

**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA
DIRETORIA DE ENSINO
CENTRO DE ENSINO BOMBEIRO MILITAR
ACADEMIA BOMBEIRO MILITAR**

ÉROS ALFREDO JAHN FILHO

**ANÁLISE DO SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA DAS VIATURAS AUTO
BOMBA TANQUE RESGATE DO CBMSC**

FLORIANÓPOLIS

2019

Éros Alfredo Jahn Filho

**ANÁLISE DO SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA DAS VIATURAS AUTO
BOMBA TANQUE RESGATE DO CBMSC**

Projeto de Pesquisa apresentado para elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso em cumprimento parcial às exigências do Curso de Formação de Oficiais, do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

Linha de Pesquisa: Tecnologia na Atividade Bombeiro Militar.

Orientador: Cap BM Felipe Gelain

Florianópolis
Novembro 2019

Jahn Filho, Éros Alfredo

Análise do sistema de bombeamento de água das viaturas auto bomba tanque resgate do CBMSC / Éros Alfredo Jahn Filho. -- Florianópolis : CEBM, 2019.

64 p.

Monografia (Curso de Formação de Oficiais) – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, Centro de Ensino Bombeiro Militar, Curso de Formação de Oficiais, 2019.

Orientador: Cap BM Felipe Gelain, Esp.

1. Caminhões de Combate a Incêndio. 2. Sistema de Bombeamento de água. I. Gelain, Felipe . II. Título.

ÉROS ALFREDO JAHN FILHO

**ANÁLISE DO SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA DAS VIATURAS AUTO
BOMBA TANQUE RESGATE DO CBMSC**

Monografia apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

Banca Examinadora:

Orientador(a):

Felipe Gelain
Cap BM
CBMSC

Membros:

Roberto Weingartner
Maj BM
CBMSC

George de Vargas Ferreira
Maj BM
CBMSC

Felipe Gelain
Cap BM
CBMSC

Florianópolis, 04 de novembro de 2019

Dedico esse trabalho a minha mãe, Lurdete.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Jesus Cristo, pela minha vida, pela minha família, pelo meu trabalho, enfim, por tudo.

Agradeço a minha família, principalmente à minha mãe, Lurdete, e meu irmão, Helmuth, que acompanham de perto toda a minha trajetória e sempre estão dispostos a me apoiar. Tal apoio fez toda a diferença no momento em que decidi pedir demissão de um emprego promissor em uma multinacional alemã para iniciar a minha preparação para o concurso de ingresso no Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

Agradeço à minha namorada Thais, pela companhia, apoio e compreensão.

Agradeço ao meu orientador, Cap BM Felipe Gelain, pela disponibilidade, pela franqueza na orientação e por compartilhar seus conhecimentos para a realização desse trabalho.

Agradeço aos colegas de turma pela parceria e camaradagem, as quais espero levar para o resto da vida.

RESUMO

Os caminhões Auto Bomba Tanque Resgate (ABTR) são um recurso essencial na atuação do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC). Cumpre salientar que sua aquisição envolve elevados investimento e detalhamento técnico. Apesar dessa relevância, ainda não há nessa corporação estudos formais a respeito desse tema no intuito de formar uma base de conhecimentos para discussão, consulta e melhorias para novas aquisições. O presente trabalho faz um estudo sobre os principais elementos do sistema de bombeamento de água desses caminhões a fim de Identificar as particularidades dos sistemas de bombeamento de água para combate a incêndio dos caminhões ABTR. Para tanto, é necessário contextualizar os caminhões ABTR na atuação do CBMSC, apresentar e descrever os principais componentes do sistema de bombeamento de água e comparar grandezas físicas envolvidas nos sistemas de bombeamento de água. A partir de pesquisa exploratória e descritiva foi possível conhecer melhor a respeito do uso dos caminhões ABTR no CBMSC assim como concluir que a bomba de 500 gpm atende de forma satisfatória as ocorrências as quais os militares do CBMSC atendem.

Palavras-chave: Caminhões de Combate a Incêndio. Sistema de Bombeamento de água.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição dos eixos e rodas nos caminhões Toco, Trucado, Traçado e Bi-truck	21
Figura 2 – Tanque interno.....	23
Figura 3 – Tanque externo.....	23
Figura 4 – Fluxo da energia utilizando sistema hidráulico.....	25
Figura 5 – Sistema com unidade hidráulica para acionar atuadores.....	25
Figura 6 – Caminhão basculante, exemplo de aplicação de tomada de força com atuadores hidráulicos.....	26
Figura 7 – Fluxo da energia diretamente da TDF para o equipamento final.....	26
Figura 8 – Modelos de tomada de força da fabricante Takarada.....	27
Figura 9 – Posições para instalação das tomadas de força no trem de força.....	28
Figura 10 – Tomada de Força Dianteira.....	30
Figura 11 – Local de de instalação da TDF traseira no motor Ford.....	30
Figura 12 – Posição de instalação da TDF traseira no motor VW.....	30
Figura 13 – Tomada de força na transmissão.....	31
Figura 14 – Possibilidades de posição para a instalação das tomadas de força.....	32
Figura 15 – Aberturas para instalação das TDFs em motores Ford.....	32
Figura 16 – Tomada de força acoplada na transmissão.....	34
Figura 17 – Tomada de Força com eixo seccionado - bomba no meio do caminhão.....	35
Figura 18 – Tomada de Força com eixo seccionado - bomba na traseira do caminhão.....	36
Figura 19 – Sistema de bombeamento utilizando a Tomada de força Sanduíche.....	36
Figura 20 – Tomada de força sanduíche desmontada e montada entre motor e transmissão...	37
Figura 21 – Montagem de uma TDF Sanduíche.....	38
Figura 22 – Formas de instalação da bomba de 500 gpm. Split Shaft PTO (esquerda) e PTO na transmissão (direita).....	40
Figura 23 – Curva de operação da bomba de modelo 500 gpm Mitren.....	41
Figura 24: Formas de instalação da bomba de 500 gpm. Split Shaft PTO (esquerda) e PTO na transmissão (direita).....	42
Figura 25 – Curva de operação da bomba de modelo 750 gpm.....	43
Figura 26 – Mangueira tipo 1, 2 e 3.....	46
Figura 27 – Mangueira tipo 4 e 5.....	46
Figura 28 – Curva de perda de carga da mangueira tipo 2.....	48
Figura 29 – Esguicho Quadrafog FQS125PS.....	49
Figura 30– Seleção de vazão e acionamento do Quadrafog FQS125PS.....	49
Figura 31 – Curva de operação do Quadrafog FQS125PS.....	51

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Estabelecimentos para o combate a incêndio.....	18
Quadro 2 – Dados gerais dos caminhões Toco e Trucado.....	22
Quadro 3 – Características da tomada de força em função da posição de instalação no trem de força.....	29
Quadro 4 – Pontos de operação da bomba de 500 gpm.....	41
Quadro 5 – Pontos de operação da bomba de 750 gpm.....	43
Quadro 6 – Mangueiras de combate a incêndio.....	44
Quadro 7 – Ensaio para as mangueiras segundo a norma NBR 11861.....	45
Quadro 8 – Limites de pressão das mangueiras de combate a incêndio.....	47
Quadro 9 – Especificações do esguicho modelo Quadrafog FQS125PS.....	50
Quadro 10 – Pressões e perdas de carga do cenário 1.....	55
Quadro 11 – Pressões e perdas de carga do cenário 2.....	56
Quadro 12 – Pressões e perdas de carga do cenário 3.....	56
Quadro 13 – Pressões e perdas de carga do cenário 4.....	58
Quadro 14 – Pressões e perdas de carga do cenário 5.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS

ABTR – Auto Bomba Tanque Resgate
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
CBMSC – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina
EPI – Equipamento de Proteção Individual
GPM – Galões por Minuto
HP – Horsepower
IN – Instrução Normativa
kgf/cm² – Quilograma-Força por Centímetro Quadrado
kPa – Kilopascal
kW – Kilowatt
LPM – Litros por Minuto
LGE – Líquido Gerador de Espuma
NBR – Norma Brasileira
NFPA – National Fire Protection Association
Nm – Newton Metro
POP – Procedimento Operacional Padrão
PSI – Libras por Polegada Quadrada
PTO – Power Take-off
REPTO – Rear Power Take-off
RPM – Rotações por Minuto
PVC – Policloreto de Vinila
TDO – Tomada de Força
TFT – Task Force Tips
VTR – Viatura

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 PROBLEMA.....	13
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.2.1 Objetivo Geral.....	15
1.2.2. Objetivos Específicos.....	15
1.3 JUSTIFICATIVA.....	15
2 CAMINHÕES AUTO BOMBA TANQUE RESGATE.....	17
2.1 ESTABELECIMENTOS PARA COMBATE A INCÊNDIO.....	17
2.2 A VIATURA AUTO BOMBA TANQUE RESGATE (ABTR).....	19
2.3 TIPOS DE CAMINHÕES.....	20
2.4 TANQUE DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA.....	22
2.5 TOMADAS DE FORÇA.....	24
2.5.1 Possibilidades de instalação de Tomada de Força.....	28
2.5.2 Tomada de Força dianteira, acionada por correias.....	29
2.5.3 Tomada de força na traseira do motor (volante do motor).....	30
2.5.4 Tomada de Força Acoplada à caixa de transmissão.....	31
2.5.5 Caixa de Transferência ou TDF de Eixo Seccionado (<i>Split Shaft PTO</i>).....	34
2.5.6 Tomada de Força Sanduíche (<i>Sandwich PTO</i>).....	36
3 SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA.....	39
3.1 BOMBAS HIDRÁULICAS.....	39
3.1.1 Bombas hidráulicas para combate a incêndio segundo a norma NBR 14096:2016.....	39
3.2 MANGUEIRAS PARA COMBATE A INCÊNDIO.....	43
3.2.1 ABNT NBR 11861: “Mangueira de Incêndio – Requisitos e métodos de ensaio.....	44
3.2.2 Tipos de Mangueira de Combate a Incêndio.....	45
3.3 ESGUICHO.....	48
4 FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA.....	53
4.1 COMPARAÇÃO DOS CENÁRIOS.....	54
5 CONCLUSÃO.....	59
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

1 INTRODUÇÃO

A viatura Auto Bomba Tanque Resgate (ABTR) do Corpo de Bombeiros de Santa Catarina é imprescindível para o desempenho da atividade bombeiro militar pois pode ser empregada em todo o contexto operacional. Esse contexto compreende predominantemente: combate a incêndio (estrutural e florestal), atendimento pré-hospitalar, resgate veicular, corte de árvores, manejo de insetos, produtos perigosos, salvamento, busca e resgate.

Nessa viatura, tem-se o sistema de bombeamento de água para o combate a incêndio, atividade mais tradicional da corporação. Tal sistema junto ao trem de força (conjunto de componentes que são responsáveis pela geração e transmissão de força até o solo para que o equipamento seja tracionado) formam o “coração dos ABTR”. Por isso esse conjunto de equipamentos é tão relevante no estudo dessa viatura.

1.1 PROBLEMA

Os caminhões são um dos equipamentos mais simbólicos da atividade bombeiril e devido à ampla variedade de tipos de ocorrência que os bombeiros militares atendem, há diferentes tipos de caminhões: auto escada mecânica, auto tanque, auto bomba tanque, entre outros.

Nesse contexto, os ABTR recebem destaque, tendo em vista que permitem combinar os principais recursos encontrados nas viaturas especializadas em apenas um veículo. Além dessa praticidade, os ABTR adequam-se à realidade de efetivo reduzido em diversos quartéis do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC), razão pela qual sem eles seria inviável a mobilização de diversos veículos específicos para atender uma mesma ocorrência..

Apesar da importância dos caminhões auto bomba tanque resgate no serviço operacional do CBMSC, ainda não se tem especificações técnicas – como modelo de veículo, chassis, tipo de cabine, sistema de bombeamento, etc – definidas ou padronizadas que norteiem e facilitem a decisão de qual o melhor modelo para aquisição e utilização nos quartéis. Tal indefinição é, em parte, fruto da combinação da realidade do mercado brasileiro de caminhões de combate a incêndio juntamente com a limitação de recursos públicos que restringe a compra de modelos importados mais aprimorados.

A começar pelo mercado de caminhões de combate a incêndio, há opções estrangeiras

e nacionais de fornecedores. Os fabricantes estrangeiros especializados, como os conhecidos Rosenbauer e Magirus possuem amplo *Know-how* no segmento, contudo seus elevados custos para aquisição e manutenção tornam-nos inviáveis para o CBMSC.

Devido a isso, torna-se mais interessante financeiramente buscar os fornecedores nacionais. No entanto, diferentemente dos fabricantes estrangeiros especializados, os nacionais atuam predominantemente no encarroçamento de caminhões, ou seja, na adaptação da carroceria de caminhões para aplicações diversas além da bombeiril, como: coletores de lixo, caminhões betoneira. Ou seja, apesar dos custos menores, os produtos nacionais encontram-se ainda em um nível de especialização inferior aos concorrentes estrangeiros.

Nesse contexto, quando uma Organização Bombeiro Militar (OBM) vai especificar os requisitos do caminhão para a compra, há diversas possibilidades de parâmetros envolvidos. Assim, frente a uma ampla variedade de opções, as escolhas são feitas muitas vezes com base em modelos existentes, sugestões do fabricante, ou até mesmo preferências ou impressões pessoais. Tal carência de subsídios técnicos e teóricos na seleção dessas viaturas não se trata de incompetência ou má-fé por parte dos envolvidos, mas sim consequência do contexto nacional nesse segmento, no qual todos os participantes estão em um processo de evolução.

Nesse âmbito, cita-se a norma ABNT NBR 14096:2016 a qual versa sobre viaturas de combate a incêndio e seus requisitos de desempenho, fabricação e métodos de ensaio. Esse é o principal documento nacional de referência no tema e ainda assim copia muitos requisitos da norma americana para veículos de combate a incêndio, denominada NFPA 1901: *Standard for Automotive Fire Apparatus*.

Tal fato vem a reforçar a necessidade de evolução do mercado brasileiro, haja vista que ainda adota-se requisitos de uma norma que foi elaborada com base em um país de realidade e peculiaridades diferentes das do Brasil.

Nesse contexto, torna-se importante uma análise pormenorizada do sistema de bombeamento de água para o combate a incêndio. Entender os componentes integrantes, seu funcionamento, suas especificações e suas inter-relações é fundamental para o processo de aquisição dessas viaturas e, certamente, o primeiro passo para uma futura padronização no CBMSC.

Com base no que foi apresentado, tem-se a seguinte pergunta de pesquisa: **quais são os principais fatores que devem ser levados em consideração ao especificar-se o sistema de bombeamento de água para uma viatura Auto Bomba Tanque Resgate do CBMSC?**

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Identificar as particularidades dos sistemas de bombeamento de água para combate a incêndio dos caminhões ABTR.

1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Contextualizar os caminhões ABTR no serviço de combate a incêndio do CBMSC;
- b) Apresentar e descrever os principais componentes do sistema de bombeamento de água;
- c) Comparar grandezas físicas envolvidas nos sistemas de bombeamento de água.

