m:

$$h_a = \frac{90 \times 3,5}{9,81 \times 0,5}$$

$$h_a = 64,22 \text{ m.c.a.}$$

Comparando a sobrepressão calculada (64,22 m.c.a.) com a sobrepressão média da Tabela 4 (65 m.c.a), cujos dados foram retirados dos ensaios, observa-se uma grande aproximação, apresentando coerência de valores, demonstrando que o fenômeno se comporta, de forma aproximada, com os cálculos apresentados.

4 PARTE EXPERIMENTAL

4.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Além de prancheta, caneta, papel, maquina fotográfica e filmadora, para anotar e registrar os dados dos ensaios, utilizou-se os seguintes materiais:

- a) 3 mangueiras Tipo 2 de 1 ½” com 15 metros de comprimento;
- b) 3 mangueiras Tipo 2 de 2 ½” com 15 metros de comprimento;
- c) 1 ABT do CBMSC;
- d) 1 divisor;
- e) 2 reduções;
- f) 1 esguicho regulável dotado de empunhadura, dispositivo tipo alavanca para controle de abertura e fechamento com válvula de bloqueio tipo esfera;
- g) 1 cilindro metálico de 0,2 m de comprimento, com união storz de 2 ½” numa extremidade um tampão munido de um manômetro de fundo de escala de 120 m.c.a. e resolução de 2 m.c.a.;
- h) 2 braçadeiras metálicas de 3 ½”.
- i) parafusos e buchas.

4.2 PROCEDIMENTO

O ensaio experimental visa reproduzir as condições de uso de linha de mangueiras em uma situação real de combate a incêndio com o intuito de medir as sobrepressões que as mangueiras de combate a incêndio são sujeitadas quando do fechamento súbito do esguicho. Para tanto, foram elaborados dois procedimentos, a seguir:

4.2.1 PROCEDIMENTO 1

De modo a ser possível mensurar as sobrepressões máximas numa linha de mangueiras com três lances de mangueiras de 1 ½”, com 15 m de comprimento cada, acoplada a um ABT, montou-se entre os lances de mangueira, um dispositivo dotado de um manômetro em três diferentes situações. Primeiramente, com o manômetro entre a primeira e a segunda mangueira (a 15 m da bomba), depois com o manômetro entre a segunda e terceira mangueira (a 30 m da bomba) e, por fim, com o manômetro entre a última mangueira e o esguicho (a 45 m da bomba).

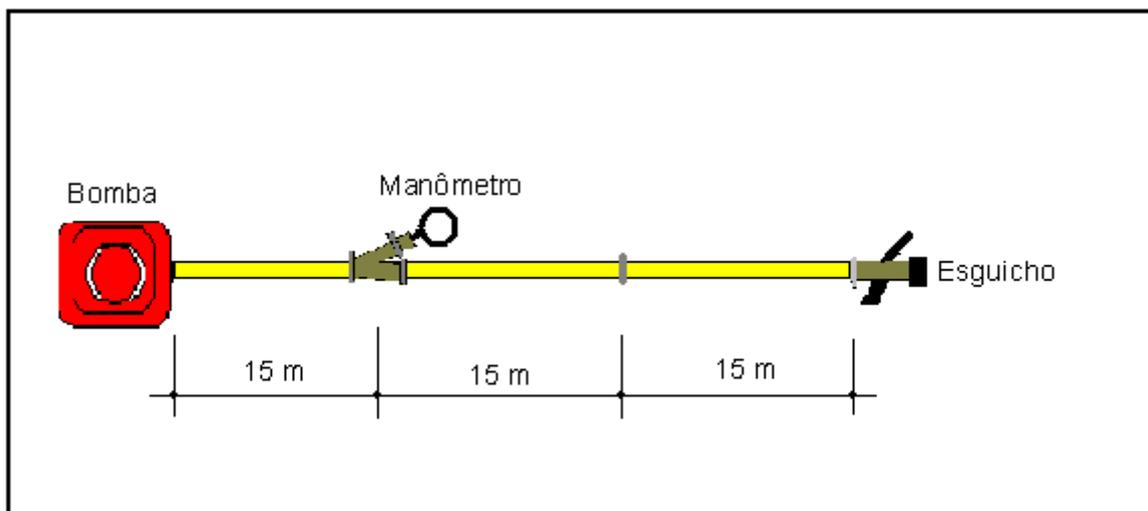
Para montar o dispositivo para medir pressão, instalou-se um manômetro analógico numa tampa de hidrante de coluna. Esta tampa foi acoplada a um adaptador rosca x storz e a uma redução que foi conectada numa das saídas de um divisor para poder ser interposto na linha de mangueira. O dispositivo foi parafusado no solo através de 2 braçadeiras para evitar que o aparelho vibrasse, que acabaria dificultando a leitura ou danificando o equipamento.

