

**AeroTTD**  
ESCOLA DE AVIAÇÃO CIVIL

**Sistema de Proteção  
contra Fogo no Motor**

*Prof. Ricardo Cesar Garcia*



<b>CNPJ</b>	72.443.914/0001-38
<b>Mantenedora</b>	AERO TD ESCOLA DE AVIAÇÃO CIVIL LTDA - ME
<b>Instituição</b>	AERO TD Escola de Aviação Civil
<b>Esfera Administrativa</b>	Privada
<b>Endereço (Rua, N°.)</b>	Rua Madalena Barbi nº 46.
<b>Cidade UF CEP</b>	Bairro: Centro - Florianópolis SC. CEP: 88.015-200
<b>Telefone Fax</b>	(48) 32235191
<b>Eixo Tecnológico:</b>	Infraestrutura
<b>Curso:</b>	Profissionalizante em Manutenção de Aeronaves - Habilitação Grupo Motopropulsor
<b>Carga Horária Total:</b>	1034 horas

# Sumário

Apresentação da Disciplina \_\_\_\_\_ 4

Módulo I \_\_\_\_\_ 6 - 28

Módulo II \_\_\_\_\_ 30 - 54

# Apresentação da Disciplina

*Caro aluno!*

*A disciplina de Sistemas de Proteção Contra Fogo do Motor objetiva levar você ao conhecimento das particularidades específicas dos métodos de prevenção, controle e extinção de fogo em aeronaves e as necessidades apresentadas por cada tipo de motor.*

*O tema está dividido em dois módulos, a saber:*

*Módulo I: Sistemas de Proteção em Motores Convencionais.*

*Módulo II: Sistemas de Proteção de Multimotores.*

*Convidamos você a nos acompanhar nesta viagem enriquecedora e, que ao final de nosso estudo, você esteja familiarizado com este universo e sua abrangência.*

*Bons estudos!!*

*Prof. Ricardo Cesar Garcia*



Fonte: [www.defesacivil.rj.gov.br](http://www.defesacivil.rj.gov.br)

## MÓDULO I

### SISTEMAS DE PROTEÇÃO EM MOTORES CONVENCIONAIS

#### INTRODUÇÃO

Caro aluno,

Em virtude do fogo ser uma das mais perigosas ameaças a uma aeronave, as zonas de fogo em potencial de todas as multi motoras atualmente produzidas, têm um sistema fixo de proteção de fogo.

Uma "zona de fogo" é uma área ou região da aeronave, designada pelo fabricante, que requer detecção e/ou equipamento de extinção e um alto grau de resistência ao fogo.

O termo "fixo" significa um sistema permanentemente instalado, em contraste com qualquer tipo de equipamento extintor de fogo portátil.

Vamos compreender agora os sistemas.

Vamos lá!

## 1.1 SISTEMA DE PROTEÇÃO DE FOGO DE MOTORES CONVENCIONAIS

Um sistema completo de proteção contra fogo inclui tanto um sistema de detecção como de extinção de fogo.

Para detectar fogo ou condições de superaquecimento, detectores são colocados nas várias zonas a serem monitoradas. O fogo é detectado nas aeronaves com motores convencionais, usando um ou mais dos seguintes itens:

- 1- Detectores de superaquecimento;
- 2- Detectores de aumento da razão de temperatura;
- 3- Detectores de chama;
- 4- Observação pela tripulação.

Somando-se a estes métodos, outros tipos de detectores são usados nos sistemas de proteção contra fogo em aeronaves, mas raras vezes são usados para detectar fogo nos motores.

Por exemplo, detectores de fumaça são mais apropriados para monitorar áreas como as que comportam bagagens, onde os materiais queimam vagarosamente ou sem chama.

### Detector de fumaça em banheiros.



Fonte: Ricardo Cesar Garcia

Figura: Detector de fumaça nos banheiros.



Fonte: Ricardo Cesar Garcia

Figura: Garrafa de extinção de fogo em banheiros.



Fonte: Ricardo Cesar Garcia

Figura: Detector de fumaça compartimento de bagagens.

Outros tipos de detectores, nesta categoria, incluem os de monóxido de carbono.

Os sistemas de proteção de fogo das aeronaves, produzidas atualmente, não confiam na observação pela tripulação como um método primário de detecção de fogo.

Um sistema ideal de detecção de fogo deve incluir, tanto quanto possível, as seguintes características:

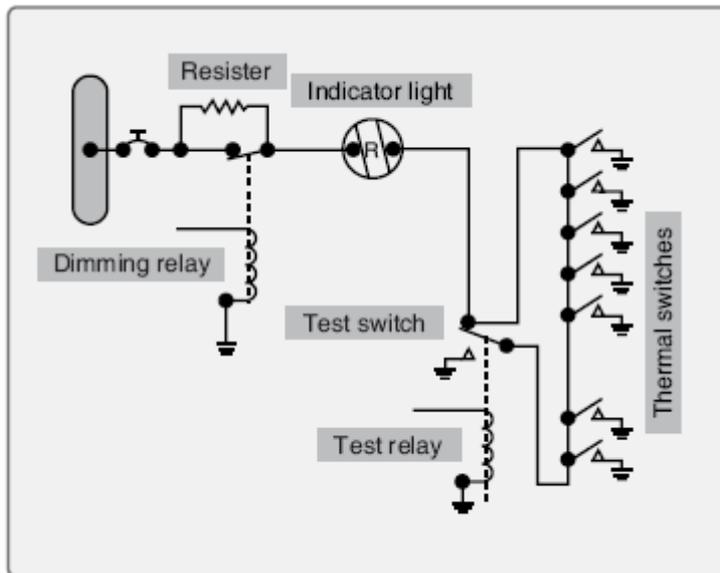
1. Um sistema que não cause falsos alarmes sob qualquer condição de voo ou no solo;
2. Rápida indicação de fogo e sua exata localização;
3. Acurada indicação de que o fogo está extinto;
4. Indicação de que o fogo foi reativado;
5. Indicação contínua da duração do fogo;
6. Possibilidade de testar eletricamente o sistema detector, desde a cabine da aeronave;
7. Detectores resistentes a danos causados pela exposição ao óleo, água, vibração, temperaturas extremas e ao manuseio;
8. Detectores que tenham pouco peso e sejam facilmente adaptáveis em qualquer posição de montagem;
9. Detectores instalados em circuitos, operados diretamente do sistema de força da aeronave, sem inversores;
10. Exigências mínimas de corrente elétrica, quando não houver indicação de fogo;
11. Cada sistema detector deverá acender uma lâmpada na cabine, indicando a localização do fogo e deverá ter um sistema de alarme sonoro;
12. Um sistema detector separado para cada motor.

### **Sistema de Interruptor Térmico**

Um grande número de detectores ou mecanismos sensíveis é encontrado. A maioria das aeronaves antigas, ainda em operação, tem algum tipo de sistema de interruptores térmicos ou sistema de pares térmicos.

Um sistema de interruptor térmico tem uma ou mais lâmpadas, energizadas pelo sistema de força da aeronave e por interruptores térmicos que controlam a operação da lâmpada (ou lâmpadas). Esses interruptores térmicos são unidades sensíveis ao calor, que completam os circuitos elétricos a uma determinada temperatura.

Eles são conectados em paralelo um com o outro, mas em série com as luzes indicadoras (figura 9-1).



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook).  
 Figura 9-1 Circuito de interruptores térmicos.

Se um aumento de temperatura ultrapassar um determinado valor em qualquer seção do circuito, o interruptor térmico fechará, completando o circuito da lâmpada indicadora de fogo ou a condição de superaquecimento.

Não existe um número certo de interruptores térmicos em cada circuito. O número exato será determinado pelo fabricante.

Em algumas instalações todos os detectores térmicos são conectados a uma única lâmpada. Em outras, pode ser encontrado um interruptor térmico para cada lâmpada indicadora.

Algumas luzes de alarme são do tipo "pressione-para-testar".

O circuito apresentado na figura 9-1 inclui um relé de teste.

Com o contato do relé na posição mostrada, dois caminhos são possíveis para o fluxo da corrente dos interruptores até a lâmpada.

Este é um dispositivo adicional de segurança.

Energizando o relé de teste, um circuito em série é completado, checando toda a fiação e o filamento de todas as lâmpadas.

Também incluído no circuito mostrado na figura 9-1, há um relé de controle de brilho. Este, ao ser energizado, altera o circuito, para incluir uma resistência em série com a lâmpada.

Em algumas instalações, vários circuitos são ligados através de relés de controle de brilho e todas as luzes de advertência podem ser ofuscadas ao mesmo tempo.