1.3 JUSTIFICATIVA

A opção de pesquisar e escrever a respeito dos sistemas de bombeamento de água para combate a incêndio dos caminhões ABTR foi motivada por uma série de fatores inter-relacionados de âmbito pessoal, profissional e institucional.

No âmbito pessoal, o fato de ser engenheiro mecânico – e devido a isso ter maior familiaridade e facilidade para pesquisar e trabalhar com informações técnicas da área de veículos, hidráulica, e mecânica em geral – trouxe mais confiança e interesse para estudar a respeito das viaturas ABTR e procurar contribuir nesse sentido.

A partir dessa identificação pessoal com a área relacionada aos ABTR, profissionalmente senti-me comprometido com esse tema, pois na posição de Cadete do CBMSC, possivelmente estarei envolvido em contratações para aquisição e manutenção desses veículos, as quais envolvem elevado investimento e alto grau de detalhamento técnico.

Do ponto de vista institucional, percebi que apesar de haver integrantes da tropa com elevada expertise no assunto em questão, esse conhecimento ainda não se encontra institucionalizado na corporação. Até o presente momento não há um padrão a ser seguido ou sequer uma cartilha ou material de orientação para auxiliar a tomada de decisão relativa a especificação nos termos de referência para a aquisição dos ABTR.

Nesse contexto, frequentemente os incumbidos da missão de especificar os termos de compra dessas viaturas acabam baseando-se em modelos já existentes – seja copiando algum específico ou misturando características de diversas viaturas –, seguindo as recomendações de fabricantes e até mesmo “inventando” especificações muitas vezes sem um embasamento teórico e técnico. Como resultado disso, o CBMSC permanece sujeito a cometer erros recorrentes, o que impacta na qualidade de seu atendimento.

Dessa maneira, torna-se interessante essa iniciativa de condensar as informações que encontram-se dispersas por entusiastas da área na corporação, normas técnicas, livros de engenharia e catálogos de fabricantes no intuito de produzir conhecimento que subsidie as futuras tomadas de decisão.

2 CAMINHÕES AUTO BOMBA TANQUE RESGATE

Institucionalmente, a aplicação dos caminhões ABTR está diretamente relacionada à Diretriz de Procedimento Operacional Padrão número 14 do Comando-Geral (DtzPOP Nr 14-CmdoG). Tal documento versa sobre as normas gerais de funcionamento do Serviço de Combate e Extinção de Incêndio em Edificações prestado pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

2.1 ESTABELECIMENTOS PARA COMBATE A INCÊNDIO

Os estabelecimentos para combate a incêndio são as configurações possíveis para a disposição das linhas de mangueira e combatentes na cena de incêndio. Nesse sentido, a DtzPOP Nr 14, documento proveniente da 3ª Seção do Estado-Maior-Geral, expressa em sua seção “f. Da proteção pessoal necessária ao BM combatente”, no tópico 5:

“Em situações muito complexas, como por exemplo num incêndio de maiores proporções, recomenda-se que o Cmt Op designe um ou mais Oficiais de Segurança para avaliar e informar a ele aos Chefes de Setores sobre perigos e riscos potenciais que possam afetar a segurança de qualquer um dos envolvidos na operação. Nestes casos, recomenda-se também a adoção do sistema de segurança “2 dentro – 2 fora”, ou seja, sempre que uma dupla de bombeiros de linha ingressam numa edificação sinistrada, outros dois BBMM ficam fora preparados para atividades de suporte ou mesmo para ingressar imediatamente em casos de emergência e necessidade de resgate.” (CBMSC, 2017, p. 6)

Desse dispositivo, percebe-se a importância da prontidão de outros 2 bombeiros para atuarem no suporte aos militares que estejam combatendo diretamente as chamas. Essa atuação pode ocorrer como um revezamento, resgate emergencial e resfriamento de estruturas e áreas vizinhas a comando do Comandante da Operação.

O rodízio deve ocorrer de acordo com o tópico 7, o qual limita a 20 minutos de trabalho consecutivo no interior da edificação – onde os combatentes estão expostos aos riscos potenciais e ao calor – para 10 minutos de descanso. Esse controle também pode ser feito pelo Oficial de Segurança. Além dessa intervenção, pode haver também a necessidade de socorrer o combatente que se encontra no combate direto ao incêndio, nesse caso os dois bombeiros encontram-se no exterior em prontidão para fazer o resgate.

Mas é na terceira situação que torna-se expressa a necessidade de disponibilizar linhas auxiliares de combate a incêndio seja para resfriar estruturas e combustíveis potenciais nas

proximidades, auxiliar no combate direto ou até mesmo para proteger os bombeiros que estejam em combate. Nesse sentido, a Diretriz de Procedimento Operacional Padrão N°14 na seção “h. Das prioridades táticas numa emergência de incêndio” menciona no tópico 2:

“Caso a opção do Cmt Op seja pelo plano de combate ofensivo, este deverá ser estruturado de forma a permitir um ataque interior, com vistas a rápida extinção do incêndio. Essa estratégia inclui as seguintes ações de comando:

..
e) providencia, assim que possível, apoio aos bombeiros que iniciaram o ataque, com a montagem de linhas de segurança (linhas de combate adicionais).” (CBMSC, 2017, p. 8)

A montagem de linhas de combate a incêndio também é prevista no item “3) ... no caso de um combate defensivo” no qual no tópico c é prevista o “apoio aos bombeiros que iniciaram o ataque com a montagem de linhas de segurança”.

Essa montagem de linhas adicionais pode ser executada sob diversas configurações. Nesse sentido, o Manual de Capacitação em Combate a Incêndio Estrutural do CBMSC discorre a respeito das táticas para montagem de estabelecimento. Dependendo da quantidade de bombeiros disponíveis, é determinado o tipo de estabelecimento de acordo com a Tabela abaixo:

Quadro 1 – Estabelecimentos para o combate a incêndio.

Tipo de Estabelecimento	I	II	III	IV
Adutora	1 lance	1 lance	1 lance	1 lance
Linha da direita	1 lance	1 lance	2 lances	2 lances
Linha da esquerda	-	1 lance	1 lance	2 lances

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2018, p. 98)

Dessa maneira, conclui-se que a situação de maior demanda possível de vazão de água pela bomba do caminhão (de acordo com a doutrina do CBMSC) é o tipo IV, formado por 1 lance de adutora, e dois lances em série para cada saída do divisor.

Visto isso, a partir da próxima seção serão tratadas as características das viaturas ABTR segundo a norma ABNT NBR 14096:2016.

2.2 A VIATURA AUTO BOMBA TANQUE RESGATE (ABTR)

O caminhão Auto Bomba Tanque Resgate é uma viatura de grande versatilidade para as operações bombeiris. Essa polivalência se justifica pois ele contém uma bomba hidráulica (para combate a incêndio), um tanque de armazenamento de água e compartimentos para armazenamento de diversas ferramentas. Dessa maneira, o ABTR consegue atender de maneira eficiente uma ampla variedade de tipos de ocorrências.

Levando em consideração que o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina encontra-se presente em todas as regiões do estado e atua nas mais variadas realidades, essa viatura deve ser capaz de atender ocorrências de resgate veicular, manejo de insetos, salvamento em altura, salvamento aquático, apoio a atendimento pré-hospitalar, assim como busca e resgate, deparando-se com os mais diferentes contextos, seja em grandes centros ou até mesmo nas zonas rurais.

De acordo com a norma ABNT NBR 14096:2016 – a qual versa sobre viaturas de combate a incêndio e seus requisitos de desempenho, fabricação e métodos de ensaio – o ABTR assemelha-se com a definição de *Auto Bomba Salvamento (ABS)*, a qual pode ser definida como:

“Viatura construída de acordo com a Seção 9, equipada com bomba de combate a incêndio, com vazão nominal de no mínimo 3 000 lpm (750 gpm), tanque para transporte de água com capacidade mínima de 2 000 L e máxima de 4 000 L, acomodação para transporte de material de combate a incêndio, material de salvamento, e cabina única para acomodação de no mínimo cinco tripulantes, podendo ser equipada ou não com barco, adequadamente fixado à viatura.” (ABNT, 2016, p. 7)

A partir dessa definição da norma, entende-se que além dessa viatura ser potente e possuir manobrabilidade para atuar no atendimento a ocorrências em meio urbano (o que é inerente a atuação bombeiril), deverá conciliar a capacidade de carga para transportar os equipamentos e proporcionar a devida autonomia de água para combate a incêndios – o que pode totalizar até 4000 kg apenas de água.

Diante de tal fato, torna-se relevante conhecer os tipos de caminhões no intuito de definir qual categoria é a mais adequada para ser utilizada nos caminhões ABTR do CBMSC.

2.3 TIPOS DE CAMINHÕES

A escolha do tipo correto de caminhão é a melhor maneira de seguir as normas do CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito). Esse órgão estabelece os limites de carga e peso dos diferentes tipos de caminhões por meio de deliberações. Tal regulação justifica-se por motivos de segurança e no intuito de preservar a integridade das estradas no país.

Em relação à segurança, deve ser observado que um veículo que trafega com excesso de peso sobrecarrega sua estrutura e seus componentes, como pneus, rolamentos, suspensões, freios – diminuindo a sua vida útil e demandando mais manutenções. Dessa maneira, aumentam-se as probabilidades de ocorrerem falhas mecânicas que podem levar a acidentes de trânsito, colocando pessoas em risco.

Além dos riscos de acidentes, a integridade da infraestrutura rodoviária também é prejudicada quando há o sobrepeso dos caminhões. Isso acontece porque ao trafegar com cargas acima dos limites permitidos, há maior pressão sobre os pneus, o que leva ao desgaste precoce das estradas.

Para evitar esses problemas, os caminhões são devidamente projetados a fim de atender diferentes limites de carga. Para cada categoria, seus componentes e sistemas diferenciam-se no intuito de atender as solicitações estruturais e mecânicas.

Para exemplificar, quanto mais pesado for o caminhão, mais rodas e eixos ele deverá possuir no intuito de distribuir melhor a sua carga, de forma que não haja pontos de contato com o solo que danifiquem a pavimentação da via devido ao sobrepeso.

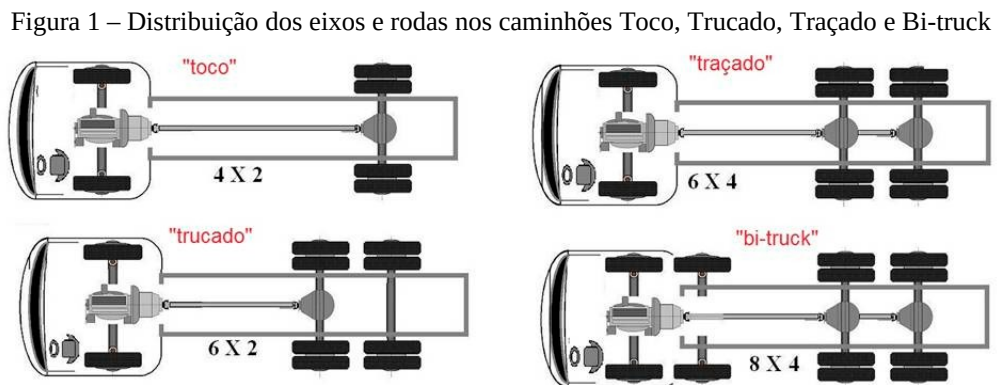
O caminhão semipesado, também chamado *Toco* é o modelo de entrada dos caminhões. Sua configuração é a mais básica pois tem um eixo simples na parte dianteira e um para as rodas traseiras. Esse eixo traseiro recebe a potência motriz por meio do eixo cardã, dessa maneira esse veículo também é denominado 4x2 pois possui quatro rodas no total, sendo que duas delas fornecem a tração para o veículo se deslocar e transportar até 6 toneladas totalizando um peso bruto de até 16 toneladas. Seu comprimento máximo é de 14 metros.

Acima dessa categoria, há o caminhão pesado, informalmente denominado *Trucado*. Esse modelo recebe um eixo a mais na parte traseira, sendo que ele não recebe a potência diretamente do eixo cardã – como pode ser observado na Figura 1. Esse terceiro eixo serve

para melhorar a estabilidade do caminhão e suportar mais carga sem receber qualquer força motriz. Por isso ele também é chamado de veículo 6x2, pois possui seis rodas no total com apenas duas que fornecem a tração ao conjunto. Sua capacidade de carga é de 10 a 14 toneladas, peso bruto máximo de 23 toneladas e comprimento de 14 metros.

A título de curiosidade, também há o caminhão traçado e o Bi-truck. O primeiro tem 3 eixos, sendo 1 deles dianteiro, e 2 deles traseiros e com tração. Também chamado 6x4 (pela mesma lógica dos anteriores, pois há quatro rodas fornecendo tração diretamente da transmissão do motor). O nome traçado é dado porque é um veículo de dois eixos de tração nas rodas traseiras. Já o caminhão Bi-truck possui 4 eixos, sendo os 2 eixos dianteiros direcionais. O caminhão é do tipo 8x2 ou 8x4.

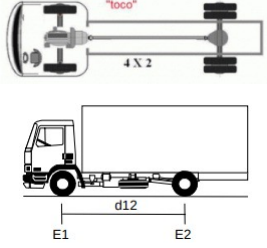
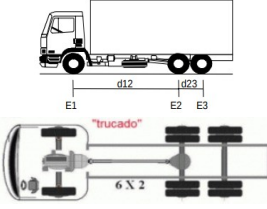
Na Figura 1, é possível visualizar os tipos de caminhão supracitados:



Fonte: Mello (2015)

Dentre os vários tipos de caminhões, os mais aplicados ao meio urbano são o Caminhão Semipesado (*Toco*) e o Caminhão Pesado (*Trucado*). Essas classes aliam a capacidade estrutural para suportar a carga necessária nos trabalhos urbanos – como distribuição de alimentos, recolhimento de lixo, entrega de gás, guincho entre outros – com a potência e a agilidade para deslocamentos dentro das cidades.

Quadro 2 – Dados gerais dos caminhões Toco e Trucado

Tipo	Silhueta	Característica	Peso Bruto Máximo [ton]
Semipesado “Toco”		<p>E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton ou a capacidade declarada pelo fabricante do pneumático.</p> <p>E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. $d_{12} < 3,50$ m</p>	16
Pesado “Trucado”		<p>E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton.</p> <p>E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. $d_{12} > 2,40$ m $1,20 < d_{23} < 2,40$ m</p>	23

Fonte: Conselho Nacional de Trânsito (1998)

Como mencionado no capítulo anterior, a viatura ABTR deve suportar um tanque de armazenamento de água de até 4000 litros de água, além do chassi, dos equipamentos, estrutura e tripulantes. Posto isso, percebe-se que o caminhão Toco atende de forma satisfatória as necessidades para essa aplicação, sendo o caminhão Pesado superdimensionado.

Há diversas opções nessa categoria de caminhão no mercado brasileiro, os modelos mais comercializados são o Mercedes Benz Atego, Volkswagen Constellation, Volvo VM, Ford Cargo, Scania série P e Iveco Tector.

Nesse momento, após ter sido contextualizado o emprego dos ABTR no CBMSC e comentado a respeito da seleção do tipo de caminhão mais adequado para essa finalidade, pode-se iniciar o estudo do sistema de bombeamento de água.