4.2.1.1 SITUAÇÃO 1

Com o manômetro entre o primeiro e segundo lance de mangueira (a 15 m do ABT), regulou-se a pressão de trabalho, com o esguicho aberto, a 60 m.c.a.¹⁷ e realizou-se dez vezes o procedimento de abertura e fechamento súbito do esguicho, anotando-se as sobrepressões lidas (Figura 3).

¹⁷ Pressão de trabalho mínima para pulverizar gotículas de 300 microns, tamanho ideal para técnica 3DWF (OLIVEIRA, 2005, p. 99)

Figura 3 – disposição do manômetro na situação 1.

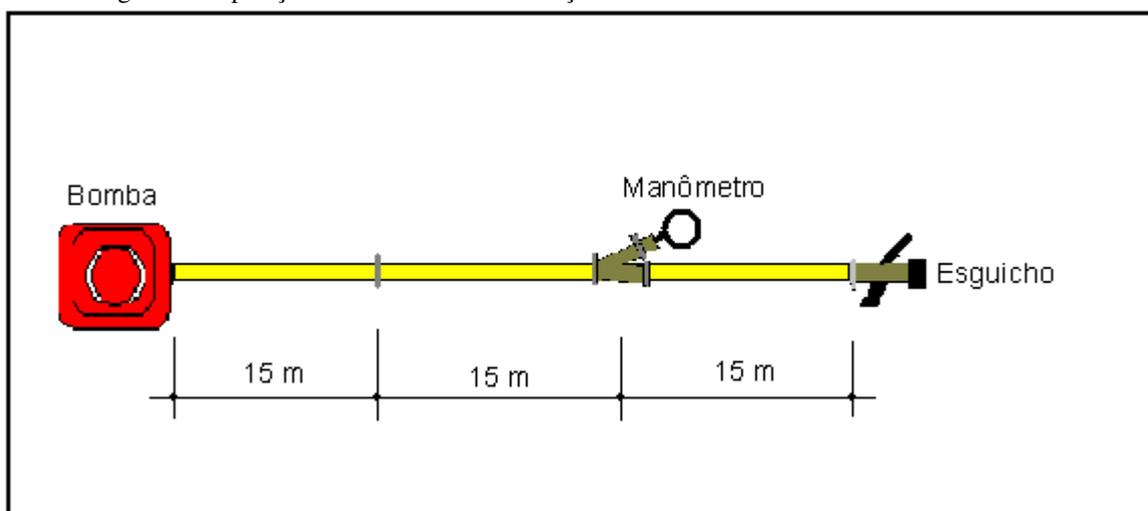


Fonte: do Autor.

4.2.1.2 SITUAÇÃO 2

Da mesma forma que o anterior, agora com o manômetro entre o segundo e o terceiro lance de mangueira (a 30 m do ABT), com a pressão de trabalho de 60 m.c.a., com esguicho aberto, realizou-se dez vezes o procedimento de abertura e fechamento súbito do esguicho, anotando-se os resultados. (Figura 4).

Figura 4: disposição do manômetro na situação 2.