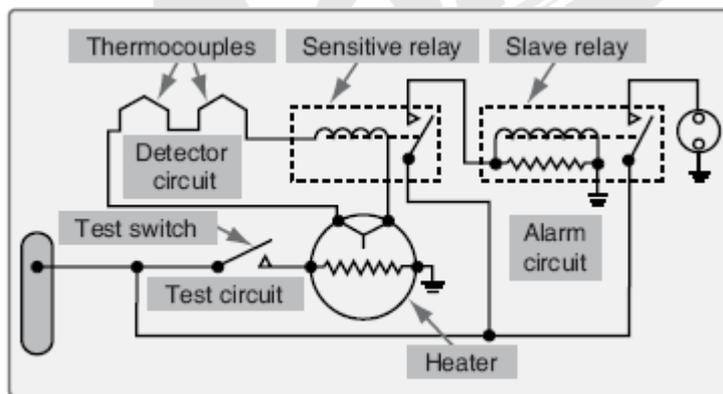
## Sistemas de Par Térmico

O sistema de aviso de fogo, em par térmico, opera por um princípio completamente diferente do sistema de interruptores térmicos.

Um par térmico depende da razão de aumento da temperatura e não dá o alarme quando um motor superaquece lentamente ou quando ocorre um curto-circuito. O sistema consiste em uma caixa de relés, luzes de aviso e pares térmicos.

A fiação do sistema dessas unidades pode ser dividida entre os seguintes circuitos: (1) circuito detector; (2) circuito de alarme; (3) circuito de teste.

Esses circuitos são mostrados na figura 9-2.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook).

Figura 9-2 Circuito de aviso de fogo tipo "termopar".

A caixa de relés contém dois relés, o sensível e o escravo e ainda a unidade de teste térmico. Essa caixa pode conter de um a oito circuitos idênticos, dependendo do número de zonas potenciais de fogo.

Os relés controlam as luzes de alarme. Por sua vez, os pares térmicos controlam a operação dos relés. O circuito consiste de vários pares térmicos, em série uns com os outros e com o relé sensível.

O par térmico é construído com dois metais diferentes, que são o cromel e o constantan. O ponto de junção dos dois metais, que será exposto ao calor, é chamado de junção quente. Há também, uma junção de referência, incluída no espaço entre os dois blocos isolantes.

Um invólucro de metal protege mecanicamente o par térmico, sem interferir no movimento livre do ar na junção quente.

Se a temperatura subir rapidamente, o par térmico produzirá uma voltagem, por causa da diferença de temperatura entre as junções de referência e a junção quente.

Se ambas as junções forem aquecidas ao mesmo tempo, nenhuma voltagem será produzida.

Na nacela do motor, há um normal e gradual aumento de temperatura, causado pela operação do motor. Ambas as junções são aquecidas na mesma proporção, não havendo por isso, sinal de alarme.

Porém, se houver fogo, a junção quente aquecerá mais rapidamente que a junção de referência. A voltagem resultante causará um fluxo de corrente no circuito detector.

Quando a corrente for maior do que quatro miliampères (0.004 ampères) o relé sensível fechará. Isto completará o circuito do sistema de força da aeronave para a bobina do relé escravo. Este fechará, completando o circuito para a lâmpada de alarme, dando uma indicação visual de fogo.

O número total de pares térmicos usados em um circuito detector, depende das dimensões das zonas de fogo e da resistência total do circuito, que geralmente não excede a 5 ohms, como mostra a figura 9-2.

O resistor conectado através dos terminais do relé escravo absorve a voltagem autoinduzida da bobina, para evitar a formação de arco entre os pontos do relé sensível. Os contatos do relé sensível são tão frágeis, que se queimariam ou soldariam, se fosse permitida a formação de um arco.

Quando o relé sensível abre, o circuito para o relé escravo é interrompido e o campo magnético em torno da sua bobina é encerrado. Quando isto acontece, a bobina recebe uma voltagem através da autoindução. Entretanto, com o resistor através dos terminais da bobina, é aberto um caminho para algum fluxo de corrente como resultado desta voltagem. Então o arco nos contatos do relé sensível é eliminado.

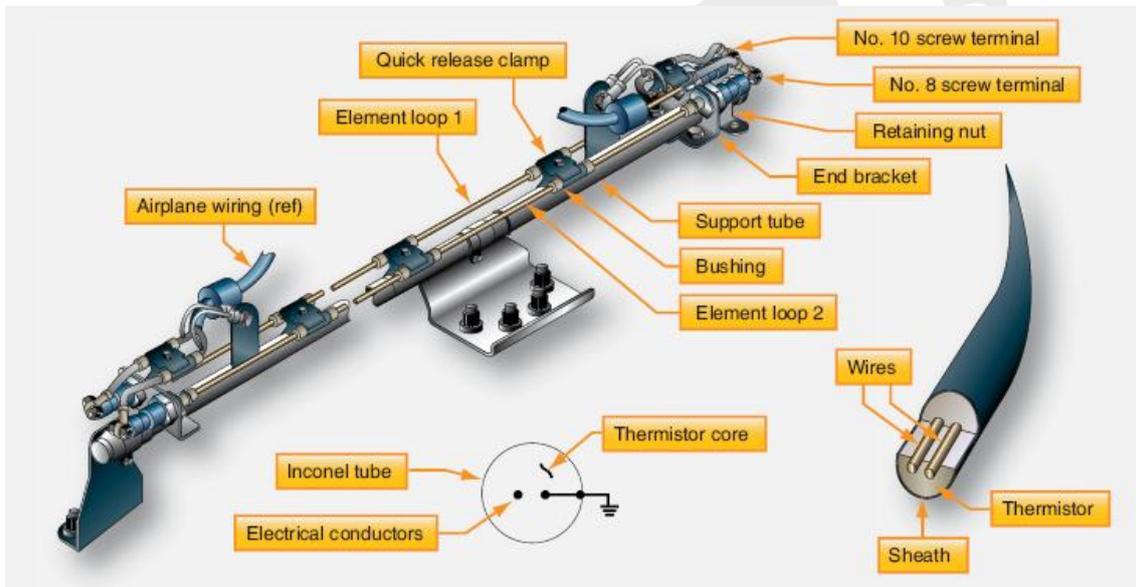
### **Sistema Detector de Circuito Contínuo**

Um sistema detector contínuo, ou um sistema sensor, permite a cobertura mais eficiente de uma área de perigo de fogo do que qualquer um dos detectores de temperatura do tipo "spot".

Os sistemas contínuos são uma versão do sistema de interruptores térmicos, são os de superaquecimento, unidades sensíveis ao calor, que completam o circuito elétrico a uma determinada temperatura. Um sistema contínuo não possui sensibilidade ao aumento da

razão de temperatura. Os dois tipos de detectores, usados nos sistemas de sensores contínuos, são os sistemas Kidde e o Fenwal.

No sistema contínuo kidde (figura 9-3), dois fios são envolvidos com uma camada de cerâmica especial, formando o núcleo de um tubo de Inconel.



Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov).

Figura 9-3 Elemento sensor "Kidde".

Um dos dois fios no sistema sensor Kidde é soldado nos terminais do tubo envolvente, atuando como "massa" interna. O segundo fio é um condutor (acima do potencial terrestre) que permite um sinal de corrente, quando a cobertura de cerâmica dos fios altera a sua resistência com a mudança da temperatura.

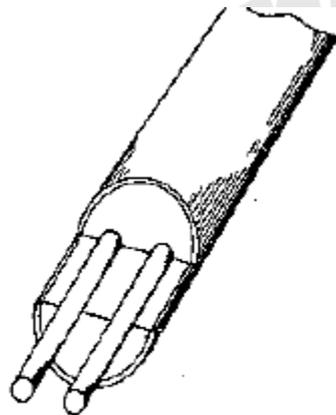
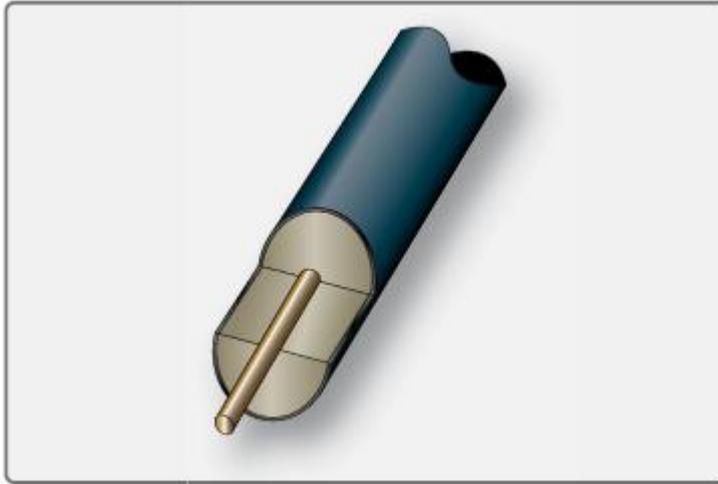


Figura 9-3 Elemento sensor "Kidde".

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional

O outro sistema contínuo, o Fenwall (figura 9-4), usa um fio simples envolvido em uma camada de cerâmica, dentro de um tubo de Inconel.



*Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook).*

Figura 9-4 Elemento sensor "Fenwal".