2.4 TANQUE DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA

Esse reservatório é uma peça chave do caminhão pois influencia na autonomia do combate ao incêndio, na estabilidade da viatura durante o deslocamento e possui alguns aspectos construtivos que devem ser respeitados no intuito de evitar-se problemas ao longo de sua vida útil.

A norma ABNT NBR 14096:2016 traz as principais especificações para os tanques de armazenamento e transporte de água em sua seção 9 que retrata as viaturas de uso múltiplo tipo auto bomba salvamento e posteriormente com mais detalhamento na seção 18. Nessas seções são tratados importantes aspectos, como material de construção, capacidades mínimas, quebra-ondas, compartimentações, drenos, diâmetros de tubulações, válvulas.

Além disso, é importante analisar a influência do tanque na estabilidade do caminhão. Conforme mencionado, a norma prevê a instalação de quebra ondas e compartimentação no interior do tanque a fim de amenizar a influência do movimento do fluido durante os deslocamentos. No entanto o formato do tanque também deve ser observado. Na figura 2 são exibidos o tanque interno e externo, respectivamente.

Figura 2 – Tanque interno.



Fonte: Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2018b)

Figura 3 – Tanque externo.



Fonte: N1 Notícias (2014)

O tanque interno, representado na Figura 2, tem sua largura restringida devido a utilização de compartimentos por toda a lateral da carroceria. Isso faz com que o tanque tenha uma altura maior a fim de compensar essa diminuição de largura, dessa maneira o centro de gravidade tem sua altura elevada e isso traz mais instabilidade para o caminhão em curvas.

Já o tanque externo, representado na Figura 3, impossibilita a instalação de gavetas por toda a lateral pois o seu tanque atinge os extremos laterais. No entanto, isso resulta num melhor aproveitamento da largura do tanque, o que dispensa a necessidade de o tanque ser mais alto para atingir o volume desejado. Assim, tem-se um centro de gravidade mais baixo, o que proporciona mais estabilidade ao caminhão para resistir ao tombamento em curvas.

No objetivo de optar pela estabilidade e segurança do veículo, a disposição dos equipamentos e ferramentas pode ser planejada ainda na fase de projeto junto ao fabricante.

Nesse intuito, é possível otimizar os compartimentos do caminhão no intuito de aproveitar os volumes livres da melhor maneira possível por meio de softwares de projeto.

Outro fator relevante é o respiro do tanque, o qual objetiva possibilitar a saída e entrada de ar enquanto ocorre o abastecimento ou consumo da água, respectivamente. Caso o respiro seja menor que o necessário, a abertura reduzida impossibilitará a saída de ar na mesma taxa de variação do volume de água que está entrando. Como a água está sendo bombeada, ela entra no tanque aumentando a pressão interna, motivo pelo qual ocorre a dilatação volumétrica das paredes por meio de deformações mecânicas podendo levar a falha das conexões e vazamentos.

Outro problema que pode ocorrer caso a abertura do respiro seja menor do que o necessário é a cavitação da bomba. Isso poderá ocorrer devido à “dificuldade” da entrada de ar no tanque na mesma taxa volumétrica de água retirada pela bomba. Dessa maneira haverá resistência para a entrada de água na sucção da bomba, ocasionando uma redução de pressão imediatamente antes do seu rotor.

Em suma, recomenda-se que além dos requisitos da norma ABNT NBR 14096:2016, seja utilizado o tanque externo, que visa maior estabilidade dinâmica, e seja verificado o dimensionamento do respiro no intuito de evitar o problema citado anteriormente.

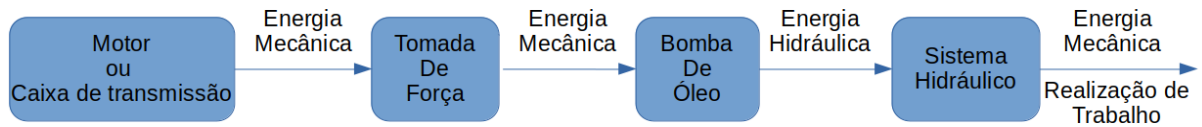
2.5 TOMADAS DE FORÇA

Segundo o manual de capacitação da fabricante de tomadas de força Muncie (2008), as tomadas de força (TDF ou *Power Take-off – PTO*, do inglês) consistem em dispositivos mecânicos que são acoplados ao motor ou à caixa de transmissão dos caminhões com o objetivo de transferir a potência do motor do veículo aos componentes auxiliares (equipamentos de diferentes finalidades que demandam energia mecânica).

A aplicação da TDF pode objetivar o fornecimento de energia indiretamente ou diretamente ao equipamento final.

No primeiro caso, a energia mecânica transferida pela TDF pode ser transformada em energia hidráulica por meio de uma bomba hidráulica (de óleo). Nessa situação, o fluxo de energia hidráulica transformado pela bomba é direcionado ao motor hidráulico para posteriormente realizar trabalho, como mostra o esquema da Figura 4.

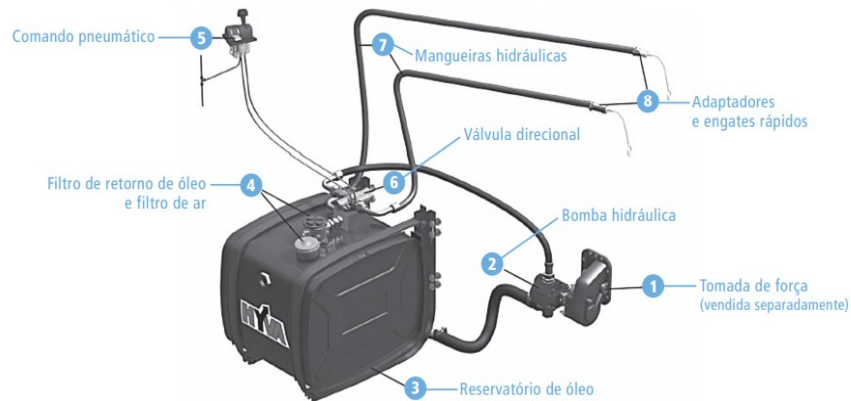
Figura 4 – Fluxo da energia utilizando sistema hidráulico



Fonte: Do autor

Um exemplo dessa utilização da tomada de força é o sistema de elevação dos caminhões basculantes, exibido na Figura 5. Nesse mecanismo, a tomada de força (1) recebe a energia do motor ou da caixa de transmissão, transmite a uma bomba hidráulica (2) que fornece energia hidráulica ao fluido contido no sistema hidráulico. Ao acionar o sistema por meio do comando pneumático (5) o óleo é direcionado pela válvula direcional (6) aos engates do cilindro hidráulico (8) elevando-o ou baixando-o.

Figura 5 – Sistema com unidade hidráulica para acionar atuadores.



Fonte: SLB (2019)

O resultado do sistema é mostrado na Figura 6:

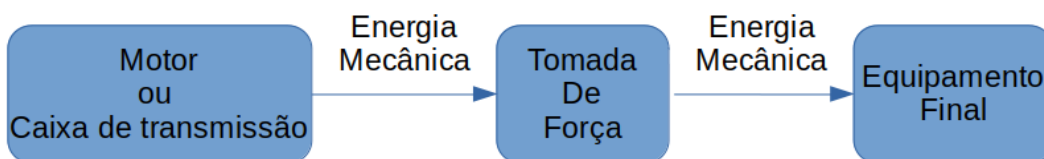
Figura 6 – Caminhão basculante, exemplo de aplicação de tomada de força com atuadores hidráulicos.



Fonte: Conselho Nacional de trânsito (2015)

No segundo caso, aplicação direta da energia proveniente da tomada de força, a energia mecânica fornecida pela tomada de força é aplicada diretamente no equipamento final por meio de um eixo rotativo, como esquematizado na Figura 7.

Figura 7 – Fluxo da energia diretamente da TDF para o equipamento final



Fonte: Do autor

Esse é o caso aplicado para acionar geradores, compressores de ar, ventiladores, bombas de vácuo e bombas de transferência de líquido, como é o caso dos caminhões de combate a incêndio ABTR.

A transferência de potência na tomada de força ocorre com a entrada de energia mecânica rotativa proveniente do acoplamento com uma fonte de energia (motores, caixas de transmissão, eixos) em uma face da TDF e, por meio de uma combinação de engrenagens, a saída dessa energia em outra face da TDF para acionar o equipamento desejado.

Há uma infinidade de modelos de TDF devido às múltiplas combinações de parâmetros envolvidos no seu projeto:

- Fabricante da *PTO*
- Marca do Câmbio (ex: Eaton, Iveco, Mercedes, Scania, Volvo, VW)
- Modelo do Câmbio (ex: EC, MB, MP, ZF, VV, SC)
- Posição de Montagem (ex: direita, esquerda, traseira, inferior, superior)
- Tipo de Acionamento (ex: pneumático, mecânico, elétrico, vácuo)
- Taxa de Multiplicação (ex: 1:0,68, 1:1, 1:1,63, 1:2)
- Tipo de Acoplamento (ex: flange SAE A, flange SAE B, eixo, DIN, prolongado)
- Sentido de Giro do Eixo (ex: horário, anti-horário)
- Informação Adicional
- Torque

Dessa maneira, é possível perceber a ampla variedade de possibilidades, na qual não há uma regra geral específica ou um modelo ideal para utilização. Cada situação irá demandar um dimensionamento particular.

Como resultado das combinações mencionadas anteriormente, são mostrados na Figura 8, alguns modelos resultantes. Esses modelos constam no Catálogo de Tomadas de Força e Multiplicadores da fabricante Takarada:

Figura 8 – Modelos de tomada de força da fabricante Takarada



Fonte: Interpump (2019)

Nos modelos anteriores, é possível visualizar uma face com as engrenagens expostas,

as quais acoplam-se à fonte de energia (nesse caso, por meio de uma abertura na caixa de transmissão ou motor). Já a saída de energia ocorre por meio de eixo (macho) ou cubo (fêmea), os quais transmitem a potência ao equipamento final. Além disso, é possível perceber as diferenças de padrão de furação, formas de acoplamento (também mencionados anteriormente).

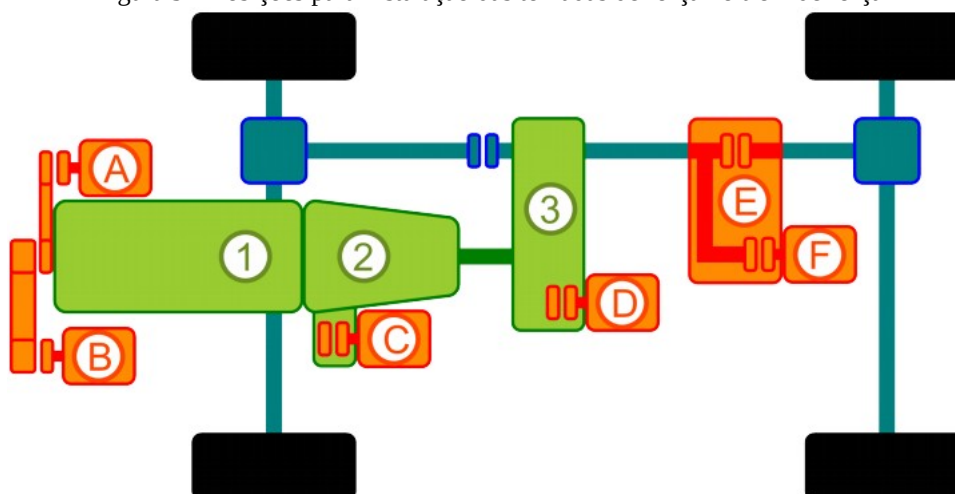
2.5.1 Possibilidades de instalação de Tomada de Força

A partir das informações anteriores, torna-se importante conhecer os principais métodos de utilização das TDFs haja vista as inúmeras possibilidades de aplicação.

Um quesito que influencia a seleção da tomada de força é a potência requerida pela aplicação (combinação de torque e número de rotações por minuto), espaço ocupado ou posição de instalação, assim como o regime de trabalho (contínuo, intermitente, estacionário, em deslocamento).

Nesse sentido, a implementadora alemã de veículos para aplicações especiais Power-Trax traz em seu catálogo um esquema para apresentar as possibilidades de instalação das PTO no trem de força do veículo. Na figura abaixo tem-se em verde: 1) Motor, 2) Caixa de transmissão e 3) Caixa de transferência.

Figura 9 – Posições para instalação das tomadas de força no trem de força



Fonte: Power Trax (2014, p. 3)

Na cor laranja, constam as possibilidades de instalação das tomadas de força. Da Figura 9 observa-se que a tomada de força pode ser acoplada ao motor, à caixa de transmissão

e à caixa de transferência em diferentes posições.

Essas diferentes possibilidades são classificadas no quadro abaixo:

Quadro 3 – Características da tomada de força em função da posição de instalação no trem de força.

Tipo	Detalhes	Potência
A	PTO acionada por correias de transmissão, embreagem eletromagnética ou mecânica. Requer espaço de montagem no motor. Pode ser parcialmente utilizada durante o deslocamento.	9 a 13,5 HP (7-10 kW)
B	PTO acionada por correia dentada, embreagem mecânica. Requer correia adicional. Requer espaço de montagem no motor. Pode ser parcialmente utilizada durante o deslocamento.	Até 40 HP (30 kW)
C	PTO acoplada à caixa de engrenagens, embreagem mecânica. A caixa de engrenagens precisa estar preparada ou expansível para TDF. Pode ser parcialmente utilizada durante a condução.	Até 61 HP (46 kW)
D	PTO acoplada na caixa de transferência, embreagem mecânica. A caixa de engrenagens precisa estar preparada ou expansível para TDF. A TDF pode ser usada apenas em posição estacionária.	Até 100 HP (76 kW)
E/F	TDF acoplada ao eixo de transmissão, embreagem mecânica. Adapta-se a todos os veículos RWD e veículos com 4WD selecionável. A TDF pode ser usada apenas em posição estacionária.	30 a 180 HP (22 a 136 kW)

Fonte: Power Trax (2014, p. 3)

No contexto dos caminhões semipesados, são utilizados com mais frequência os seguintes tipos de tomada de força: TDF acoplada ao motor, TDF acopladas na caixa de câmbio, *Split Shaft PTO* (TDF de eixo seccionado) e TDF Sanduíche. Nas seções a seguir, serão apresentadas mais detalhadamente essas configurações.

2.5.2 Tomada de Força dianteira, acionada por correias

Esse tipo de tomada de força é o que se refere aos tipos A e B do Quadro 3. Segundo o Manual do Implementador do Mercedes Atego, adequa-se a equipamentos adicionais, como compressores e bombas. A transmissão de energia é feita por meio de correia e polias.