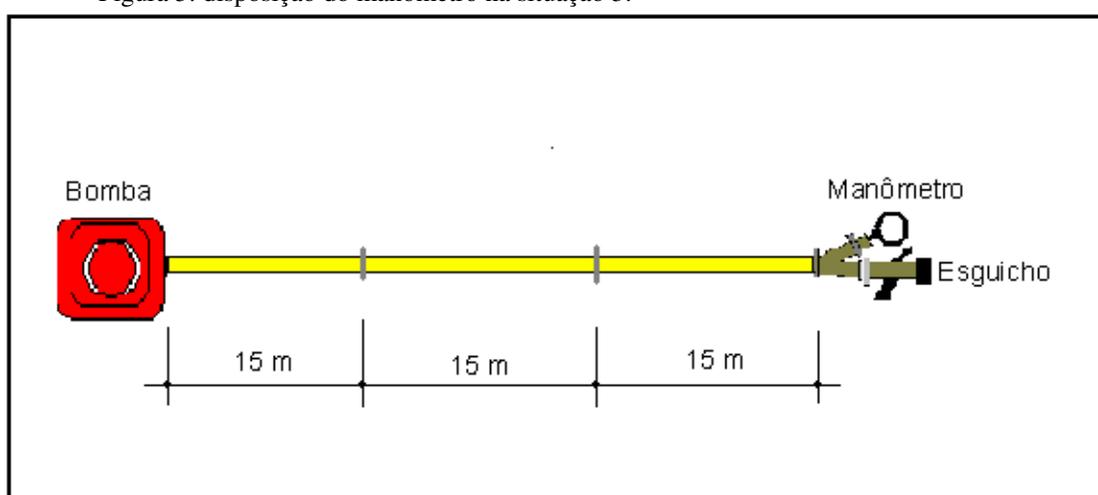


Fonte: do Autor.

4.2.1.3 SITUAÇÃO 3

Repetindo os procedimentos anteriores, agora com o manômetro entre o terceiro lance e o esguicho, ou seja, na ponta da linha (a 45 m do ABT), com a pressão de trabalho de 40 m.c.a. com esguicho aberto, pressão um pouco menor que as situações anteriores para evitar que a sobrepressão chegasse ao fundo de escala do manômetro, repetindo-se também, dez vezes o procedimento de abertura e fechamento súbito do esguicho, e anotando-se as leituras (Figura 5).

Figura 5: disposição do manômetro na situação 3.

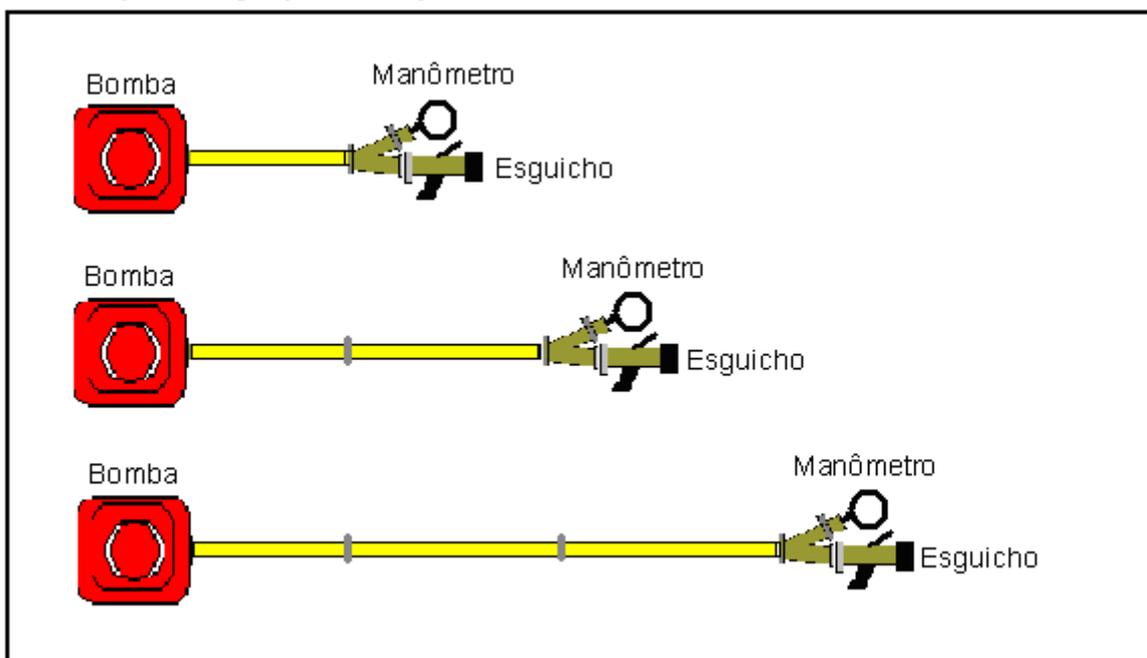


Fonte: do Autor

4.2.2 PROCEDIMENTO 2

Este ensaio visa produzir dados para serem comparados às diferentes sobrepressão máximas ocasionadas pelo golpe de aríete entre linha de mangueira de 1 ½" e 2 ½" de diâmetro, e com diferentes comprimentos (Figura 6).