A camada de cerâmica do detector Fenwal está embebida com um sal eutético, que possui características de reduzir rapidamente sua resistência elétrica, quando o elemento sensor atingir a sua temperatura de alarme.

Em ambos os sistemas, no Kidde e no Fenwall, a resistência da cerâmica ou do sal eutético evita o fluxo da corrente elétrica enquanto for normal a temperatura.

No caso de uma condição de fogo ou superaquecimento, a resistência do núcleo diminui e o fluxo de corrente flui entre o fio condutor de sinal e a "massa", energizando o sistema de alarme.

Os elementos sensores do sistema Kidde são conectados a um relé da unidade de controle.

Essa unidade constantemente mede a resistência total de todo o sensor.

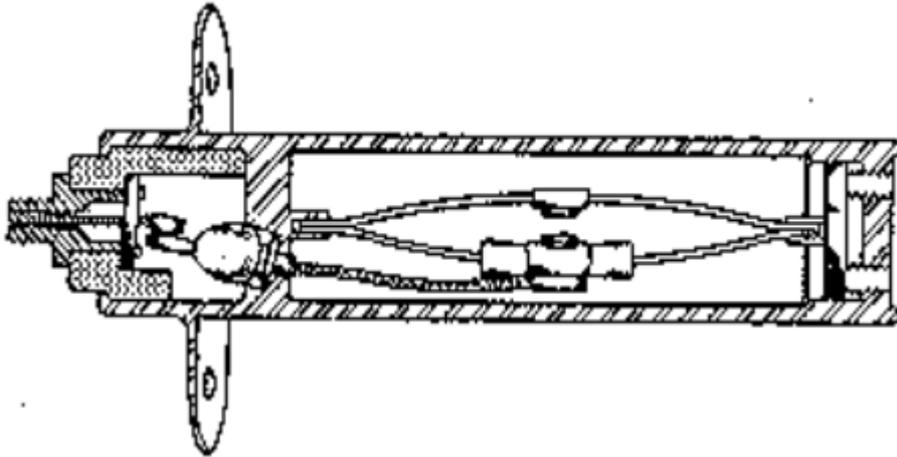
O sistema sente a temperatura média, tão bem como qualquer simples ponto isolado.

O sistema Fenwal usa um amplificador magnético como unidade de controle. Esse sistema não é proporcional, mas soará um alarme quando qualquer porção do seu elemento sensor atingir a temperatura.

Ambos os sistemas continuamente monitoram as temperaturas nos compartimentos dos motores e, automaticamente, são rearmados após um alarme de fogo ou de superaquecimento.

## Sistema Detector do Tipo "Spot"

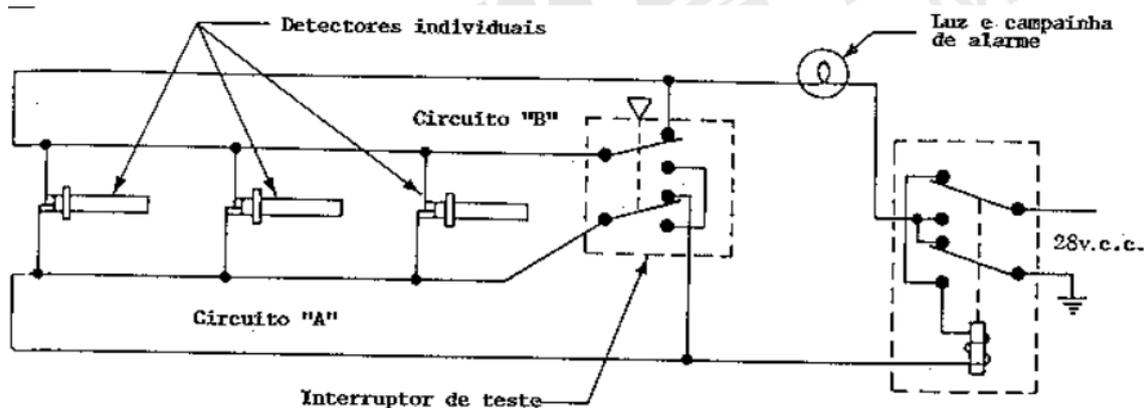
O sistema detector spot opera por um princípio diferente do sistema contínuo. Cada unidade detectora (figura 9-5) consiste de um interruptor térmico bimetálico. A maioria dos detectores spot são interruptores térmicos de terminal duplo, eletricamente acima do potencial terrestre.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional.

Figura 9-5 Detetor "Fenwal" tipo "Spot".

Os detetores Fenwal spot são ligados em paralelo entre dois circuitos completos da fiação, como é mostrado na figura 9-6. Assim, o sistema pode resistir a uma falha, que pode ser uma abertura no circuito elétrico ou um curto para a massa, sem indicar um falso alarme de fogo.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional.

Figura 9-6 Circuito detetor "Fenwal".

Uma dupla falha pode existir antes que um falso alarme de fogo possa ocorrer. No caso de uma condição de fogo ou de superaquecimento, o interruptor do detector spot fecha, completando o circuito para soar um alarme.

O sistema detector Fenwal spot opera sem uma unidade de controle.

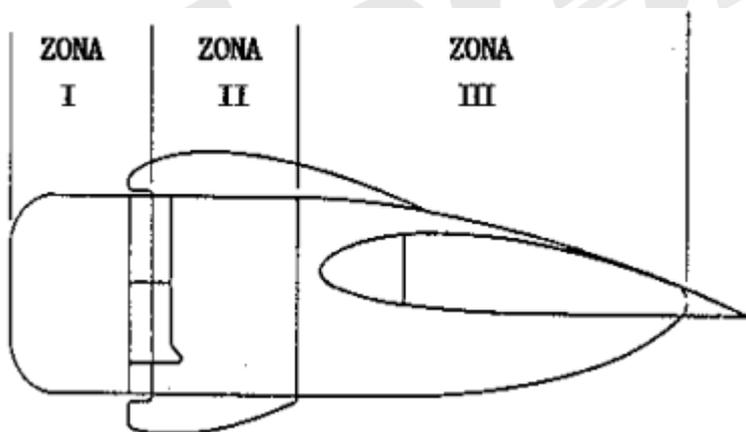
Quando uma condição de superaquecimento ou de fogo causar o fechamento de um interruptor do detector, o alarme soará e uma lâmpada de aviso indicando a área afetada será acesa.

## 1.2 ZONAS DE FOGO

Os detectores de fogo do motor são localizados de acordo com as zonas de fogo. Cada motor e área da nacele normalmente são divididos em três zonas semelhantes às apresentadas na figura 9-7.

A zona I identifica a área da seção de força do motor à frente do bordo de fuga dos flapes de refrigeração até a entrada dos anéis deflectores. A zona "II" identifica a área da seção de acessórios do motor entre a entrada dos anéis deflectores e a parede de fogo e a zona "III" identifica a área da nacele atrás da parede de fogo.

Além das zonas das áreas do motor e da nacele, outras áreas nas aeronaves multimotoras estão equipadas com sistemas de proteção e de detecção de fogo. Estas áreas incluem os compartimentos de bagagem, instalações de fonte de força auxiliar, instalações de aquecimento do combustível e outras áreas perigosas. A apresentação da proteção contra fogo para estas áreas não está incluída nesta seção, estando limitada à proteção de fogo do motor.



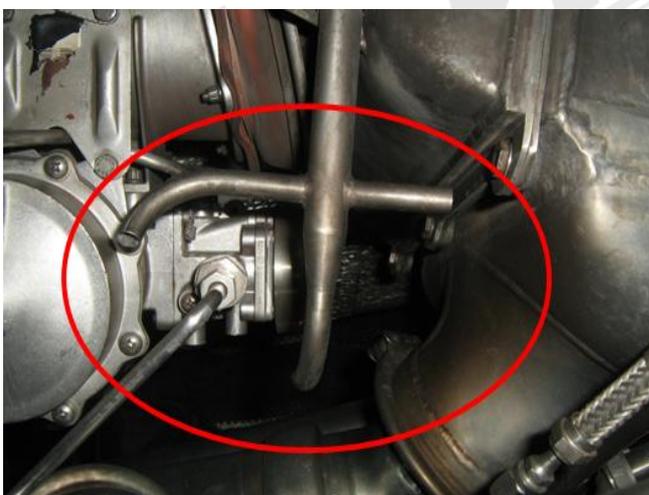
Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional.  
Figura 9-7 Zonas de fogo.

### 1.3 AGENTES DE EXTINÇÃO DE FOGO

Os sistemas fixos de extinção de fogo, usados na maioria dos sistemas de proteção contra fogo dos motores convencionais, são destinados a diluir a atmosfera com um agente inerte que não sustentará a combustão.

A maioria dos sistemas usam tubos perfurados ou bicos de descarga para a distribuição do agente extintor.

O sistema HRD (alta razão de descarga), recentemente desenvolvido, usa tubos sem restrição na saída, para liberar uma quantidade do agente extintor em 1 ou 2 segundos.



Fonte: Ricardo Cesar Garcia

Figura: Tubos sem restrição na saída.