Figura 10 – Tomada de Força Dianteira



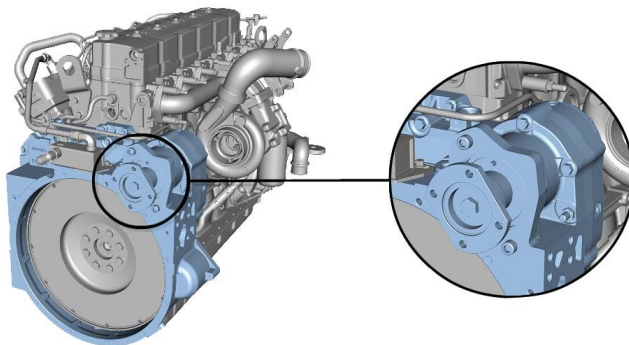
Fonte: Mercedes-Benz (2018, P. 142)

A potência transmissível, segundo o fabricante, é limitada a aproximadamente 25 kW (também de acordo com Quadro 3). Nas imagens acima é destacado em verde a polia à frente dos motores N60 de 4 e de 6 cilindros, onde a correia é montada.

2.5.3 Tomada de força na traseira do motor (volante do motor)

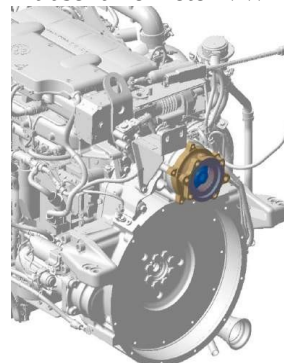
Conhecida como REPTO (do inglês Rear Power Take-off), esse tipo de tomada de força é acoplado ao centro da embreagem ou diretamente ao volante do motor, através de uma cremalheira especial, como pode ser visto nas figuras a seguir:

Figura 11 – Local de de instalação da TDF traseira no motor Ford



Fonte: Ford (2016, p. 41)

Figura 12 – Posição de instalação da TDF traseira no motor VW



Fonte: Volkswagen (2018, p. 217)

Em veículos ATEGO, poderá ser fornecido de fábrica um acionamento na parte traseira do motor. Esta disposição permite a montagem do acionamento dos equipamentos auxiliares de forma simplificada, tais como caminhão betoneira e compactador de lixo. Essas tomadas de força possuem acionamento contínuo, não sendo possível o seu desacoplamento do motor.

2.5.4 Tomada de Força Acoplada à caixa de transmissão

Essa modalidade de TDF enquadra-se na categoria C do Quadro 3 e adequa-se a aplicações que demandem a transmissão de até 46 kW. De acordo com o Manual Operacional do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (2018), a eficiência desse equipamento é limitada dependendo da relação da rotação do motor com a tomada e a bomba. Existem casos em que se perde 42% da potência do motor em transmissões mecânicas e 70% em transmissões automáticas.

Outra consideração importante a se fazer é que comparada com as bombas por acionamento de caixa de transferência, são mais vulneráveis em um incêndio urbano pois não possuem dispositivos de acionamento manual. Nesses casos, se houver pane no sistema pneumático a guarnição poderá ficar sem o suprimento de água no incêndio. Recomenda-se que a Unidade Bombeiro Militar que possua um ou mais caminhões somente com Tomada tenha uma bomba a combustão à disposição na viatura com as devidas conexões para evitar falta de suprimento. Esse acoplamento direto na caixa de transmissão é exibido na figura a seguir:

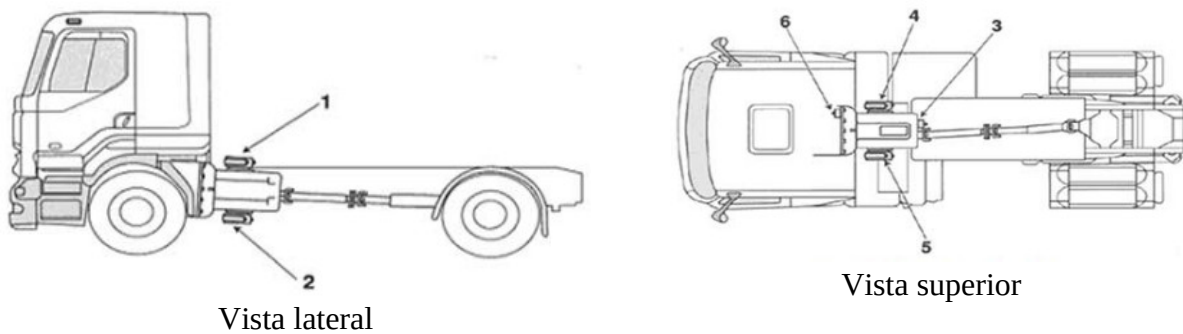
Figura 13 – Tomada de força na transmissão.



Fonte: Kozmaksan (2018)

Na figura abaixo são demonstradas as posições possíveis para a instalação da tomada de força na caixa de transmissão. Consistem nas seguintes 1) superior, 2) inferior, 3) traseira, 4) direita, 5) esquerda e 6) frontal.

Figura 14 – Possibilidades de posição para a instalação das tomadas de força



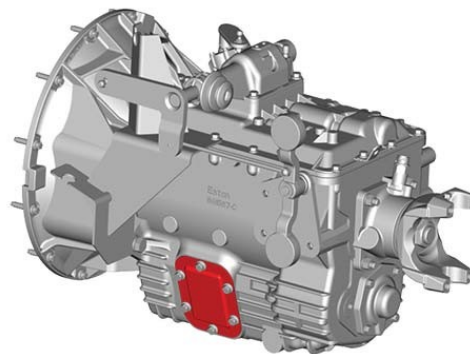
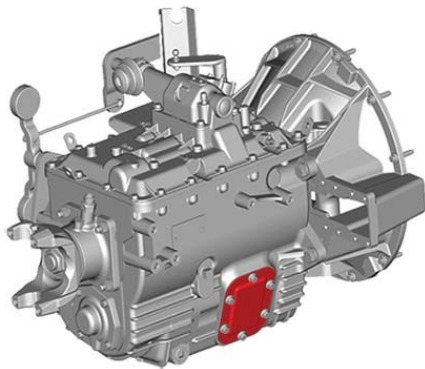
Fonte: Kozmaksan (2018).

O acoplamento da tomada de força na caixa de transmissão mostrado nas possibilidades acima é feito por meio de aberturas na estrutura da transmissão, as quais dependem dos projetos dos fabricantes. De acordo com o Manual do Implementador da Ford, nos modelos Ford Cargo há as seguintes possibilidades em seus motores:

Figura 15 – Aberturas para instalação das TDFs em motores Ford

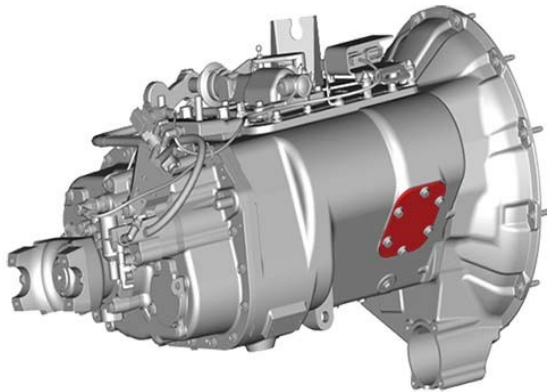
1-Vista isométrica direita da transmissão

2-Vista isométrica esquerda da transmissão

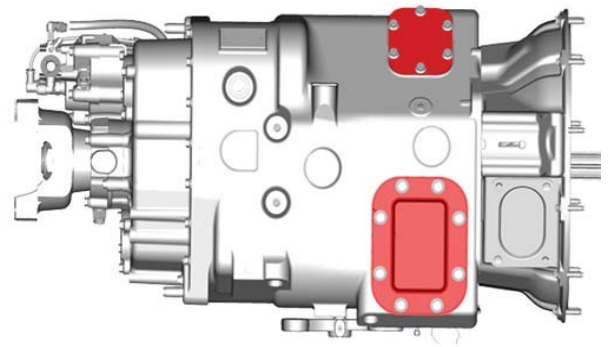


3-Vista isométrica direita da transmissão

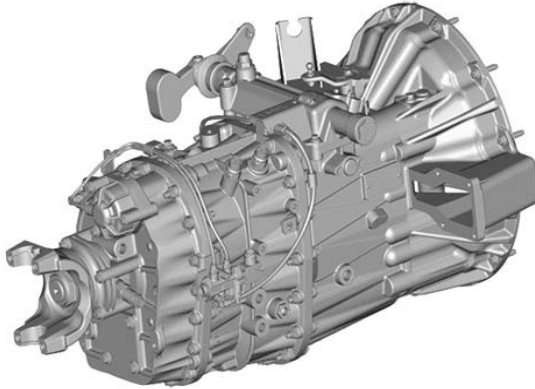
4-Vista inferior da transmissão



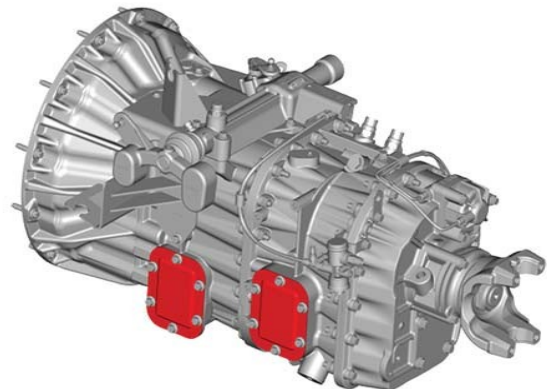
5-Vista isométrica direita da transmissão



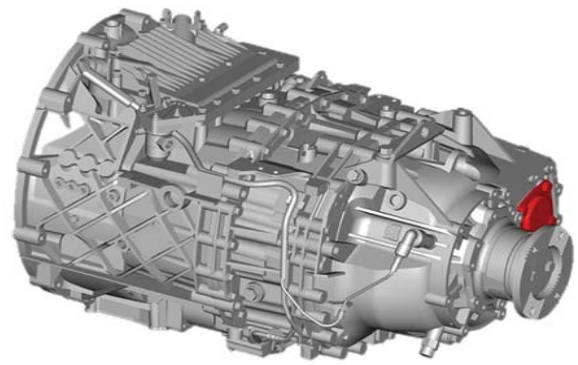
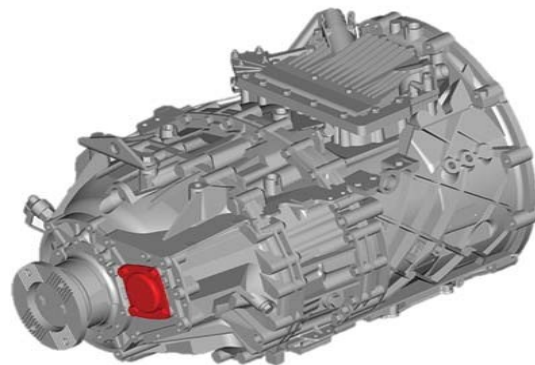
6-Vista isométrica esquerda da transmissão



7-Vista isométrica direita da transmissão



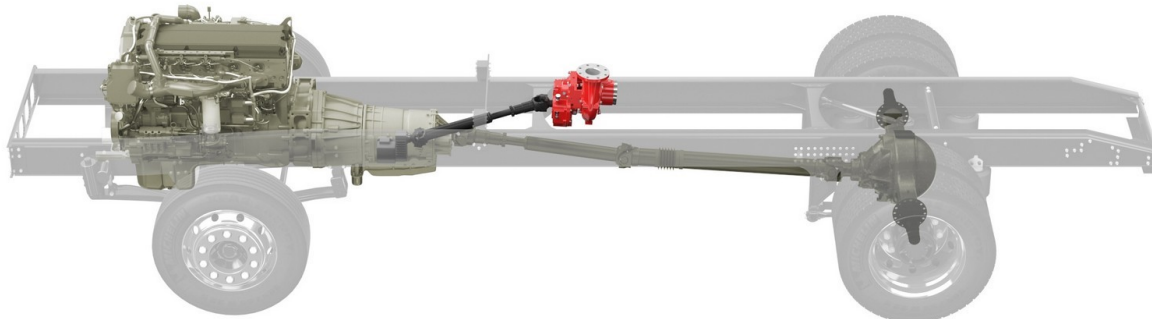
8-Vista isométrica esquerda da transmissão



Fonte: Ford (2016, p. 50)

Essa forma de construção pode ser utilizada nos caminhões de combate a incêndio ABTR para acionar a bomba hidráulica. A Figura 16 ilustra como fica o sistema com a bomba acoplada ao trem de força. Nesse exemplo, um eixo faz a ligação entre a tomada de força e a bomba.

Figura 16 – Tomada de força acoplada na transmissão



Fonte: Waterous (2019)

A vantagem dessa configuração é poder acionar a bomba e deslocar-se com o veículo simultaneamente – o que poderia ser interessante para o combate de incêndios florestais ou distribuído ao longo de uma área vasta.

No entanto, há limitações nesse projeto, as quais limitam a sua eficácia aos modelos ABTR. Como pode ser visto no Quadro 3, a potência de trabalho é limitada a aproximadamente 46 kW. Conforme a curva de bomba M-500 da fabricante Mitren, já não é o suficiente para atingir as vazões de trabalho.

Além disso, o regime de trabalho (contínuo ou intermitente) influencia no dimensionamento. Caso a necessidade de torque seja contínua (mais de 5 minutos de operação contínua a cada ciclo de 15 minutos), o valor do torque fornecido pode reduzir a 70% devido a perdas por aquecimento.

Tais limitações requerem muita atenção ao selecionar esse tipo de tomada de força para bombas de combate a incêndio, pois caso seja subdimensionada o funcionamento da bomba poderá ser prejudicado.

2.5.5 Caixa de Transferência ou TDF de Eixo Seccionado (*Split Shaft PTO*)

As TDF de eixo seccionado, traduzido do termo inglês *Split Shaft PTO*, recebem essa denominação pois são literalmente instaladas em uma secção feita no eixo cardã, entre a transmissão principal e o diferencial. No mercado nacional, esse equipamento é comumente chamado de “Caixa de Transferência”, o que é uma referência às caixas de transferência utilizadas para transmitir o torque ao eixo traseiro dos veículos 4x4.

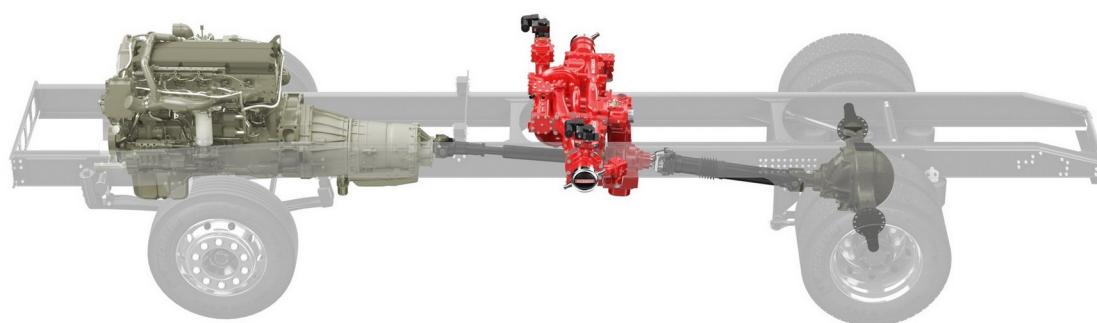
É de conhecimento comum no mercado, que essas TDF de eixo seccionado são uma alternativa para quando as tomadas de força acopladas diretamente na transmissão não conseguem suprir a demanda do equipamento a ser instalado. Tal recomendação consta em catálogos e *websites* de diversos fornecedores, como a turca Kozmaksan.