Figura 6: Disposição das mangueiras e manômetro no Procedimento 2.



Fonte: do Autor.

Neste procedimento, foram montadas três linhas, com 1, 2 e 3 lances de mangueira, com o manômetro entre o último lance e o esguicho para os diâmetros de 1½" e 2½". Com a linha pressurizada à 40 m.c.a., realizou-se o procedimento de fechamento súbito do esguicho, procedendo a leitura da sobrepressão no manômetro obtendo-se os dados da tabela 5.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados dos ensaios em forma de tabelas e gráficos, com uma discussão dos dados obtidos.

5.1 PROCEDIMENTO 1

Como apresentado na seção anterior, o procedimento 1 foi elaborado em três situações distintas, conforme o posicionamento do manômetro na linha de mangueira, apresentando os seguintes dados:

5.1.1 SITUAÇÃO 1

Com a linha disposta conforme a Fig. 3, foi observado que o ponteiro do manômetro oscilava em movimentos rápidos, saindo da marca de 60 m.c.a indo até próximo a marca de 100 m.c.a retornando para 60.m.c.a. conforme tabela 2.

Tabela 2 - Resultados do ensaio na situação 1

MANOBRA	PRESSÃO MÁXIMA REGISTRADA	SOBREPRESSÃO m.c.a	SOBREPRESSÃO %
1º	105 m.c.a	45	75,0
2º	95 m.c.a	35	58,3
3º	100 m.c.a	40	66,6
4º	95 m.c.a	35	58,3
5º	105 m.c.a	45	75,0
6º	105 m.c.a	45	75,0
7º	100 m.c.a	40	66,6
8º	95 m.c.a	35	58,3
9º	105 m.c.a	45	75,0
10º	95 m.c.a	35	58,3
Média	100 m.c.a	40	66,6

Situação 1: Manômetros entre o 1º e o 2º lance de mangueira numa linha de 1 ½" com três mangueiras de 15 m.

Verifica-se que os dados de sobrepressão da Tabela 2 apresentam uma pequena variação. Isso ocorre a diferenças na velocidade de fechamento do esguicho, oscilação do ponteiro do manômetro, alterações na precisão na leitura, etc. Observa-se, neste caso, que a sobrepressão numa linha de 45 m, é de aproximadamente 66,6 %, a 15 m da bomba.

5.1.2 SITUAÇÃO 2

Na disposição da Situação 2 (Figura 4), pode-se também observar que o ponteiro do manômetro oscilava em movimento rápidos, só que agora com um maior gradiente, saindo da marca de 60 m.c.a. e indo até próximo a marca de 110 m.c.a retornando para 60.m.c.a. conforme a Tabela 3 apresenta.

Tabela 3 - Resultados do ensaio na situação 2

MANOBRA	PRESSÃO MÁXIMA REGISTRADA	SOBREPRESSÃO m.c.a	SOBREPRESSÃO %
1º	110 m.c.a	50	83,3
2º	110 m.c.a	50	83,3
3º	112 m.c.a	52	86,6
4º	112 m.c.a	52	86,6
5º	110 m.c.a	50	83,3
6º	110 m.c.a	50	83,3
7º	108 m.c.a	48	80,0
8º	110 m.c.a	50	83,3
9º	108 m.c.a	48	80,0
10º	110 m.c.a	50	83,3
Média	110 m.c.a	50	83,3

Situação 2: Manômetros entre o 2º e o 3º lance de mangueira, numa linha de 1 ½" com três mangueiras de 15 m.

A média das leituras da Tabela 3, apresenta uma sobrepressão maior que na Situação 1. Na mesma linha, sob as mesmas condições, observa-se um aumento de 83,3% na pressão de trabalho.

5.1.3 SITUAÇÃO 3

Na linha montada, conforme disposição representada pela da Figura 5, ou seja, com o manômetro na extremidade da linha, observa-se também que o ponteiro do manômetro, da mesma forma que nos procedimentos anteriores, oscila em movimento rápidos, saindo da marca de 40 m.c.a, até a marca de 105 m.c.a., aproximadamente, retornando para 40 m.c.a. conforme a Tabela 4 apresenta.