Fonte: Ricardo Cesar Garcia

Figura: Tubos sem restrição na saída.

## **Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)**

Classificação de toxicidade UL de 5a é especialmente recomendado para o uso em fogo das classes B e C. Extingue a chama pela dissipação imediata do oxigênio da área.

Do ponto de vista de toxicidade e perigo de corrosão, o dióxido de carbono é o agente mais seguro para o uso.

Ele foi por muitos anos o agente mais amplamente utilizado. Se manipulado imprópriamente, pode causar confusão mental e sufocação.

Devido à sua variação em pressão de vapor com a temperatura, torna-se necessário estocar o CO<sub>2</sub> em vasilhames mais resistentes do que a maioria dos requeridos para outros agentes.

## **Hidrocarbonetos Halogenados (normalmente chamados de Freon)**

Brometo de metila (Halon 1001) - Fórmula química - CH<sub>3</sub> Br - um gás liquefeito, com uma classificação de toxicidade UL de 2.

O brometo de metila é um agente extintor mais eficiente do que o CO<sub>2</sub>, do ponto de vista de peso. Ele é também mais tóxico do que o CO<sub>2</sub> e não pode ser usado em áreas onde uma concentração prejudicial possa penetrar no compartimento de pessoal.

Um agente de alarme, como uma fumaça colorida, é misturado com o brometo de metila, que poderá corroer seriamente as ligas de alumínio, magnésio ou zinco.

Clorobromometano (Halon 1011) - fórmula química - CH<sub>2</sub> Cl Br - é um gás liquefeito, com uma classificação de toxicidade UL de 3. Normalmente conhecido como "CB", o clorobromometano é mais tóxico do que o CO<sub>2</sub>.

Ele é corrosivo para alumínio, magnésio, aço e latão e não é recomendável para o uso em aeronaves.

Classificação do comparativo perigo de vida dos agentes extintores de fogo pelo UNDERWRITERS' LABORATORIES' (UL).

GRUPO	DEFINIÇÃO	EXEMPLOS
6 (menos tóxico)	Gases ou vapores, os quais em concentrações acima de no mínimo 20% por volume, por duração de exposição da ordem de 2 horas, não chega a produzir danos	Bromotrifluorometano (Halon 1301)
5a	Gases ou vapores bem menos tóxicos do que o grupo 4, porém mais tóxicos do que o grupo 6	Dióxido de carbono
4	Gases ou vapores, os quais em concentrações da ordem de 2 a 2 1/2 % para duração de exposição da ordem de 2 horas, são letais ou produzem sérios danos.	Dibromodifluorometano (Halon 1202).
3	Gases ou vapores, os quais em concentrações da ordem de 2 a 2 1/2% para duração de exposição da ordem de 1 hora, são letais ou produzem sérios danos.	Bromoclorometano (Halon 1011) Tetracloreto de carbono (Halon 104).
2	Gases ou vapores, os quais em concentrações da ordem de 1/2 a 1% para duração de exposição da ordem de 1/2 horas, são letais ou produzem sérios danos.	Metil bromide (Halon 1001)

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional.  
Tabela 9-1 Tabela de toxicidade.

Tetracloreto de carbono (Halon 104) - Fórmula química -  $C Cl_4$  - é um líquido com uma classificação de toxicidade UL de 3. Ele é venenoso e tóxico. Sempre que o tetracloreto de carbono ("carbon tet") é usado em fogo comum, são produzidos vapor de ácido clorídrico, gás de cloro e gás fosgênio.

A quantidade de gás fosgênio é aumentada sempre que o tetracloreto de carbono for posto em contato direto com metal quente, certos produtos químicos, ou arcos elétricos contínuos. Ele não é mais aprovado para uso em qualquer tipo de extintor de fogo.

Dibromodifluorometano (Halon 1201) - Fórmula química -  $CBr_2 F_2$  - é um gás liquefeito com uma classificação de toxicidade UL de 4.

Este agente não é corrosivo para o alumínio, latão e aço e é mais tóxico do que o  $CO_2$ . Ele é um dos mais eficientes agentes extintores encontrados, mas não é recomendado para o uso em aeronaves.

Bromoclorodifluorometano (Halon 1211) fórmula química -  $CBr ClF_2$  - é um gás liquefeito com uma classificação de toxicidade UL de 5.

Ele é incolor, não corrosivo, evapora rapidamente não deixando resíduo algum, não congela nem causa queimaduras, não danifica tecidos, metais ou outros materiais os quais tenha entrado em contato.

O Halon 1211 atua rapidamente contra o fogo produzindo uma camada espessa de névoa que elimina o ar da fonte do fogo. O mais importante é que interfere quimicamente com o processo de combustão. Ele possui notáveis propriedades para evitar o reacendimento após o fogo ter sido extinto.

Bromotrifluorometano (Halon 1301) - fórmula química -  $C F_3 Br$  - é um gás liquefeito com uma classificação de toxicidade UL de 6.

Ele tem todas as características do Halon 1211. A diferença significativa entre os dois é que o Halon 1211 expele um jato semelhante ao  $CO_2$ , enquanto o Halon 1301 tem um jato de vapor que se torna mais difícil de direcionar.

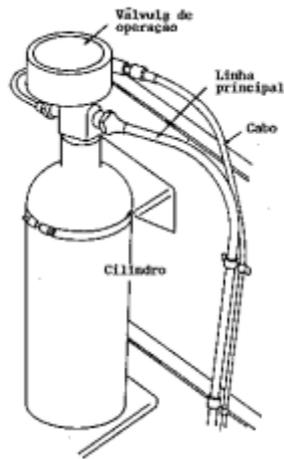
O Halon 1211 e o Halon 1301 são amplamente usados em sistemas de extinção de incêndios de alta razão de descarga (HRD), instalados em aeronaves equipadas com motor a reação ou turboélice.

### **Sistemas Extintores de Fogo de $CO_2$ dos Motores Convencionais**

O  $CO_2$  é um dos mais antigos tipos de sistemas extintores de fogo dos motores convencionais das aeronaves de transporte, sendo ainda usado em muitas aeronaves antigas.

O sistema extintor de fogo é projetado em torno de uma garrafa de  $CO_2$  (figura 9-8) e uma válvula de controle remoto operada da cabine.

A garrafa armazena o dióxido de carbono abafador de chama, sob a pressão requerida para distribuir o agente extintor para o motor.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional.

Figura 9-8 Instalação de garrafa de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

O gás é distribuído através de tubulações da válvula da garrafa de CO<sub>2</sub> para o conjunto de controle da válvula na cabine e então para os motores por tubulações instaladas na fuselagem e túneis da asa. A tubulação terminal, em forma de círculo, é toda perfurada envolvendo os motores (figura 9-9).

Para operar o sistema de extinção de fogo de CO<sub>2</sub>, a válvula seletora deve ser comandada para o motor que contenha fogo. Um puxão no punho em "T" de controle, localizado próximo à válvula seletora do motor, atua a haste de alívio da válvula da garrafa de CO<sub>2</sub>. O líquido comprimido na garrafa de CO<sub>2</sub> flui em uma rápida descarga para as saídas da linha de distribuição (figura 9-9) do motor afetado. O contato com o ar converte o líquido em gás e "neve", o qual abafa a chama.

Um dos mais sofisticados tipos de sistema de proteção contra fogo de CO<sub>2</sub> é usado em muitas aeronaves de quatro motores. Este sistema é capaz de liberar CO<sub>2</sub> duas vezes para cada um dos quatro motores.

Sistemas de aviso de fogo são instalados em todas as localizações perigosas da aeronave, para fornecer um alarme em caso de fogo. Os vários sistemas de alarme operam luzes de aviso no painel de controle de fogo na cabine, energizando, também, um alarme sonoro na cabine.

Um sistema típico de CO<sub>2</sub> consiste de seis garrafas, montadas três de cada lado do alojamento da roda do nariz. Válvulas de enchimento são instaladas em cada garrafa de CO<sub>2</sub>. As garrafas de cada fileira são interconectadas.

As válvulas de duas garrafas traseiras, de cada conjunto de três, são projetadas para serem abertas mecanicamente por um cabo conectado ao punho de controle de descarga no painel principal de controle de fogo na cabine.