No Quadro 3, esse tipo de TDF encontra-se na Categoria D, limitado a 76 kW. Tal capacidade atende satisfatoriamente as bombas de combate a incêndio de vazão de 500 gpm (como pode ser observado no Quadro 4, será comentado posteriormente). Seu acionamento é feito por embreagem mecânica. Dessa maneira o veículo necessita estar parado, não sendo possível deslocar-se.

Devido a essas características, as *Split Shaft Power Take-off* são amplamente utilizadas em aplicações de regime contínuo, como caminhões de combate a incêndio, de limpeza de ruas, de coleta de lixo e de manutenção de estradas.

Há duas configurações para as Tomadas de Força com Eixo Seccionado. A primeira delas pode ser observada na Figura 17 na qual a tomada de fora acopla-se diretamente à bomba já na intersecção do eixo.

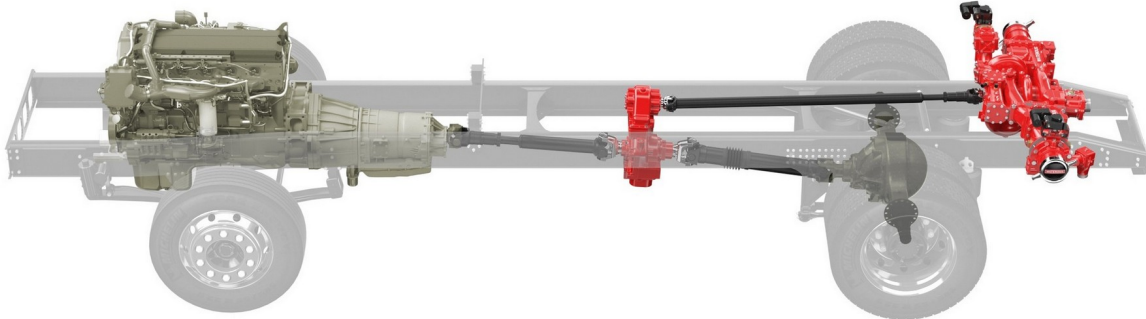
Figura 17 – Tomada de Força com eixo seccionado - bomba no meio do caminhão.



Fonte: Waterous (2019)

Outra forma de instalação da bomba com essa tomada de força é posicionando-se a bomba na parte traseira do caminhão. Com este fim, torna-se necessário a inclusão de um eixo a fim de prolongar a transmissão do torque à bomba, como pode ser observado na Figura 18.

Figura 18 – Tomada de Força com eixo seccionado - bomba na traseira do caminhão.

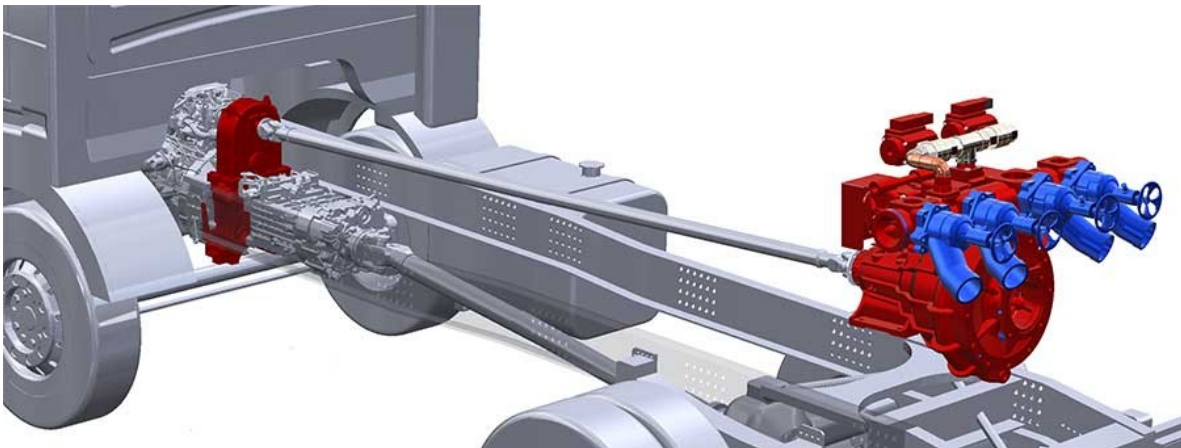


Fonte: Waterous (2019)

2.5.6 Tomada de Força Sanduíche (*Sandwich PTO*)

A Tomada de Força Sanduíche é uma inovação tecnológica em seu segmento. Esse equipamento possibilita usufruir da combinação dos benefícios das tomadas de força mencionadas anteriormente. Diferente dos tipos anteriores, ela é instalada entre o motor e a caixa de câmbio do caminhão, como pode ser visto na imagem Figura 19:

Figura 19 – Sistema de bombeamento utilizando a Tomada de força Sanduíche.

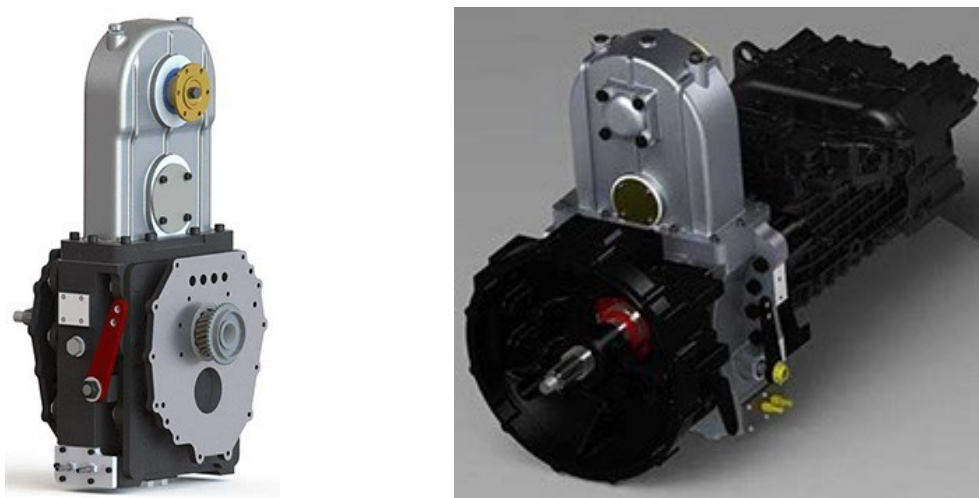


Fonte: Kozmaksan (2018)

Esse tipo de TDF apresenta uma recurso muito interessante para a aplicação bombeiril, que é a possibilidade de acionamento mecânica (alavanca) e pneumática. A possibilidade de ser acionada mecanicamente traz maior confiabilidade ao sistema, uma vez que se houver apenas a opção pneumática e o sistema falhar durante o atendimento a uma

ocorrência (fato que tem acontecido nos caminhões mais modernos) a guarnição fica desamparada e a bomba não funciona. Nas figuras abaixo é possível observar as alavancas de acionamento na lateral do equipamento à esquerda (alavanca vermelha) e à direita (alavanca preta e amarela).

Figura 20 – Tomada de força sanduíche desmontada e montada entre motor e transmissão



Fonte: Kozmaksan (2018)

Outra vantagem significativa em relação às tomadas de força na transmissão é o maior aproveitamento da potência do motor. Isso ocorre porque esse equipamento é instalado entre o motor e a transmissão e devido a isso recebe potência diretamente do motor, o que possibilita transmitir até 85% da sua potência à bomba.

Apesar de não ser um recurso indispensável para o combate a incêndio estrutural, a TDF Sanduíche permite que o caminhão desloque e bombeie água simultaneamente (Recurso *Pump and Roll*). Tal possibilidade pode ser útil para incêndios florestais e para a limpeza de superfícies e vias.

No caso da fabricante turca Kozmaksan, o equipamento possui um sistema de arrefecimento a óleo e componentes de vedação em *Viton*. Além disso, há diversas possibilidades de tipos de flange e valores de redução de forma que possa ser combinada com os motores e câmbios das principais fabricantes de caminhão.

Em relação ao sistema de PTO com eixo seccionado, ela possui a grande vantagem de não ser necessário alterar o eixo cardã original, maior durabilidade, manutenção mais simples, menos ruídos além de poder operar com o caminhão em movimento.

Figura 21 – Montagem de uma TDF Sanduíche



Fonte: Kozmaksan (2018)

Na figura acima, é possível visualizar a TDF Sanduíche no processo de instalação, já acoplada à bomba.

3 SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA

3.1 BOMBAS HIDRÁULICAS

No intuito de discorrer a respeito do sistema de bombeamento de água dos ABTR, torna-se importante discorrer a respeito das bombas hidráulicas. Esses equipamentos são os responsáveis pela transformação de energia mecânica (nesse caso fornecida pela tomada de força) em energia hidráulica a ser aplicada no fluido.

Segundo Fox (2006), as bombas hidráulicas fazem parte do contexto das máquinas de fluxo, as quais consistem em dispositivos que realizam trabalho sobre um fluido ou extraem trabalho (ou potência) de um fluido. Nesse contexto, do primeiro grupo pode-se citar as bombas, ventiladores, compressores e do segundo, turbinas de geração de energia (termoelétricas, hidroelétricas, eólica).

Ainda dentro do contexto das bombas hidráulicas há diferentes classificações e mecanismos de funcionamento que podem ser melhor estudados na bibliografia mencionada.

No âmbito do CBMSC, são as bombas centrífugas as utilizadas, haja vista as características do fluido bombeado (água) e a faixa de valores de vazão e pressão demandados.

3.1.1 Bombas hidráulicas para combate a incêndio segundo a norma NBR 14096:2016

A norma NBR 14096:2016 especifica minuciosamente os requisitos necessários para as bombas de combate a incêndio das viaturas de uso múltiplo auto bomba salvamento – o que refere-se também aos ABTR. No entanto, cumpre destacar um requisito exposto nessa norma: a capacidade nominal de vazão desse equipamento.

Segundo a referida norma, os ABTR devem possuir uma bomba de vazão com capacidade nominal de no mínimo 3000 lpm (750 gpm). Esse requisito traz questionamentos frequentemente na corporação, haja vista que diversos modelos dessa viatura operam de forma satisfatória utilizando bombas de capacidade nominal de 500 gpm.

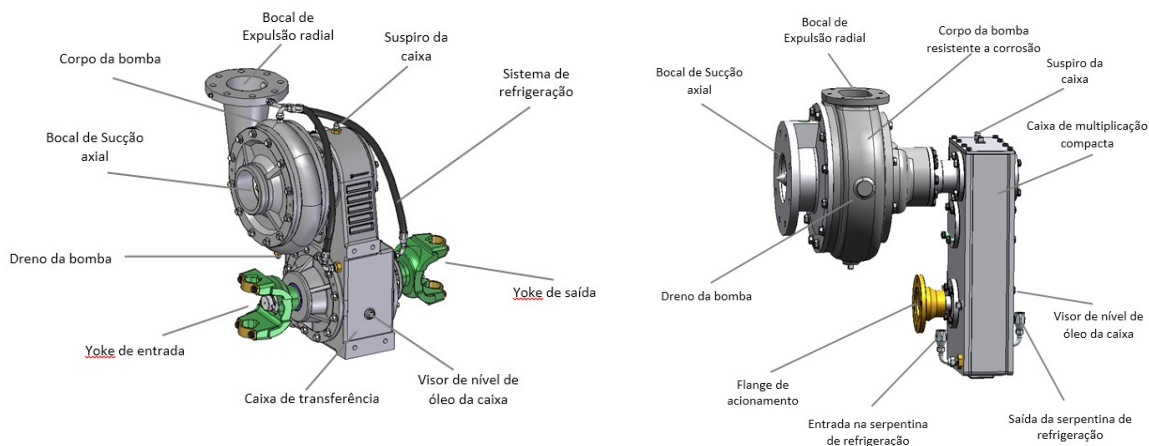
Dessa maneira, serão apresentadas mais informações sobre essas bombas nas seções seguintes, mais especificamente utilizando como base as especificações dos modelos M-500 e M-750 da fabricante Mitren.

3.1.1.1 Bomba M-500

A Bomba M-500 é do tipo centrífuga com um ou dois rotores em série. Sua vazão de água é de 500 gpm (1900 lpm) a pressão de 10,5 kgf/cm². Nesse ponto de operação, a potência requerida para o acionamento é de 76 HP (56 kW). As opções de relação da caixa de multiplicação são disponíveis de 1 a 3,94 vezes.

Como pode ser visto nas figuras abaixo, essa bomba pode ser instalada na caixa de transferência (ou *Split shaft PTO*, que seria a partir do eixo Cardã seccionado) ou na tomada de transferência diretamente na transmissão.

Figura 22 – Formas de instalação da bomba de 500 gpm. *Split Shaft PTO* (esquerda) e *PTO na transmissão* (direita)



Fonte: Mitren (2018)

Os materiais empregados na fabricação desse equipamento são ferro fundido nodular de elevada resistência e durabilidade no corpo da bomba. Na caixa de multiplicação é utilizado ferro fundido nodular ou aço soldado.

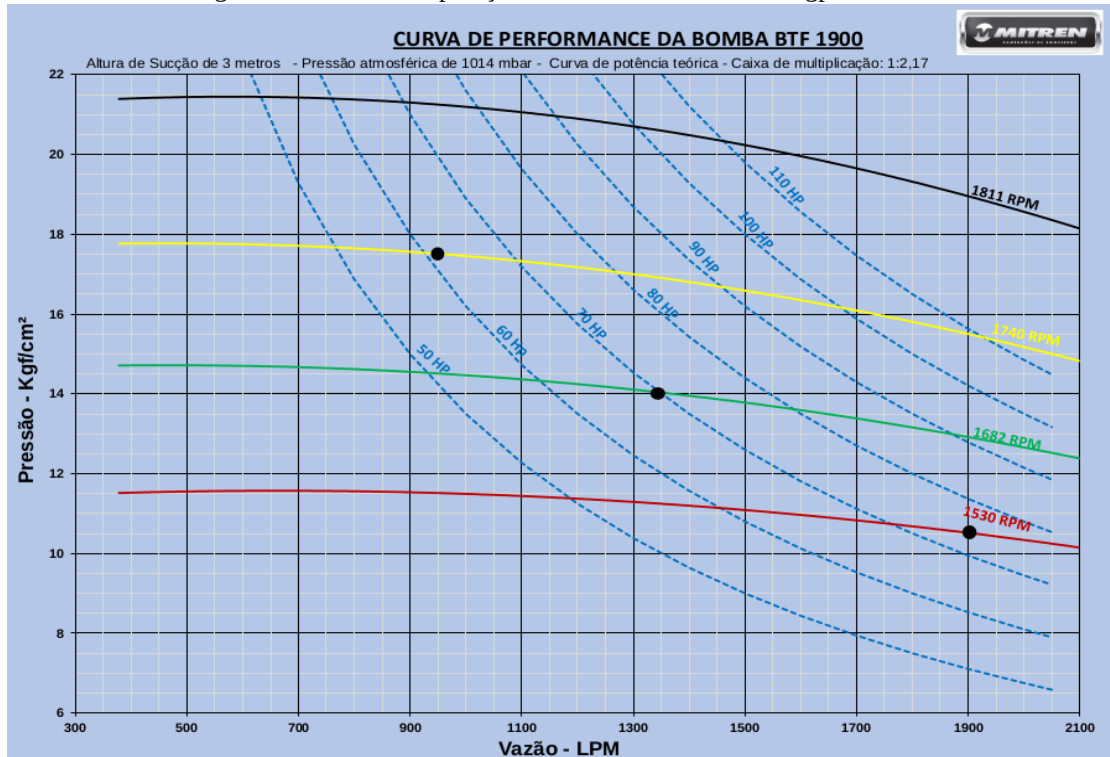
Os rotores são de bronze, balanceados dinamicamente no intuito de obter baixos níveis de vibração sendo o eixo do rotor fabricado em aço liga especial, o que resulta em alta resistência mecânica. No intuito de proteger sua superfície contra os contaminantes da água, esse material é revestido com uma camada de cromo duro.