Tabela 4 - Resultados do ensaio na situação 3

MANOBRA	PRESSÃO MÁXIMA REGISTRADA	SOBREPRESSÃO m.c.a	SOBREPRESSÃO %
1°	105 m.c.a	65	162,5
2°	105 m.c.a	65	162,5
3°	110 m.c.a	70	175,0
4°	102 m.c.a	62	155,0
5°	107 m.c.a	67	167,5
6°	105 m.c.a	65	162,5
7°	105 m.c.a	65	162,5
8°	106 m.c.a	66	165,0
9°	105 m.c.a	65	162,5
10°	100 m.c.a	60	150,0
Média	105 m.c.a	65	162,5

Situação 3: Manômetros entre o 3º lance de mangueira e o esguicho, numa linha de 1 ½” com três mangueiras de 15 m.

A situação 3 apresenta a maior sobrepressão na linha. Na extremidade da linha, a 45 m da bomba, o golpe de aríete apresentou um aumento de pressão de 162,5 %.

5.2 PROCEDIMENTO 2

Sabendo-se que a sobrepressão máxima provocada pelo golpe de aríete se dá na extremidade junto ao esguicho, conforme constatado no procedimento 1, realizou-se o procedimento 2 para verificar as sobrepressões máximas em linhas de 15 m, 30 m, e 45 m nos diâmetros de 1 ½” e 2 ½” promovendo uma análise comparativa (Tabela 5 e Tabela 6).

Tabela 5 – Dados comparativos das sobrepressões

Mangueira	Comprimento		
	15 m	30 m	45 m
1 ½”	30 m.c.a.	35 m.c.a.	50 m.c.a
2 ½”	20 m.c.a.	25 m.c.a.	30 m.c.a

Sobrepressão máxima provocada pelo golpe de aríete com pressão de trabalho de 40 m.c.a..

Tabela 6 – Dados comparativos das sobrepressões em %

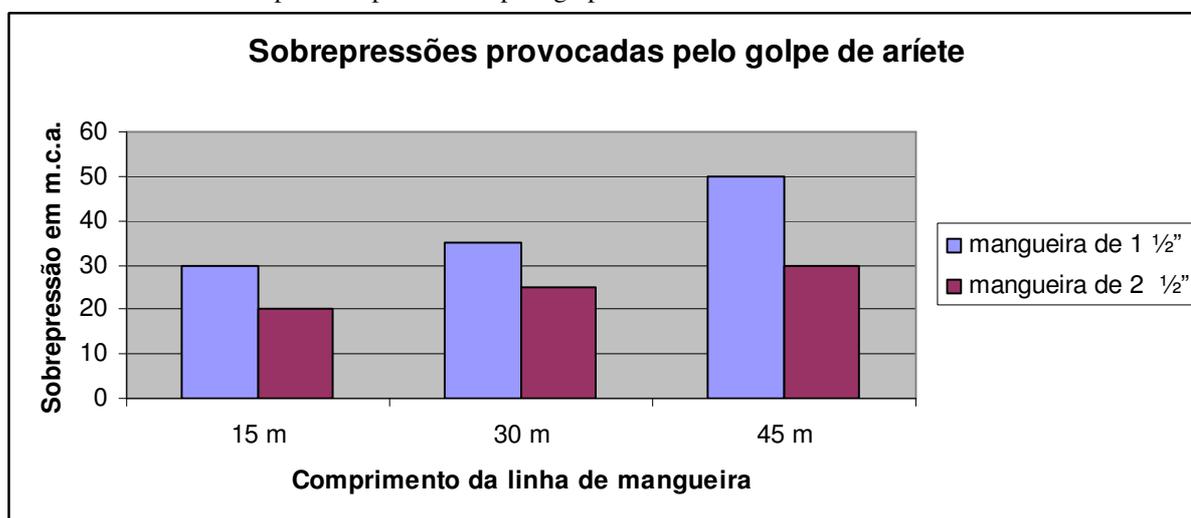
Mangueira	Comprimento		
	15 m	30 m	45 m
1 ½”	75,0%	87,5%	125,0%
2 ½”	50,0%	62,5%	75,0%

Sobrepressão máxima em percentagem provocada pelo golpe de aríete.