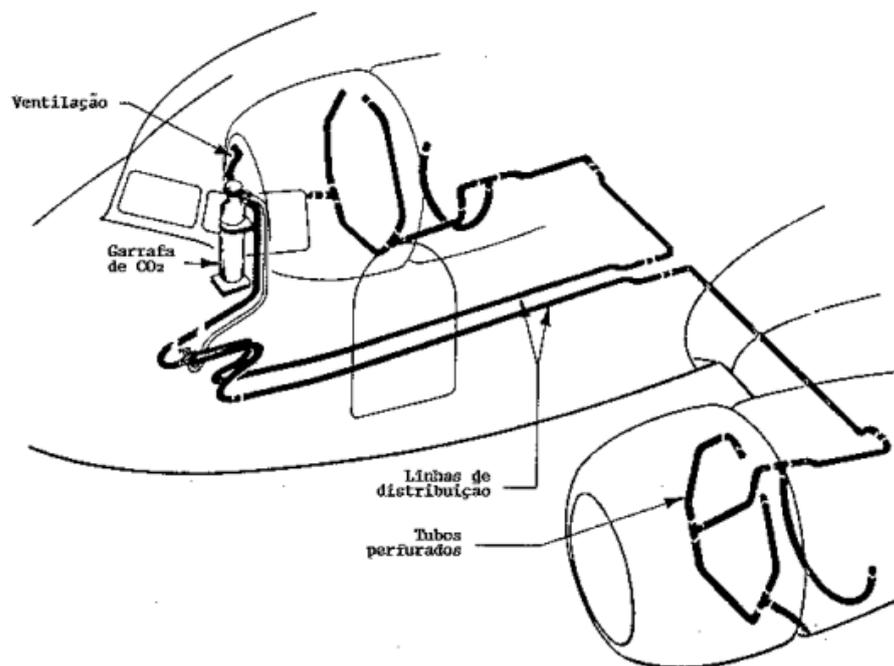
Em caso de descarga pelos meios mecânicos, a válvula de enchimento da garrafa dianteira de cada grupo é operada pela pressão de CO<sub>2</sub>, aliviada das duas garrafas traseiras através da linha de interconexão. A válvula de enchimento da garrafa dianteira de cada grupo contém um solenóide. A válvula é projetada para ser operada eletricamente, quando o solenoide for energizado pela atuação de um botão no painel de controle.

No caso de uma descarga pelos meios elétricos, as válvulas das duas garrafas traseiras de cada grupo são operadas pela pressão de CO<sub>2</sub>, aliviada da garrafa dianteira através da linha de interconexão. Cada grupo de garrafas de CO<sub>2</sub> tem um disco vermelho, indicador de descarga térmica de segurança, que será rompido quando a pressão atingir ou ultrapassar 2.650 p.s.i. A descarga ocorrerá também em temperaturas acima de 74° C. Cada conjunto de garrafas também tem um disco amarelo indicador da descarga do sistema.

Montado ao lado do disco vermelho, o disco amarelo indica qual grupo de garrafas foi esvaziado por uma descarga normal.

Este tipo de sistema de proteção contra fogo de CO<sub>2</sub> inclui um sistema de alarme de fogo. Ele é um sensor contínuo, de baixa impedância e do tipo de religação automática para o motor e áreas da nacela do motor. Um único circuito detector de fogo é previsto para cada motor e área da nacela.

Cada circuito completo consiste de uma unidade de controle, elementos sensores, um relé de teste, uma luz de aviso de fogo e um relé do circuito de aviso de fogo.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional.

Figura 9-9 Sistema extintor de fogo de CO2 em uma aeronave bimotora de transporte.

Equipamentos associados, como conjunto de conectores flexíveis, fios passadores de borracha, braçadeiras e presilhas de montagem, são usados em várias quantidades, dependendo das necessidades individuais da instalação.

Por exemplo, em uma aeronave de quatro motores, quatro conjuntos de luzes de alarme, sendo uma para cada motor e área da nacele, darão a correspondente indicação de aviso quando um alarme for iniciado pelo respectivo circuito de aviso de fogo do motor.

Conjunto de luzes de alarme nos punhos de comando manual de CO2 é conectado para todos os quatro circuitos detectores de fogo do motor, em conjunto com um alarme sonoro de fogo com os seus interruptores de corte protegidos e luzes de indicação.

O fio isolado do circuito detector é encaminhado da unidade de controle no compartimento de rádio para o relé de teste.

O fio é então dirigido através da nacele e seções do motor, retornando para o relé de teste, onde ele será unido a sua outra extremidade formando um circuito contínuo.

Cada unidade de controle contém transistores, transformadores, resistores, capacitores e um potenciômetro. Ele também contém um circuito integrado, o qual introduz um retardo, que dessensibiliza o sistema de aviso para um sinal transitório de curta duração, que de outra forma causaria falsos alarmes momentâneos.

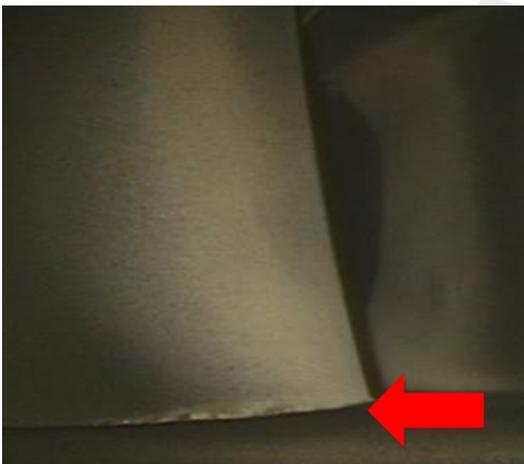
Quando uma condição de fogo ou superaquecimento existir em um motor ou área da nacele, a resistência do sensor diminuirá, abaixo de um valor determinado pelo potenciômetro da unidade de controle, o qual está em um circuito de referência do circuito detector e amplificador da unidade de controle. A saída deste circuito energiza o alarme sonoro de aviso de fogo e a luz de aviso de fogo.

#### **1.4 SISTEMAS DE PROTEÇÃO DE FOGO DE MOTORES A TURBINA**

Diversas falhas ou danos em geral podem resultar em condições de superaquecimento ou de fogo, peculiares às aeronaves com motor a turbina por causa de suas características de operação.

Os dois principais tipos de falhas de turbina podem ser classificados como termodinâmicos ou como mecânicos. As causas termodinâmicas são aquelas que alteram a proporção do ar de refrigeração da temperatura da combustão, para os níveis em que os metais da turbina podem tolerar.

Quando o ciclo de refrigeração é alterado, as palhetas da turbina podem ser derretidas, causando uma súbita perda de empuxo. A rápida formação de gelo na tela da entrada de ar ou na entrada das aletas guias pode resultar em severo superaquecimento, causando o derretimento das palhetas da turbina, sendo arrancadas e arremessadas para fora do motor.



*Fonte: Ricardo Cesar Garcia*

Figura: Parte interna de um motor a reação, palhetas das turbinas.

Falhas semelhantes podem causar a separação do cone traseiro e possível penetração de estilhaços na estrutura da aeronave, tanques ou equipamentos próximos à roda da turbina. Em geral, a maioria das falhas termodinâmicas é causada pelo gelo, excesso de sangria de ar ou vazamento ou falha dos controles que permitam o estol do compressor ou excesso de combustível.

Falhas mecânicas, como quebra da palheta da turbina ou palheta arrancada, podem também levar a uma condição de superaquecimento ou fogo.



Fonte: Ricardo Cesar Garcia

Figura: Parte interna de um motor a reação, palhetas das turbinas.

Estilhaços das palhetas podem perfurar o cone traseiro, criando uma condição de superaquecimento.

A falha dos estágios dianteiros de uma turbina de muitos estágios normalmente é muito mais severa.

A penetração no alojamento da turbina pelos estilhaços de uma palheta danificada é um possível perigo de fogo, do mesmo modo que a penetração nas linhas e nos componentes que contenham fluidos inflamáveis.

Um alto fluxo de combustível, através de um bico injetor mal calibrado, pode causar a queima através do cone de escapamento em alguns motores. O fogo no motor pode também ser causado pela queima de fluido que, ocasionalmente, escorra através do tubo de escapamento.

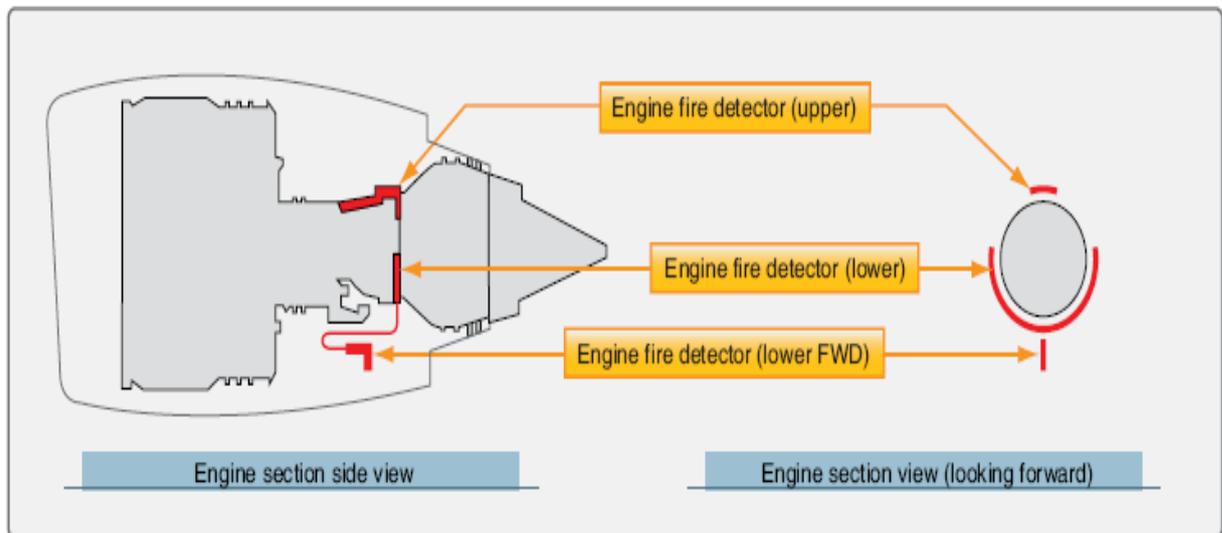
## Zona de Fogo dos Motores a Turbina

Em virtude das instalações de um motor a turbina terem diferenças marcantes das instalações de um motor convencional, os sistemas de zonas de fogo usados para a maioria dos motores convencionais, não poderão ser usados.