As engrenagens da caixa de multiplicação são em aço liga de elevada resistência, e os dentes são helicoidais, gerando movimentos mais suaves e menor ruído. Para efetuar a troca de calor nessa caixa, há o trocador de calor incorporado na caixa de multiplicação possui serpentina fabricada com tubo de cobre. A vedação do eixo do rotor é feita com selo

mecânico, autoajustável.

A performance da bomba pode ser observada na Figura 23 (curva Vazão x Pressão).

Figura 23 – Curva de operação da bomba de modelo 500 gpm Mitren



Fonte: Mitren (2018)

No quadro abaixo, são relacionados os pontos representativos de operação da bomba (baixa, média e alta vazão). Para cada ponto são apresentados os seguintes parâmetros: rotação da bomba, vazão, pressão e potência requerida para o acionamento.

Quadro 4 – Pontos de operação da bomba de 500 gpm.

Ponto	Vazão (gpm - lpm)	Pressão (kgf/cm ² - psi)	Rotação da bomba (RPM)	Potência Requerida (HP - kW)
1º	500 - 1900	10,5 - 150	1530	76 - 56
2º	351 - 1330	14,0 - 200	1682	70 - 52
3º	250 - 950	17,5 - 250	1740	62 - 46

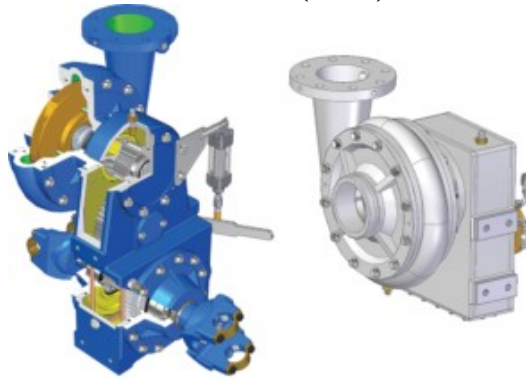
Fonte: Mitren (2018)

3.1.1.2 Bomba M-750

A bomba M-750 também é do tipo centrífuga com um rotor fechado e pode fornecer uma vazão de água de 750 gpm (2850 lpm) a pressão de $10,5 \text{ kgf/cm}^2$ requerendo uma potência de 120 HP para tal. O torque máximo na entrada da caixa é de 18000 Nm e possui variadas opções para a caixa de multiplicação.

Assim como a M-500, essa bomba admite ambas as formas construtivas (caixa de transferência e tomada de força na transmissão), como pode ser visto na figura a seguir.

Figura 24: Formas de instalação da bomba de 500 gpm. Split Shaft PTO (esquerda) e PTO na transmissão (direita)

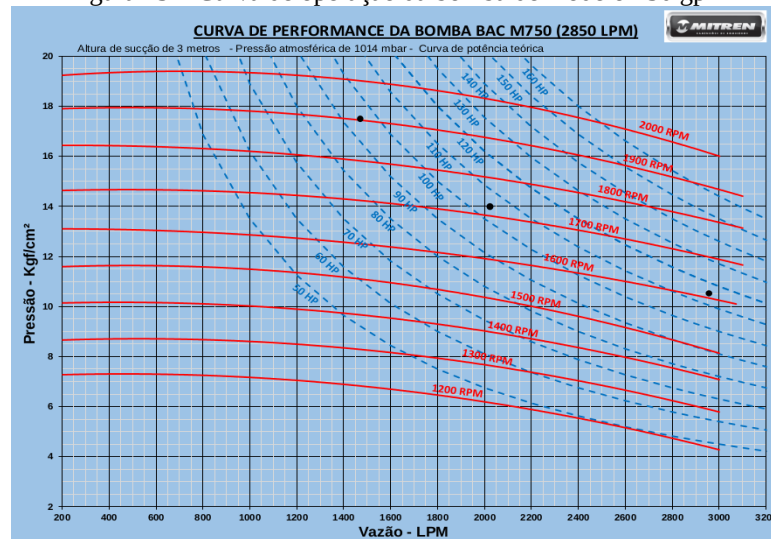


Fonte: Mitren (2018)

Essa bomba diferencia-se do modelo citado anteriormente principalmente devido ao seu tamanho (maior), os materiais utilizados e formas de acionamento são os mesmos.

Em relação à performance, de maneira análoga são dados a curva de vazão por pressão da bomba e pontos de operação para diferentes pressões na Figura 25.

Figura 25 – Curva de operação da bomba de modelo 750 gpm



Fonte: Mitren (2018)

No quadro a seguir, são mostrados os principais pontos de operação no intuito de comparar com a bomba M-500.

Quadro 5 – Pontos de operação da bomba de 750 gpm

Ponto	Vazão (gpm- lpm)	Pressão (kgf/cm ² - psi)	Rotação da bomba (RPM)	Potência Requerida (HP - kW)
1º	750 - 2850	10,5 - 150	1610	120 - 90
2º	525 - 2000	14,0 - 200	1730	105 - 78
3º	375 - 1425	17,5 - 250	1900	96 - 71

Fonte: Mitren (2018)

3.2 MANGUEIRAS PARA COMBATE A INCÊNDIO

Segundo a norma ABNT NBR 14096:2016 – requisitos de desempenho, fabricação e métodos de ensaio para as viaturas de combate a incêndio – prevê que as viaturas de uso múltiplo (caso do ABTR) devem possuir as seguintes quantidades de mangueira de combate a incêndio:

- a) 100 m de mangueiras de combate a incêndio com diâmetro de 65 mm (2,5”), certificadas de acordo com as ABNT NBR 11861 e ABNT NBR 14349;
- b) 120 m de mangueiras de combate a incêndio com diâmetro de 40 mm (1 1/2 pol), certificadas de acordo com as ABNT NBR 11861 e ABNT NBR 14349; (ABNT, 2016, p. 51)

Tal norma faz referência a outras duas normas ao tratar das mangueiras de combate a incêndio: ABNT NBR 14349: “União para mangueira de incêndio – requisitos e métodos de ensaio” e ABNT NBR 11861: “Mangueira de Incêndio – Requisitos e métodos de ensaio”

Dessa maneira torna-se interessante discorrer acerca da segunda norma, a qual traz mais informações técnicas sobre as mangueiras a serem utilizadas para o combate a incêndio.

3.2.1 ABNT NBR 11861: “Mangueira de Incêndio – Requisitos e métodos de ensaio

A norma ABNT NBR 11861 estabelece as condições mínimas exigíveis para mangueiras de incêndio de diâmetros nominais de 40 mm e 65 mm e comprimento de 15 m. Dessa maneira, são descritas as classificações de mangueiras, as quais serão selecionadas conforme o ambiente e as condições de operação.

Por exemplo, uma mangueira do hidrante de combate a incêndio instalada em uma indústria metalúrgica está sujeita a condições ambientais muito mais severas do que a instalada em um residencial multifamiliar. Com base nessas diferenças, materiais de maior resistência e durabilidade são aplicados, o que resulta em maiores custos.

Para o melhor entendimento das diferenças entre os tipos de mangueiras, torna-se interessante apresentar o Quadro 6 proveniente da norma NBR 11861, o qual indica as características fundamentais na seleção do tipo de mangueira para determinada aplicação:

Quadro 6 – Mangueiras de combate a incêndio.

Tipo de Mangueira	Estrutura	Utilização	Pressão de Trabalho	Propriedade
1	1 Reforço têxtil	Condomínios residenciais	980 kPa (10 kgf/cm ²)	Utilização eventual
2	1 Reforço têxtil	Edifícios comerciais, industriais e Corpos de Bombeiros	1370 kPa (14 kgf/cm ²)	Utilização contínua
3	2 Reforços Têxteis	Área naval e Corpos de Bombeiros	1470 kPa (15 kgf/cm ²)	Resistência à abrasão
4	1 Reforço têxtil e um revestimento de polímero	Área industrial	1370 kPa (14 kgf/cm ²)	Maior resistência à abrasão

5	1 reforço têxtil e um revestimento de polímero mais reforçado	Área industrial	1370 kPa (14 kgf/cm ²)	Alta resistência à abrasão e temperatura
---	---	-----------------	---------------------------------------	--

Fonte: ABNT NBR 11861 (1998, p. 2)

Outro aspecto abordado na norma em questão é o padrão de identificação da mangueira: os caracteres devem ter 25 mm de altura mínima, iniciando à distância de 0,5 m a 1,4 m de cada extremidade da mangueira, por exemplo:

X Logomarca NBR 11861 Tipo X M/A

Onde:

X é o tipo 1, 2, 3, 4 ou 5;

M é o mês de fabricação;

A é o ano de fabricação.

Os métodos de ensaio para as mangueiras de combate a incêndio também são abordados nessa norma, são previstos 10 ensaios:

Quadro 7 – Ensaios para as mangueiras segundo a norma NBR 11861.

Ensaio Hidrostático	Ensaio do tubo interno
Ensaio de Perda de Carga	Ensaio de diâmetro interno
Ensaio de Ruptura	Ensaio de envelhecimento do reforço têxtil
Ensaio de resistência à abrasão	Ensaio de resistência à superfície quente
Ensaio de aderência	Ensaio de envelhecimento acelerado da Mangueira Tipo 5

Fonte: ABNT NBR 11861 (1998)

3.2.2 TIPOS DE MANGUEIRA DE COMBATE A INCÊNDIO

No mercado brasileiro, recomenda-se a aquisição de mangueiras que atendam aos requisitos estabelecidos na norma, com Certificado de Marca de Conformidade ABNT. O Programa de Certificação ABNT para mangueiras de incêndio estabelece um processo rigoroso de controle dos produtos fabricados, os quais destacam-se:

- Certificação do Sistema de Gestão da Qualidade, conforme a ABNT NBR ISO 9001;
- Obrigatoriedade de possuir laboratório próprio para autocontrole de produtos, sendo este avaliado regularmente pela própria ABNT, segundo critérios internacionalmente aceitos;
- Auditorias técnicas trimestrais e
- Coleta no mercado para avaliação do produto.

Os tipos de mangueira 1, 2, 3 apresentam o aspecto da Figura 26. No caso da fabricante Coutoflex, eles são fabricados de reforço têxtil confeccionado 100% em fio poliéster de alta tenacidade e internamente com tubo de borracha sintética na cor preta. Já as conexões par união seguem a NBR 14349 em latão de engate tipo *Storz*.

As escolha do fabricante deve levar em consideração certificações, como por exemplo o Certificado de Conformidade ABNT, o qual valida sua produção conforme a norma ABNT NBR 11861:1998. Além disso, empresas certificadas pelo Sistema de Gestão da Qualidade ABNT NBR ISO 9001 possuem controles de qualidade em seus processos de fabricação os quais trazem maior confiabilidade ao seu produto. Por esse motivo, as especificações e informações técnicas do produto aqui mencionado serão utilizadas nas análises posteriores desse trabalho.

Figura 26 – Mangueira tipo 1, 2 e 3.



Figura 27 – Mangueira tipo 4 e 5



Fonte: CMCOUTO (2019)

As mangueiras de tipo 4 e 5 são semelhantes a da Figura 27. O tipo 4 possui reforço têxtil confeccionado 100% em fio poliéster de alta tenacidade, revestido externamente com

“blend” de PVC + borracha nitrílica e internamente com tubo de borracha sintética. Essa mangueira é montada com união em latão tipo engate rápido (*storz*) conforme a norma ABNT NBR 14349.

Essa categoria possui alta resistência a ruptura, abrasão e a produtos químicos. Em conformidade com a norma ABNT – NBR 11861 e com certificado da marca de conformidade ABNT nº 40.011/15 (1.1/2”) e 40.010/15 (2.1/2”), seu uso é recomendado para ambientes onde é desejável elevada resistência a abrasão e químicos, como indústrias de produtos químicos, área petrolífera, aeroportos, naval e bombeiros.

A mangueira de tipo 5 possui reforço têxtil em fio sintético de alta tenacidade, revestida externamente em borracha nitrílica e internamente com tubo de borracha sintética. Dotada também de união em latão tipo engate rápido (*storz*) conforme NBR 14349, essa mangueira tem maior resistência a perfurações, cortes e a produtos químicos e elevada resistência a abrasão e a superfícies quentes. Em conformidade com a norma ABNT – NBR 11861 e com certificado da marca de conformidade ABNT nº 40.009/15 (1.1/2”) e 40.008/15 (2.1/2”), seu uso é recomendado para ambientes onde é desejável elevada resistência a abrasão e químicos, como indústrias de produtos químicos, área petrolífera, aeroportos, naval e bombeiros.

De acordo com o Manual de Capacitação em Combate a Incêndio Estrutural do CBMSC (2018), utilizam-se os modelos 2, 3 e 4 (sendo o tipo 2 com mais frequência), no quadro abaixo são listadas os respectivos limites de pressão para as diferentes aplicações. Nas análises posteriores, será considerado como limite a pressão máxima de trabalho.

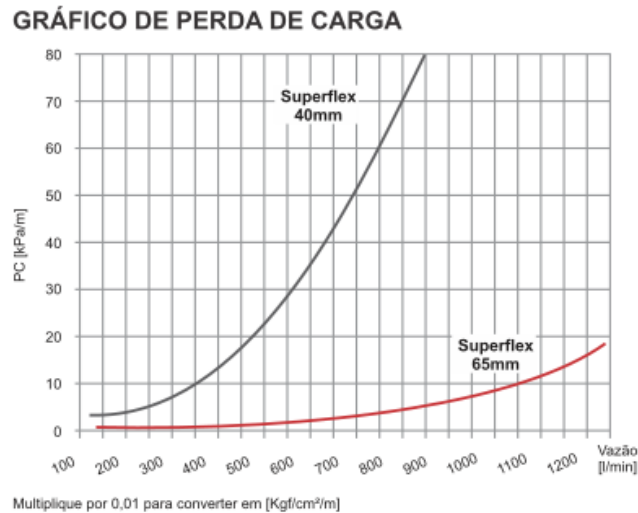
Quadro 8 – Limites de pressão das mangueiras de combate a incêndio.