As linha de 1 ½”, em relação as linhas de 2 ½”, apresentam maior sobrepressão em todos os comprimentos. Isto se explica pelo fato da sobrepressão ter uma relação diretamente proporcional à velocidade (Fórmula 4), ou seja, quanto maior a velocidade, maior a sobrepressão na mangueira. Por sua vez, a velocidade tem uma relação inversamente proporcional ao diâmetro (Fórmula 6). Com diâmetros menores a água adquire maior energia cinética que provoca um maior golpe quando é parada subitamente.

O Gráfico 1 retrata bem a relação da sobrepressão com o diâmetro e o comprimento das linhas de mangueiras.

Gráfico 1: Sobrepressões provocadas pelo golpe de aríete.



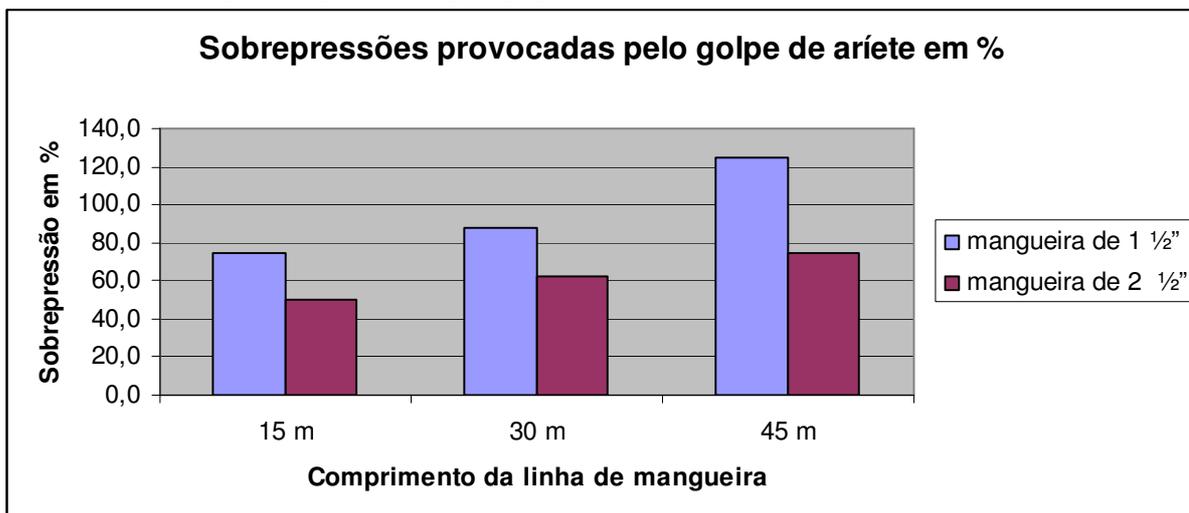
Fonte: Tabela 5.

As linhas de maior comprimento apresentam também, maior sobrepressão, confirmando a adequação da equação aproximada de Michaud (Fórmula 4). A sobrepressão aumenta, de forma linear, com o comprimento das mangueiras, desta forma, quanto mais comprida a linha, maior será a sobrepressão provocada pelo golpe de aríete.

Outra observação que merece destaque é que o Procedimento 1 foi realizado no Centro de Ensino Bombeiro Militar, com mangueiras Tipo 2 do próprio Centro. O Procedimento 2 foi

realizado, por questão de logística, na sede da 1ª Companhia do 1º Batalhão de Bombeiro Militar com mangueiras Tipo 2 daquela sede. Na situação 3 do Procedimento 1, a sobrepressão foi na média de 162,5% (Tabela 4). Porém no Procedimento 2, nas mesmas condições anteriores a sobrepressão foi entorno de 125,0% (Tabela 6), conforme Gráfico 2.

Gráfico 2: Sobrepressões provocadas pelo golpe de aríete me %.



Fonte: Tabela 6.

Esta diferença na leitura de sobrepressão se dá pelo fato de se usar, apesar do mesmo Tipo, mangueiras diferentes, com tempo de uso diferente, o que pode influenciar nas propriedades elásticas do material.