Uma possível zona de fogo em uma instalação de motor a turbina é qualquer área na qual possa existir uma fonte de ignição, junto com combustíveis, vazamentos de linhas de fluido combustível ou vapores de combustível.

Os seguintes compartimentos do motor usualmente são protegidos:

- 1 - Seção de força do motor, incluindo os queimadores, turbina e escapamento;
- 2- Compressor do motor e seção de acessórios, estando incluídos o compressor e todos os acessórios do motor;
- 3- O compartimento do motor por inteiro, quando não existir isolamento entre a seção de força do motor e a seção de acessórios;



Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov).

Figura: Zona de fogo de um motor Turbo Fan.

## **Agentes de Extinção de Fogo dos Motores a Turbina**

Os agentes de extinção de fogo usados nos motores convencionais são também usados nos sistemas de proteção de fogo dos motores a turbina.

A eficiência dos vários agentes é influenciada pelo tipo de sistema de proteção de fogo no motor a ser utilizado, se ele for um sistema HRD (alta razão de descarga) melhor do que um sistema convencional ou se for o método de distribuição por bico pulverizador, anel de esguicho ou tubo com extremidade aberta.

A escolha do agente é também influenciada pelas condições do fluxo de ar através do motor.

## **Tipos de Detectores de Fogo ou Superaquecimento**

A seguinte relação de métodos de detecção inclui aqueles mais usados em sistemas de proteção de fogo em motores a turbina.

O sistema completo de proteção contra fogo de uma aeronave, com os maiores motores a turbina, terá alguns destes diferentes métodos de detecção incorporados:

- 1- Detectores de razão de aumento da temperatura;
- 2- Detectores sensíveis à radiação;
- 3- Detectores de fumaça;
- 4- Detectores de superaquecimento;
- 5- Detectores de monóxido de carbono;
- 6- Detectores de vapores de combustível;
- 7- Detectores de fibra ótica;
- 8- Observação da tripulação ou passageiros.

Os três tipos de detectores mais usados para uma rápida detecção de fogo são o razão de aumento da temperatura, sensor de radiação e os detectores de superaquecimento.

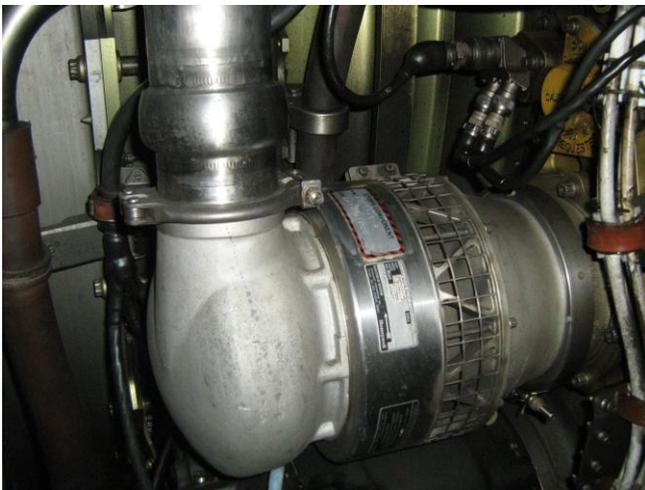
## Proteção de Fogo no Solo dos Motores a Turbina

O problema de fogo no solo tornou-se mais grave com o aumento do tamanho das aeronaves de motor a turbina. Por esta razão, uma conexão central de solo, para o sistema de extinção de fogo, tem sido instalada em algumas aeronaves. Estes sistemas fornecem um meio mais eficiente de extinção de fogo no solo e eliminam a necessidade de remoção e de reabastecimento das garrafas de extinção de fogo instaladas na aeronave.

Estes sistemas usualmente incluem meios de operação do sistema inteiro, de um local como a cabine ou da localização do suprimento do agente extintor, no solo.

Nas aeronaves não equipadas com a conexão central de solo para o sistema de extinção de fogo, normalmente são previstos meios de um rápido acesso ao compressor, escapamento ou compartimento dos queimadores. Por isso, a maioria dos sistemas da aeronave estão equipados com portas de acesso de abertura rápida na superfície externa de vários compartimentos.

O fogo na parte interna do escapamento dos motores, durante o corte ou falsa partida, pode ser eliminado pelos giros do motor com o motor de partida, conforme foto abaixo.



*Fonte: Ricardo Cesar Garcia*

Figura: Motor de partida pneumático (starter pneumatic)

Se o motor já estiver funcionando, ele pode ser acelerado para atingir o mesmo resultado. Se o fogo persistir, um agente extintor pode ser dirigido ao interior do tubo de escapamento. O que deve ser levado em conta, é que o uso excessivo de CO<sub>2</sub> ou outro

agente que tenha o efeito de resfriamento, pode contrair o alojamento da turbina ou a própria turbina, causando a desintegração do motor.



## Referência Bibliográfica

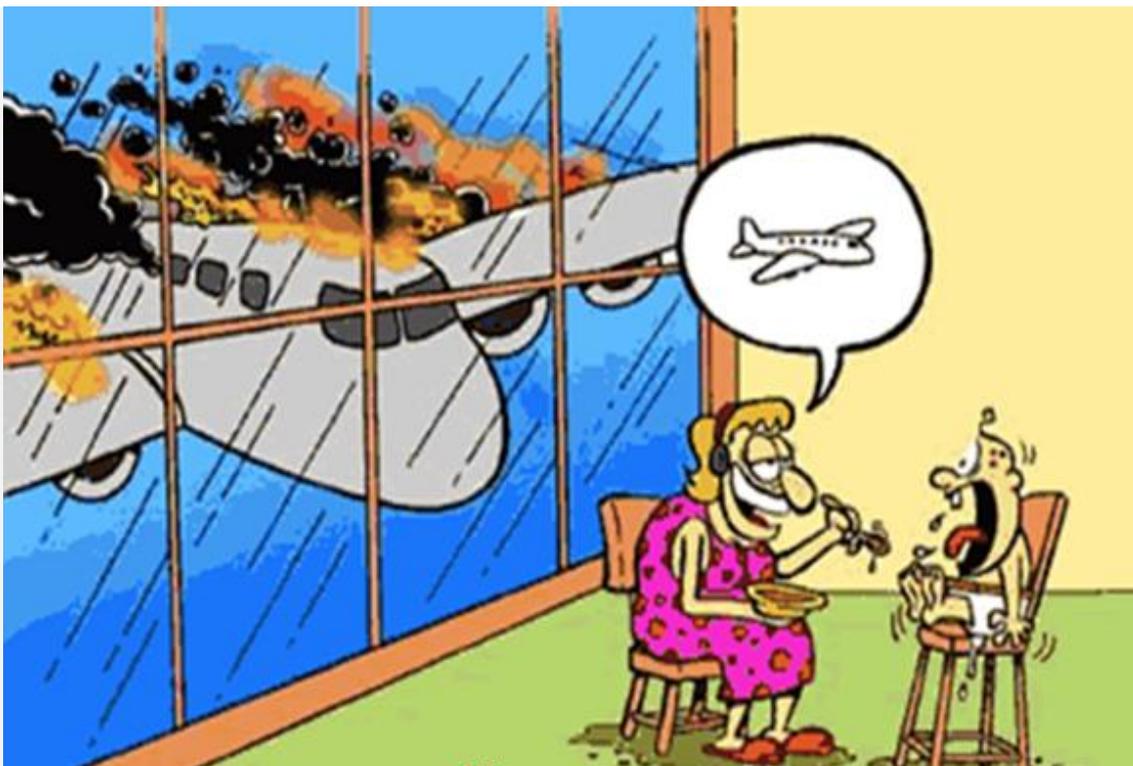
**BRASIL. IAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional** **Matérias Básicas**, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.



## No Próximo Módulo

No próximo módulo vamos verificar novos sistemas, agora os utilizados em multimotores.

Espero você!