Tipo	Pressão – kPa (kgf/cm ²)			
	Trabalho	Prova	Ruptura	Dobramento
1	980 (10)	2060 (21)	3430 (35)	2060 (21)
2, 4, 5	1370 (14)	2745 (28)	4120 (42)	2350 (24)
3	1470 (15)	2940 (30)	4900 (50)	2350 (24)

Fonte: ABNT NBR 11861 (1998, p. 4)

Outra informação importante que será utilizada nesse trabalho, é a perda de carga das mangueiras empregadas no contexto do CBMSC em função do comprimento e do diâmetro, as quais são fornecidas pelo fabricante. Esses valores são obtidos das curvas a seguir:

Figura 28 – Curva de perda de carga da mangueira tipo 2



Fonte: CMCOUTO (2019)

A partir das curvas apresentadas, pode-se perceber a grande diferença da perda de carga nas mangueiras de diferentes diâmetros e o aumento exponencial da perda de carga ao longo do comprimento da mangueira de 40 mm de diâmetro.

Tal fenômeno é de grande importância para uma melhor compreensão das limitações do sistema de bombeamento dos caminhões ABTR

3.3 ESGUICHO

Esguicho é o dispositivo instalado na extremidade da mangueira, utilizado para o direcionamento do jato de água. A norma ABNT NBR 14096:2016 prevê que as viaturas de uso múltiplo (caso do ABTR) devem possuir dois esguichos reguláveis, com diâmetro de 40 mm, com vazão de no mínimo 360 lpm (95 gpm), certificados de acordo com a NFPA 1964, ou ABNT ou ISO equivalente em desempenho.

O esguicho Quadrafog FQS125PS da fabricante Task Force Tips (TFT) de vazão ajustável é o modelo majoritariamente utilizado pelo CBMSC. Seu bocal é capaz de produzir diferentes padrões de jato – desde o jato sólido (concentrado) até o neblinado (disperso).

Figura 29 – Esguicho Quadrafog FQS125PS



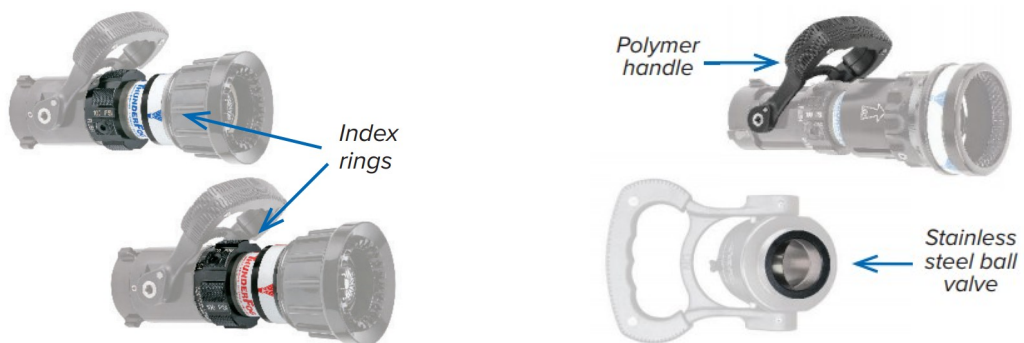
Fonte: Task Force Tips (2019)

Esse dispositivo deve resistir às solicitações mecânicas resultantes da energia hidráulica envolvida nas operações ao mesmo tempo em que deve ser leve para não sobrecarregar o combatente. Além disso, devido a exposição frequente a água impura, deve ser construído com materiais resistentes a corrosão. Nesse sentido, o corpo do esguicho é composto de materiais leves e resistentes (resistências mecânica e química).

Por isso, seu corpo é predominantemente composto de polímero, seu bocal é feito de alumínio com revestimento anodizado e seus componentes internos da válvula são de aço inoxidável.

A empunhadura no estilo *Pistol Grip* proporciona mais firmeza ao manuseio do operador. Essa empunhadura é posicionada diretamente abaixo da válvula de acionamento do esguicho de forma que auxilia a estabilizá-lo no momento de sua abertura e fechamento. Tal válvula é do tipo esfera e, nesse caso, a esfera é de aço inoxidável.

Figura 30– Seleção de vazão e acionamento do Quadrafog FQS125PS



Fonte: Task Force Tips (2019)

O bocal possui ajustes para a seleção de vazão (30, 60, 95 e 125 gpm a pressão de 100

psi) assim como o tipo de jato (sólido ou neblinado). Ambos os ajustes são selecionados e indicados por meio dos anéis de ajuste no corpo do esguicho (Figura 30) .

Além disso, o bocal também permite o acoplamento de acessórios para emprego de Líquido Gerador de Espuma (LGE) de aspiração, como os modelos da fabricante TFT FoamJet, de baixa expansão ou de expansão múltipla. O bico deve ter etiquetas refletivas, dentes giratórios em aço inoxidável, proteção dianteira, número de série gravado a laser e uma garantia de cinco anos.

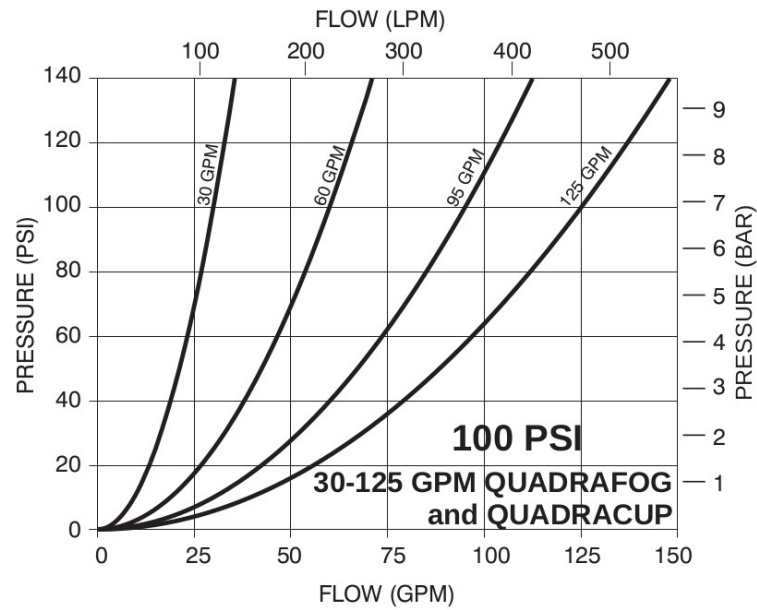
Quadro 9 – Especificações do esguicho modelo Quadrafog FQS125PS

Empunhadura tipo <i>Pistol Grip</i>	Sim
Projeto da Válvula	Inoxidável
Vazões	30/60/95/125gpm (110/230/360/470 l/min)
Tipo de acoplamento de entrada	Rocker
Tamanho do corpo	1,5” (38 mm)
Tipo	Uma peça com válvula
Dentes do jato neblinado	Giratório
Modo de Pressão	Pressão única
Pressão de operação	100 psi (7 bar)
Controle Remoto	Não
Peso	1,7 kg
Material do corpo	Polímero
Certificação	NFPA/FM

Fonte: Task Force Tips (2019)

A curva de vazão x pressão de funcionamento do esguicho para cada ajuste de vazão feito é mostrada no gráfico abaixo:

Figura 31 – Curva de operação do Quadrafog FQS125PS



Fonte: Task Force Tips (2019)

Por meio dessa curva é possível estimar a vazão do esguicho em função do ajuste selecionado e da pressão hidrostática residual no esguicho, ou seja, a pressão fornecida pela bomba descontadas as perdas de carga ao longo da mangueira ou tubulação.

4 FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA

No intuito de atingir os objetivos desse trabalho, aplicou-se as metodologias das pesquisas exploratória e descritiva. A partir disso, os resultados foram obtidos de forma qualitativa.

Segundo Gil (2002), a pesquisa exploratória é aplicada no intuito de familiarizar-se com o tema, visando aprimorar as ideias a respeito e torná-lo mais explícito. Para isso recorreu-se à pesquisa bibliográfica.

Essa forma de pesquisa foi aplicada no intuito de atender os objetivos específicos a) e b) o que predominou da primeira até o penúltimo capítulo. Nesse sentido foram realizadas as pesquisas bibliográficas, as quais subsidiaram todas as seções do trabalho no intuito de familiarizar o leitor com conhecimentos envolvidos na especificação dos ABTR. Conforme já mencionado, devido ao alto volume de informações envolvidos na configuração dessas viaturas, o escopo do estudo limita-se ao sistema de bombeamento de água.

Além da pesquisa exploratória, foram aplicadas também as técnicas metodológicas da pesquisa descritiva, a qual de acordo com Prodanov e Freitas (2013) visa a descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis buscando também classificar, explicar e interpretar fatos que ocorrem.

Os princípios metodológicos em questão foram aplicados no intuito de atender os objetivos específicos a) e b) de forma complementar logo após a elucidação dos conceitos básicos (fornecidos pela metodologia exploratória). A partir disso, foram feitas comparações e análises sobre as características dos equipamentos e seus princípios de funcionamento.

Além disso, a pesquisa descritiva foi essencial para a consecução do objetivo específico c). Esse foi tratado na última seção, na qual foi feito o estabelecimento de relações entre as variáveis no intuito de analisar as grandezas físicas envolvidas na operação dos cenários hipotéticos propostos.

A abordagem utilizada para analisar os dados coletados é a qualitativa, pelo meio da qual o pesquisador interpreta as informações relacionando as pequenas conclusões resultantes dos capítulos, desempenhando a observação crítica das ideias tratadas no trabalho (Zanella, 2013). Desse modo, são relacionados os conceitos, princípios e significados elucidados.

Apesar de serem utilizados valores numéricos, não são empregados os métodos estatísticos e matemáticos que caracterizam uma pesquisa quantitativa. Tal fato é corroborado

haja vista que esses dados dispostos em quadros e cálculos foram sujeitos ao esforço intelectual do autor para a obtenção das conclusões – o que denota um caráter subjetivo tendo em vista que o critério para a identificação dos resultados não é numérico nem exato mas valorativo.

4.1 COMPARAÇÃO DOS CENÁRIOS

Como visto nas seções anteriores, a norma NBR expressa que a capacidade mínima de vazão da bomba do ABTR deve ser de 750 gpm. No entanto, essa norma baseia-se predominantemente na norma americana NFPA, a qual adequa-se à realidade dos Estados Unidos e deixa de considerar as peculiaridades do contexto brasileiro.

De posse das informações técnicas pertinentes ao sistema de bombeamento de água reunidas nas seções anteriores, torna-se possível a elaboração de uma análise das grandezas físicas envolvendo cenários hipotéticos de ocorrências.

Nessas análises, serão observadas as combinações de fatores como: as perdas de carga no sistema, as limitações de pressão dos componentes e a capacidade da bomba em atender as os respectivos pontos de operação.

a) Cenário 1: Um lance de linha adutora com divisor e duas linhas de ataque fornecendo 125 gpm por esguicho.

Essa configuração trata-se do dispositivo IV do Quadro 1, o qual apresenta a maior demanda de vazão, pois contém 2 esguichos e uma parcela de perda de carga considerável devido ao comprimento das linhas (adutora de 25 metros com 2,5” de diâmetro seguida de duas linhas de ataque compostas por 2 lances de 25 metros e 1,5” de diâmetro cada uma, totalizando 50 metros para a linha da direita e 50 metros para a linha da esquerda).

Para fazer essa análise, foi estimada a perda de carga com base nas curvas de perda de carga fornecida pelo fabricante. Esse valor é dado na Figura 28 em função da vazão. Outro valor importante é a pressão necessária para garantir a vazão de 125 gpm regulada no esguicho, segundo a curva de vazão x pressão fornecida pelo fabricante (Figura 31).

Aliando esses valores aos fornecidos pelo fabricante da bomba de 500 gpm (Figura 23) obteve-se os seguintes valores.

Quadro 10 – Pressões e perdas de carga do cenário 1

Pressão necessária no esguicho [kgf/cm ²]	7,0
Perda de carga na linha adutora [kgf/cm ²]	1,9
Perda de carga nas linhas de ataque [kgf/cm ²]	7,6
Pressão requerida na descarga da bomba [kgf/cm²]	16,6

Fonte: do autor

O somatório da pressão de trabalho do esguicho e das parcelas de perda de carga fornece a pressão requerida na descarga da bomba, pois totalizam a pressão que a bomba precisa superar para que o sistema trabalhe. Nesse caso, conclui-se que a bomba precisaria fornecer 250 gpm a uma pressão de 16,6 kgf/cm²

Por meio dos dados do fabricante da bomba, percebe-se no Quadro 4 que há um ponto de operação de 250 gpm a 17,5 kgf/cm², o qual demonstra que a bomba de 500 gpm atenderia satisfatoriamente essa condição.

No entanto, há um fator que limita a operação do sistema nessas condições: a resistência da mangueira. Como pode ser visto nas propriedades exigidas pela NBR 11861, a pressão de trabalho para as mangueiras tipo 2 e 4 (mais utilizadas pelo CBMSC) é de 14 kgf/cm².

Nesse sentido, outro fator a ser considerado é o esforço necessário pelo combatente para operar o esguicho a essa vazão, visto que a força de reação para compensar a energia hidráulica demanda o auxílio de outro bombeiro, o que nem sempre é possível devido a disponibilidade de efetivo ou demanda por outras ações em uma ocorrência.

Além disso deve ser considerada a alta vazão de água, vale lembrar que 250 gpm de água equivalem a 946 litros por minuto. Como os ABTR podem armazenar até 5000 litros de água, o suprimento de água exaurir-se-ia em pouco mais de 5 minutos.

b) Cenário 2: Um lance de linha adutora com divisor e duas linhas de ataque fornecendo 95 gpm por esguicho.

Esse cenário é muito semelhante ao exemplo anterior, porém tem a vazão por esguicho reduzida a 95 gpm. Utilizando a mesma linha de raciocínio, foram obtidos os seguintes valores:

Quadro 11 – Pressões e perdas de carga do cenário 2

Pressão necessária no esguicho [kgf/cm ²]	7,0
Perda de carga na linha adutora [kgf/cm ²]	1,0
Perda de carga nas linhas de ataque [kgf/cm ²]	4,6
Pressão requerida na descarga da bomba [kgf/cm²]	12,6

Fonte: do autor

Dessa maneira, a bomba irá operar fornecendo 190 gpm com pressão de 12,6 kgf/cm² no recalque. Esse ponto situa-se entre o ponto 1 e 2 do Quadro 4, no qual a bomba de 500 gpm consegue fornecer vazão até maior que o necessário.

Apesar de a bomba atender essas condições, a pressão na linha adutora de 12,6 encontra-se próximo do valor de pressão de trabalho máxima recomendada. Torna-se importante salientar que dependendo do tempo de uso e do desgaste da mangueira, sua resistência pode diminuir. Assim, é preferível trabalhar em com pressões menores no intuito de evitar o seu rompimento.

Outro fator a se levar em conta é que a operação de um esguicho com essa vazão também pode ser dificultosa para apenas um combatente, devido a força de reação provocada pela saída do jato de água no esguicho.

c) Cenário 3: Um lance de linha adutora com divisor e duas linhas de ataque fornecendo 60 gpm por esguicho.