5.3 PROPRIEDADES ELÁSTICAS

As mangueiras, pelas características de seus componentes, se dilatam, quando submetidas à pressão no sentido longitudinal e transversal. A borracha, componente do tubo interno tem o mesmo módulo de elasticidade nas duas direções, se comportando como um balão de aniversário que quando é cheio, aumenta de diâmetro e de comprimento. O reforço têxtil que envolve o tubo de borracha se comporta da mesma maneira. A trama, conjunto de fios disposto transversalmente, possui um módulo de elasticidade que contribui para elasticidade do reforço têxtil no sentido transversal. O urdame, conjunto de fios dispostos longitudinalmente, também possui seu próprio módulo de elasticidade, que quando compo a malha que envolve o tubo de borracha, lhe confere suas propriedades elásticas no sentido longitudinal. Os efeitos deste conjunto é a propriedade das mangueiras, quando submetidas à pressão, aumentarem de diâmetro e de comprimento. Esta propriedade, apesar de limitada

pela NBR 11861 (ABNT, 1998), submete as mangueiras a um movimento de “vai e vem”, expansão e contração, quando sofrem a sobrepressão do golpe de aríete, acarretando um atrito considerável com o solo, capaz de causar danos ao reforço têxtil diminuindo a resistência das mangueiras.

5.4 TIPOS DE MANGUEIRAS

A NBR 11681 (ABNT, 1998) estabelece 5 tipos de mangueiras: Tipo 1, Tipo 2, Tipo 3, Tipo 4 e Tipo 5. Os Tipos são diferenciados pelas características de resistência à pressão, à abrasão, à superfícies quentes e ao ataque de produtos químicos. A norma indica as mangueiras do Tipo 2 e 3 aos Corpos de Bombeiros, no entanto salienta que a escolha de qualquer tipo de mangueira deve ser em função do local e condições de trabalho.

5.5 OUTROS EFEITOS

Durante os ensaios, além de registrar as sobrepressões ocasionadas pelo golpe de aríete, também se observa o comportamento das mangueiras frente ao fenômeno. Constata-se uma movimentação considerável nas mangueiras. As mangueiras, em função de sua elasticidade e do aumento súbito de pressão, tinham suas dimensões aumentadas e na seqüência sofriam uma contração, quando a pressão voltava a ser a de trabalho. Esta expansão e retração, provocava um “vai e vem” que medido na união da segunda e terceira mangueira, chegou a 0,40 m de amplitude. A movimentação provoca um desgaste considerável nas paredes externas das mangueiras em função da abrasão destas com o chão.

6 CONCLUSÃO

O golpe de aríete é um fenômeno complexo que depende de muitas variáveis, e está presente nas mangueiras de incêndios durante as atividades de combate ao fogo, submetendo-as a sobrepressões que podem ultrapassar a pressão de trabalho recomendada, causando-lhes fadiga e abrasão, que podem vir a diminuir sua vida útil.

A intensidade das sobrepressões depende do material que é composto as mangueiras, do comprimento, do diâmetro das mangueiras, e a velocidade de fechamento do esguicho. Observa-se que quanto mais compridas as linha de mangueiras, maior a sobrepressão provocada pelos golpes de aríetes. O comprimento das linhas de mangueiras é determinado pela natureza das ocorrências. Depende de fatores como o acesso das viaturas, as dimensões das edificações, as disposições dos cômodos, etc.. O comprimento das linhas de mangueiras será sempre de acordo com o necessário para que o bombeiro combata o fogo eficazmente. Contudo, este trabalho recomenda que, quando possível for, deve se optar por linhas curtas.

O diâmetro das linhas de mangueiras são escolhidos, em via de regra, por suas funções. As linhas adutoras por, necessitarem de maior capacidade de vazão, geralmente são de 2 ½". As linhas de ataque, por precisarem de maior maneabilidade durante o combate ao incêndio, são geralmente de 1 ½" por serem mais leves. Então, apesar das mangueiras de menor diâmetro apresentarem maiores sobrepressões, não se pode evitar o seu uso no combate a incêndio.

Outro fator a ser considerado é a velocidade do fechamento do esguicho que influencia muito na intensidade do golpe de aríete. Assim, quanto mais rápido for o fechamento do esguicho, maior será a sobrepressão. Porém, a atividade de combate a incêndio exige em algumas técnicas, pequenos e rápidos pulsares de água nas camadas de gases quentes do incêndio. Este procedimento é correto e importante tanto para a segurança dos combatentes do fogo quanto para o sucesso do combate ao sinistro. Fica aqui a recomendação para que, quando for possível, os esguichos sejam fechados lentamente de modo a diminuir os efeitos do golpe de aríete ou até mesmo anulá-los.