Fonte: [theplanetabizarro.blogspot.com](http://theplanetabizarro.blogspot.com)

## MÓDULO II

### SISTEMA DE PROTEÇÃO DE MULTIMOTORES

#### INTRODUÇÃO

Caro aluno,

Um sistema de proteção de fogo de motores a turbina para uma aeronave multimotora é descrito em detalhes nos parágrafos seguintes.

Este sistema é típico da maioria das aeronaves de transporte com motores à reação e incluem componentes e sistemas semelhantes encontrados em todas aquelas aeronaves.

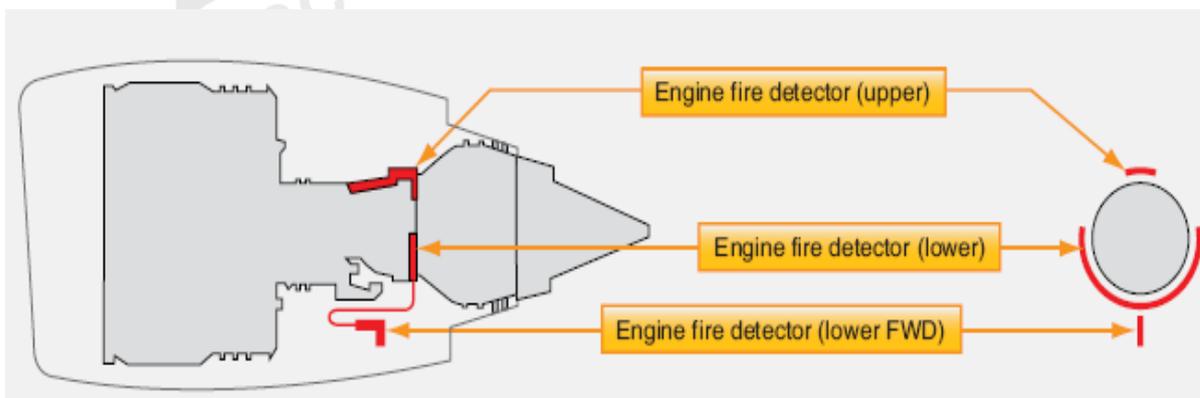
Deve ser enfatizado que os procedimentos de manutenção e detalhes de instalação, de cada tipo de aeronave em particular, é uma função da configuração específica da aeronave.

## 2.1 SISTEMA TÍPICO DE PROTEÇÃO DE FOGO DE MULTIMOTORES

O sistema de proteção contra fogo da maioria das grandes aeronaves com motor a turbina consiste de dois subsistemas: um sistema detector de fogo e um sistema de extinção de fogo. Estes dois subsistemas proporcionam proteção contra fogo, não somente no motor e áreas da nacele, mas também em áreas como os compartimentos de bagagem e alojamento das rodas. Aqui serão discutidos apenas os sistemas de proteção contra fogo do motor.

Cada motor a turbina instalado em uma nacele suspensa contém um circuito de detecção de fogo, que é automático e sensível ao calor. Este circuito consiste de uma unidade sensível ao calor, uma unidade de controle, um relé e dispositivos de alarme. Normalmente os dispositivos de alarme incluem uma luz de aviso na cabine para cada circuito e um alarme sonoro para todos os circuitos em conjunto.

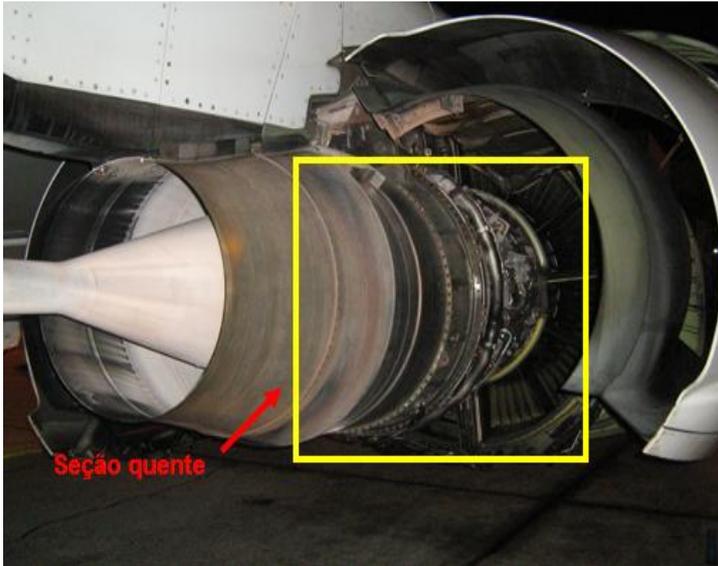
A unidade sensora de calor de cada circuito possui um detector contínuo em torno das áreas a serem protegidas.



Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov).

Figura: Zona de fogo Motor a reação.

Essas áreas são os queimadores e a área do escapamento.

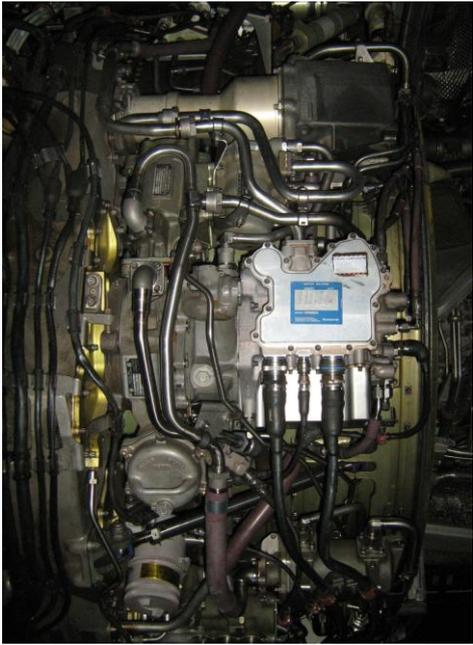


Fonte: Ricardo Cesar Garcia

Figura: Área dos queimadores e a área do escapamento.

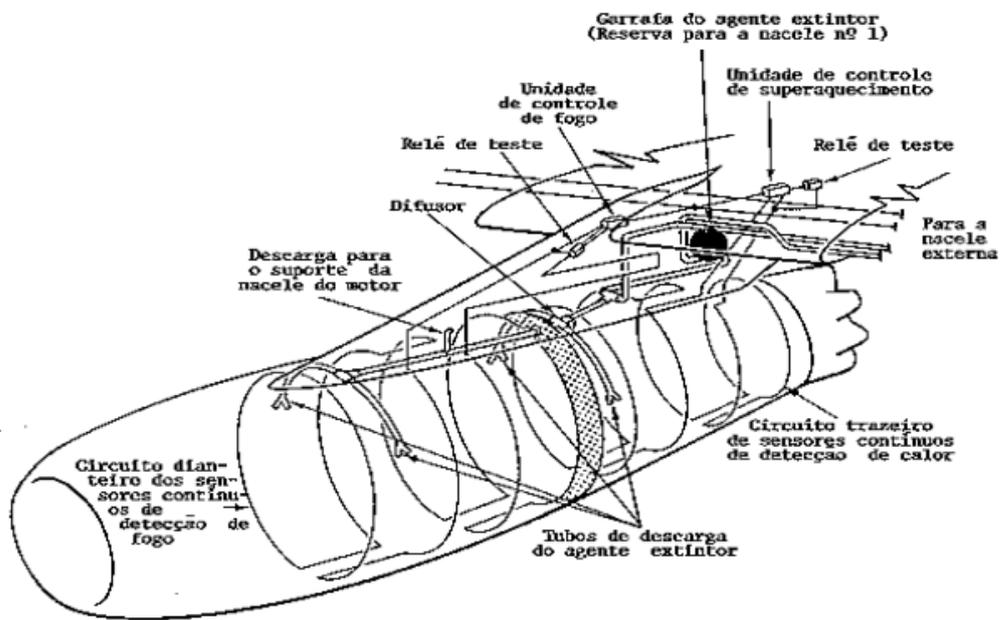
Também incluídas na maioria dos sistemas de extinção de fogo das aeronaves, estão a área do compressor e a área dos acessórios as quais, em algumas instalações, podem ser protegidas por um circuito separado de proteção de fogo. A figura 9-10 ilustra a rota típica de um detector contínuo de fogo em um motor instalado em nacele suspensa.

Um detector contínuo típico é formado por uma série de elementos unidos por conectores à prova de umidade, os quais são fixados à estrutura da aeronave. Na maioria das instalações, o detector contínuo é preso por dispositivos ou presilhas a cada 10 ou 12 polegadas de distância. Um espaço maior entre os suportes pode permitir vibração ou atrito da seção livre e tornar-se uma fonte de falsos alarmes.