Ainda na linha de raciocínio dos cenários anteriores, com o mesmo dispositivo, reduziu-se a vazão do esguicho a 60 gpm. Por meio das curvas de perda de carga nas mangueiras e de funcionamento do esguicho Quadrafog, obteve-se os seguintes resultados:

Quadro 12 – Pressões e perdas de carga do cenário 3

Pressão necessária no esguicho [kgf/cm ²]	7,0
Perda de carga na linha adutora [kgf/cm ²]	0,5
Perda de carga nas linhas de ataque [kgf/cm ²]	2,5
Pressão requerida na descarga da bomba [kgf/cm²]	10,1

Fonte: do autor

Por meio da curva da bomba de 500 gpm percebe-se que ela atende facilmente a demanda de 120 gpm com pressão de 10,1 12,6 kgf/cm², pois à pressão de 10,5 kgf/cm² ela consegue fornecer 500 gpm.

Além de ser interessante para o funcionamento da bomba, esse ponto de operação não

sobrecarrega as mangueiras, já que está a 70% do limite da pressão de trabalho. Não apenas isso, à 60 gpm, torna-se viável que o combatente opere o esguicho sozinho.

Outro ponto positivo é o uso racional da água do ABTR, o que prolonga a autonomia de água durante o combate ao incêndio.

d) Cenário 4: Pressurização do Sistema Hidráulico Preventivo de uma edificação. Estabelecimento de um esguicho a 60 gpm com um lance de 25 m de mangueira.

Os ABTR também são empregados junto aos sistemas hidráulicos preventivos de edificações. Isso ocorre quando há a necessidade de abastecer o caminhão utilizando a água da Reserva Técnica de Incêndio existente nos edifícios e também no combate a incêndio em pavimentos superiores.

Nessa segunda aplicação, liga-se a bomba do caminhão ao hidrante de recalque por meio de uma linha adutora de 2,5". Dessa maneira, os combatentes não necessitam subir levando consigo todas as mangueiras para alcançar o pavimento do incêndio. Basta que levem consigo o esguicho e um ou dois lances de mangueira, ao chegar no pavimento desejado, conectam a sua mangueira ao SHP pressurizado pelo sistema do caminhão.

Para a análise desse cenário, será considerada a Reserva Técnica de Incêndio vazia, o qual representa o pior caso.

Primeiramente, há que se levar em consideração o principal fator limitante desse cenário: a pressão máxima no SHP, que conforme o art 9º da IN 07 deve ser de 10 kgf/cm².

Dessa maneira a bomba poderia ser ajustada para fornecer 10,5 kgf/cm² de pressão na descarga (na qual a bomba de 500 gpm fornece 500 gpm, o que já é suficiente para esse caso), pois entre a bomba e o hidrante de recalque, haverá uma queda de pressão de 0,5 kgf/cm² devido a perda de carga na adutora. Assim haverá uma pressão residual de 10 kgf/cm² na entrada do SHP.

Além dessa queda de pressão, deve ser considerada a perda de pressão nas linhas de ataque (2,5 kgf/cm²) e a parcela de pressão necessária para que o esguicho forneça a vazão selecionada de 60 gpm (7,0 kgf/cm²). Descontando essas perdas, restam 0,42 kgf/cm² para a elevação da água, o que resulta em pouco mais de um pavimento, conforme mostra o Quadro 13.

Quadro 13 – Pressões e perdas de carga do cenário 4

Pressão na descarga da bomba [kgf/cm ²]	10,5
Perda de carga na linha adutora [kgf/cm ²]	0,5
Pressão no hidrante de recalque [kgf/cm ²]	10,0
Perda de carga nas linhas de ataque [kgf/cm ²]	2,5
Pressão necessária no esguicho [kgf/cm ²]	7,0
Pressão disponível para elevação da água [kgf/cm ²]	0,42

Fonte: do autor

Esse cenário acaba não ocorrendo na realidade, pois apesar de o esguicho demandar 7 kgf/cm² para fornecer a vazão nominal conforme a regulagem, ele permite a passagem de água já em pressões menores (de acordo com a Figura 31).

Na verdade o que ocorre é o escoamento da água dispendendo sua energia hidráulica para subir ao longo dos pavimentos e chegar no esguicho com a pressão residual, como será analisado no cenário seguinte.

De qualquer forma, percebe-se que a bomba de 500 gpm atenderia a essa demanda satisfatoriamente, haja vista que o fator limitante nesse caso foi a pressão máxima admissível na rede do SHP.

e) Cenário 5: Pressurização do Sistema Hidráulico Preventivo de uma edificação para combate no oitavo pavimento. Utilização do esguicho ajustado em 60 gpm.

Conforme mencionado no cenário anterior, no caso de combater-se a um incêndio no oitavo andar, montando o mesmo estabelecimento (bomba → 25 m de linha adutora → SHP → 25 m de linha de ataque → esguicho) as variações de pressão ocorrerão da seguinte forma:

Quadro 14 – Pressões e perdas de carga do cenário 5

Pressão na descarga da bomba [kgf/cm ²]	10,5
Perda de carga na linha adutora [kgf/cm ²]	0,5
Pressão no hidrante de recalque [kgf/cm ²]	10,0
Pressão necessária para elevação da água ao 8º pavimento [kgf/cm ²]	2,40
Perda de carga na linha de ataque [kgf/cm ²]	2,5
Pressão disponível no esguicho [kgf/cm ²]	5,1

Fonte: do autor

Por meio desses dados, haveria 5,1 kgf/cm² de pressão disponíveis no esguicho, o que de acordo com a curva de operação do esguicho na Figura 31, haveria 50 gpm para o combate. Mais uma vez, percebe-se que o fator limitante não seria a utilização da bomba de 500 gpm em detrimento da de 750 gpm, mas sim a limitação de pressão do SHP.

5 CONCLUSÃO

A realização desse trabalho possibilitou conhecer os principais fatores que devem ser levados em consideração ao especificar-se o sistema de bombeamento de água para uma viatura Auto Bomba Tanque Resgate do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Nesse intuito, o trabalho foi norteado pelo objetivo geral desdobrado nos objetivos específicos colocados.

Inicialmente, partiu-se de uma visão abrangente do papel do ABTR no CBMSC, o qual foi embasado na doutrina de combate a incêndio estrutural da corporação. Além disso, justificou-se o emprego do caminhão tipo “Toco” no atendimento em ocorrências devido sua melhor compatibilidade em meio urbano, no qual necessita haver um equilíbrio entre potência, agilidade, manobrabilidade e limite de capacidade de carga.

Por conseguinte, foram estudados os principais componentes do sistema de bombeamento de água – sistema esse que junto ao trem de força forma o “coração” do ABTR. Tais componentes foram apresentados em seus respectivos capítulos: tanque de armazenamento de água, tomada de força, bomba, mangueira, esguicho. A síntese desses conhecimentos foi de grande importância pois permitiu elucidar e reunir conhecimentos empíricos e técnicos que encontram-se dispersos em diversas fontes, como livros, catálogos de fabricantes nacionais e estrangeiros

No último capítulo, a partir dos conhecimentos obtidos nas seções anteriores, objetivou-se comparar as grandezas físicas envolvidas nos sistemas de bombeamento de água utilizando bombas de 500 gpm e 750 gpm em cenários hipotéticos de ocorrência. Essa análise foi motivada porque há uma dúvida que é muito recorrente no momento da escolha da bomba. Apesar de a norma brasileira demandar que a vazão mínima da bomba seja de 750 gpm, concluiu-se por meio dessa análise que a bomba de 500 gpm atende adequadamente a demanda dos ABTR do CBMSC.

Além das conclusões supracitadas, esse trabalho visa servir como um marco inicial para a discussão técnica nos estudos acadêmicos do CBMSC a respeito das especificações dos ABTR. Cada capítulo aqui escrito pode servir como base para novos trabalhos, discussões e melhorias, haja vista que durante a elaboração deste, foi conversado com pessoas envolvidas em diferentes graus hierárquicos da corporação e percebeu-se uma carência de informações escritas para que pudessem se fundamentar.

Tal escassez de informações não ocorre por acaso. No meio industrial é comum as empresas desenvolverem suas soluções específicas e implementarem em suas linhas de produção sem que patentes ou trabalhos científicos sejam publicados formalmente, sendo apenas divulgado o mínimo necessário de dados em catálogos e manuais.

Por isso, esse trabalho torna-se ainda mais relevante no sentido de que reunir essas informações específicas relacionadas ao sistema de bombeamento do ABTR, pois além de trazer o conhecimento aos militares do CBMSC para que possam questionar, exigir qualidade dos fornecedores, pode vir a incentivar e fomentar a criação de novos materiais que visem o aumento desse conhecimento na corporação principalmente focado na realidade do Estado de Santa Catarina.

Certamente que houve limitações ao longo da elaboração do trabalho, principalmente em relação a disponibilidade de tempo – o que impossibilitou conhecer pessoalmente as fábricas dos fornecedores e análises mais aprofundadas. Além disso, conforme expresso anteriormente, a dificuldade em encontrar bibliografias e referências para buscar os conceitos e fundamentar os conhecimentos demandou bastante empenho – há que se compreender que é uma característica intrínseca a essa área de conhecimento. Apesar dessas dificuldades, foi possível atingir os objetivos propostos.

Como foi mencionado, esse trabalho pode servir de incentivo a discussões e novos trabalhos acadêmicos na área. Nesse viés, foi percebido que há uma demanda por padronizações para essa viatura por parte de pessoas desde o nível operacional até o estratégico da corporação. Assim, torna-se interessante trazer à luz alguns temas em potencial para institucionalizar esses conhecimentos por meio de futuros trabalhos:

- Discussão a respeito dos equipamentos a serem transportados nas viaturas ABTR e sua disposição nos compartimentos do caminhão visando aspectos de ergonomia e eficiência operacional;
- Limitar a variação dos ABTR a modelos padronizados em função da característica do município (urbano x rural) ou em função dos recursos disponíveis para a aquisição (baixo, médio ou alto custo);
- Dimensionamento do sistema elétrico do caminhão ABTR que compreenda especificações de baterias, alternadores, etc.
- Especificações sobre sistemas de iluminação do ABTR para atendimento a ocorrências noturnas.

- Estudo de caso sobre experiências boas e ruins nas especificações dos ABTR do CBMSC. Tal pesquisa ambicionaria inspirar-se em boas práticas e principalmente evitar a repetição de problemas provenientes de especificação.

Por fim, encerro esse trabalho com imensa satisfação por ter sido uma oportunidade de aprimorar meus conhecimentos no assunto e sabendo que poderá servir como referência para futuras pesquisas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11861: Mangueira de incêndio – Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14096: Viaturas de combate a incêndio**. Rio de Janeiro, 2016.

CMCOUTO: **Mangueiras COUTOFLEX**, 2019. Disponível em: <<https://cmcouto.com.br/produtos/mangueiras>>. Acesso em 25 de junho de 2019.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Resolução n. 12 de 06 de fevereiro de 1998**. Estabelece os limites de peso e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres.. Brasília, 1998.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. impõe novo dispositivo de segurança para caminhões basculantes. **Agência Transporta Brasil**, 2015. Disponível em: <<http://www.transportabrasil.com.br/2015/12/contran-impoe-novo-dispositivo-de-seguranca-para-caminhoes-basculantes>>. Acesso em 09 de 25 de julho de 2019.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Diretriz de Procedimento Operacional Padrão (DtzPOP) Nr 14 do Comando Geral**. Florianópolis: CBMSC, 2017.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Manual de Capacitação em incêndio estrutural**. Florianópolis, 2018.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **5º BBM fecha 2017 com chave de ouro**. Notícias. 08 de janeiro maio. 2018b. Disponível em: <<https://portal.cbm.sc.gov.br/index.php/sala-de-imprensa/noticias/institucionais/2528-5-bbm-fecha-2017-com-chave-de-ouro>>. Acesso em: 10 setembro de 2019.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIAS. **Manual Operacional de Bombeiros – Bombas Hidráulicas**. Goiânia, 2018. Disponível em: <<https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/MOB-BOMBAS-HIDR%C3%81ULICAS.pdf>>. Acesso em: 11 de junho de 2019.

DOUGLASS, David L. **Understanding Power Take-off Systems**. 6. ed. Muncie Power Products. Indiana, April, 2008.

FORD MOTOR COMPANY BRASIL LTDA. **Manual do Implementador FORD**. Cargo São Paulo, 2016.

FOX, Robert W.; MCDONALD, Alan T.; PRITCHARD, Philip J. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

INTERPUMP: **Tomada de Força Takarada**, 2019. Disponível em: <<http://www.interpump.com.br/produtos/tomada-de-forca-takarada?marca=takarada>>. Acesso em 12 de julho de 2019.

KOZMAKSAN: **Power Take-off – PTO**, 2018. Disponível em: <<https://www.kozmaksan.net/power-output-unit-pto-dtb-46>>. Acesso em 13 de junho de 2019.

MELLO, Ruben de. Diferenças entre os caminhões: toco, truck ou trucado, traçado, bi-truck e caminhão ¾. **Guia do TRC**, 2015. Disponível em: <<http://www.guiadotrc.com.br/noticiaid2.asp?id=30755>> Acesso em 17 de agosto de 2019.

MERCEDES-BENZ. **Instruções para montagem de carroçarias e equipamentos no Mercedes Atego**. São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://m.mercedes-benz.com.br/resources/files/documentos/caminhoes/atego/manual-de-implementacao/manual-de-implementacao-euro-3-atego-pt.pdf>> Acesso em 20 de julho de 2019.

MITREN: Componentes do Caminhão, 2018. Disponível em: <<https://www.mitren.com.br/componentes>>. Acesso em 22 de setembro de 2019.

N1 NOTÍCIAS. **Dia de festa no Corpo de Bombeiros de Lages**. 27 de setembro de 2014. Disponível em: <<http://lagesnoticias.blogspot.com/2014/09/dia-de-festa-no-corpo-de-bombeiros-de.html>>. Acesso em: 10 de agosto de 2019.

POWER TRAX: **PTO Technical Data for 4x4 and utility vehicles**, 2014. Disponível em: <http://www.power-trax.de/produkte/ptos/pix/split_shaft_catalogue.pdf>. Acesso em 20 de agosto de 2019.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013

TASK FORCE TIPS: **About the Quadrafog**, 2019. Disponível em: <<https://www.tft.com/Product-Series/Quadrafog>>. Acesso em 23 de julho de 2019.

SANTA CATARINA. **Instrução Normativa 007 – Sistema Hidráulico Preventivo**. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC). Florianópolis: CBMSC, 2017.

SLB HIDROMECAÂNICA: **Kit Hidráulico HYVA**, 2019. Disponível em: <<http://slbhidraulica.com.br/kit-hidraulico/>>. Acesso em 13 de setembro de 2019.

WATEROUS: **Vehicle-Mounted Pumps**, 2019. Disponível em: <<https://www.waterousco.com/vehicle-mounted-pumps.html>>. Acesso em 02 de setembro de 2019.

VOLKSWAGEN. **Diretrizes de Implementação (Delivery, Worker, Constellation)**. São Paulo, 2018.

ZANELLA, Liane Carly Hermes. **Metodologia de pesquisa**. 2. ed. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, 2013.