Cabe salientar que as sobrepressões constantes a que as mangueiras de combate a incêndio estão sujeitas provocam fadiga no material pela conseqüente e repetida expansão e contração das paredes do tubo. No entanto, a abrasão, ou seja, o atrito das paredes das mangueiras com o solo, apresenta-se como maior efeito resultante do golpe de aríete, por conta das propriedades elásticas das mangueiras. Quando ocorre sobrepressão, as mangueiras

se dilatam para depois se contraírem quando a sobrepressão se dissipa, provocando um “vai e vem” que acarreta um forte atrito com o solo.

Sendo o golpe de aríete um fenômeno presente nas linhas de mangueiras de combate a incêndios, cuja intensidade, por vezes, torna-se impossível de se amenizar, este trabalho apresenta como sugestão principal, que as mangueiras de combate a incêndios do Corpo de Bombeiros de Santa Carina tenham uma alta pressão de trabalho e um reforço têxtil duplo, considerando as mangueiras Tipo 3 da NBR 11861 (ABNT, 1998) como mais adequadas a estas características, peculiares ao trabalho da corporação.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Euclides, DA CÂMARA, Hely F. A Força Pública de São Paulo: esboço histórico. 1831-1931. São Paulo: Sociedade Impressora Paulista, 1931.

ARRIVABENE, Vladimir. *Resistência dos materiais*. São Paulo: Markron Books, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 11861: mangueiras de incêndio*. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

_____. *NBR 12779: inspeção manutenção e cuidados com mangueiras de incêndio*. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. *Manual de Hidráulica*. São Paulo: Blucher, 2003.

FERREIRA, Edil Daubian. *Segurança: dicionário para bombeiros*. V. 2. São Paulo: Centrais Impressoras Brasileiras, 1985.

GILES, Ranald V.. *Mecânica dos fluidos e hidráulica: resumo da teoria, 475 problemas resolvidos, 365 problemas propostos*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978.

INTERNATIONAL FIRE SERVICE TRAINING ASSOCIATION. *Fire service orientation and terminology*. 3. ed. Stillwater, Fire Protection Publications-Oklahoma State University, 1988.

_____, *Hose practices*. 7. ed. Stillwater, Fire Protection Publications-Oklahoma State University, 1988.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. *Fundamentos de metodologia científica*. 3. ed. rev. e amp. São Paulo: Atlas, 1991.

_____, *Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1992.

CBMSC, Manual de combate a incêndio do curso de formação de soldados. Florianópolis: CBMSC, 2006.

OLIVEIRA, Marcos de. *Manual de estratégias, táticas e técnicas de combate a incêndio estrutural: comando e controle de operações de incêndio*. Florianópolis: Editograf, 2005.

ROSOLEN, Julio Flávio. *Mangueira de grande diâmetro: proposta para seu emprego no Corpo de Bombeiro*. 1997. 181 f. (Monografia) – Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais, Polícia Militar do Estado de São Paulo, São Paulo, 1997.

GLOSSÁRIO

Adutora: Linha de mangueira de 2 1/2” destinada a transportar água da fonte para uma viatura ou da viatura para um divisor.

Coefficiente de descarga C_d : É o coeficiente utilizado para corrigir o cálculo da vazão em orifício ou bocais. É obtido pelo produto do coeficiente de contração C_c pelo coeficiente de correção C_v . A água, ao passar pelo orifício, se contrai formando um jato cuja seção é menor que o orifício, assim, o C_c é obtido pelo quociente da seção do jato pela seção do orifício. O C_v serve para corrigir a velocidade da água, ou diminuí-la, pois a velocidade teórica da água não leva em conta as perdas existentes na realidade. $C_d = C_c C_v$.

Jato neblinado: Jato de água com um raio grande formado de pequeninas gotas.

Jato Pleno: Ou jato compacto, jato de água que sai do esguicho em uma única massa, com pouca desagregação de gotas.

Lance de mangueira: parte unitária da linha de mangueira.

Linha de ataque: Conjunto de mangueiras munido de esguicho, utilizadas no combate direto ao fogo.

Linha de Mangueiras: Dispositivos composto por duas ou mais mangueiras acopladas entre si.

Plano neutral: Linha imaginária que separa a zona de pressão positiva (camada superior de gases) da zona de pressão negativa (camada inferior de ar).

By Pass : Passagem alternativa para um fluído.