Fonte: Ricardo Cesar Garcia

Figura: Área dos acessórios do motor a reação



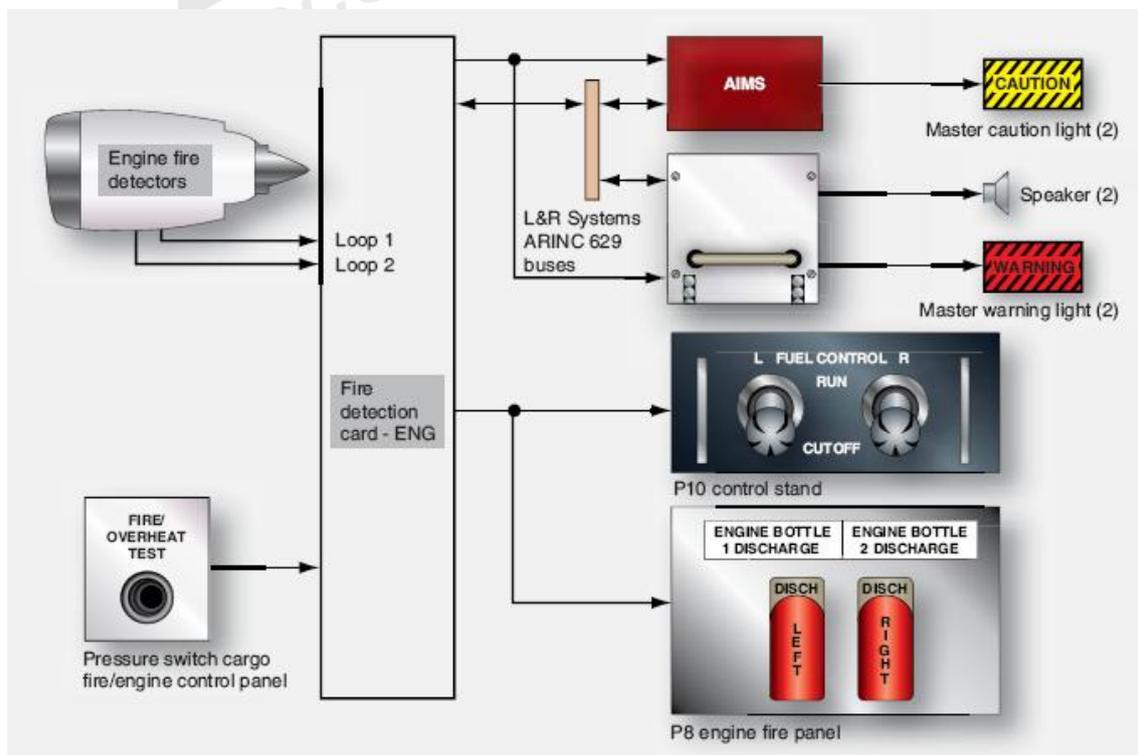
Fonte: IAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 9-10 Instalação típica de proteção da nacela do motor e seu suporte ("Pylon").

Em um típico sistema detector de fogo de um motor a turbina, uma unidade de controle individual é prevista para cada circuito sensor.

A unidade de controle contém um amplificador transistorizado ou magnético, o qual produz uma saída quando um fluxo de corrente predeterminado de entrada for detectado pelo sensor contínuo. Cada unidade de controle também contém um relé de teste, que é usado para simular uma condição de fogo ou de superaquecimento para o circuito de teste. A saída do amplificador, da unidade de controle, é usada para energizar um relé de aviso, muitas vezes chamado de "relé de fogo". Normalmente localizado próximo às unidades de controle, estes relés de fogo, quando energizados, completam o circuito para o apropriado dispositivo de aviso.

Os dispositivos de aviso para as condições de fogo e superaquecimento do motor e nacelle estão localizados na cabine. Uma luz de aviso de fogo para cada motor, normalmente é localizada em um interruptor especial de fogo na forma de um punho, localizado no painel de instrumentos ou no painel de controle de fogo.

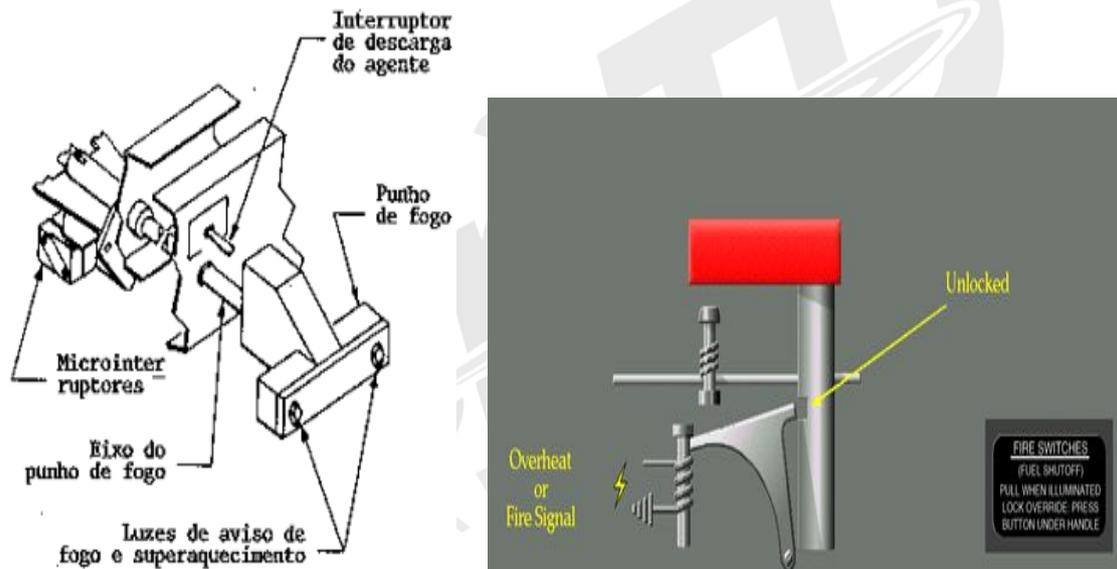


Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov).

Figura: Esquemático sistema detecção de fogo motor a reação.

Estes interruptores de fogo são, algumas vezes, chamados de "punhos de fogo".

Conforme está ilustrado na figura 9-11, o punho de fogo contém a luz de aviso de detecção de fogo.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional.

Fonte: Manual De Manutenção Amm Part I (Cbt Boeing)

I (Cbt Boeing)

Figura 9-11 Interruptor e punho de fogo.



Fonte: Ricardo Cesar Garcia

Figura: Punho de fogo, cada motor possui seu punho.

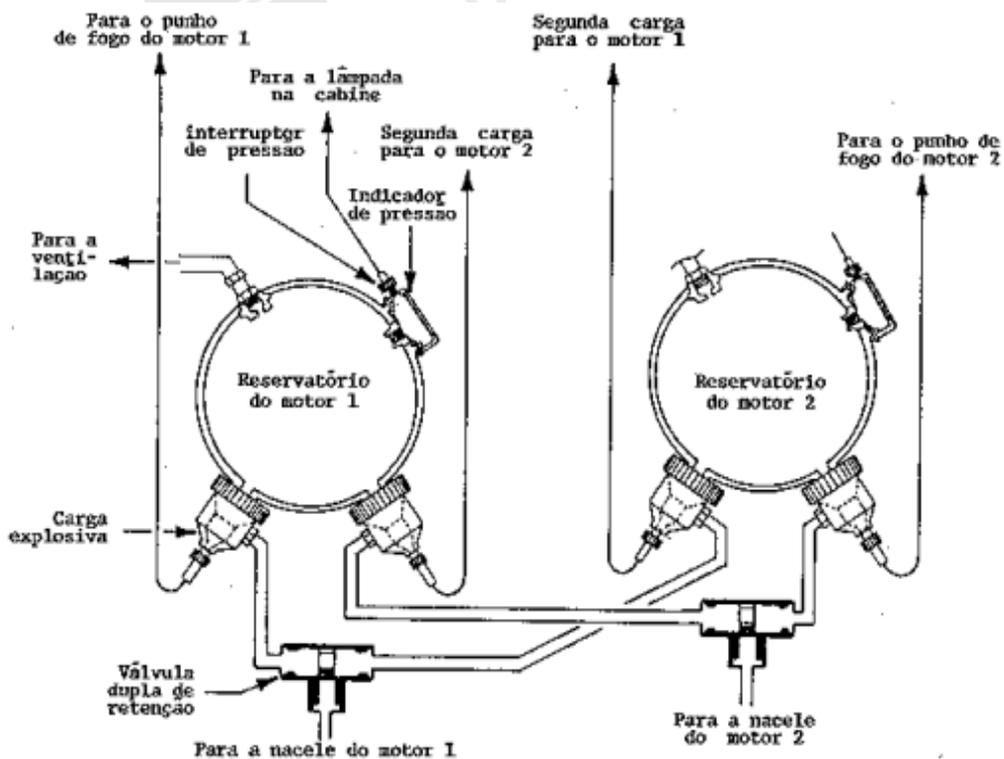
Em alguns modelos deste punho interruptor de fogo, ao ser puxado, deixa exposto um interruptor, que anteriormente era inacessível, o qual comanda o agente extintor e também atua micros interruptores que energizam as válvulas de corte de emergência e outras válvulas pertinentes.

## Sistema de Extinção de Fogo de Motores a Turbina

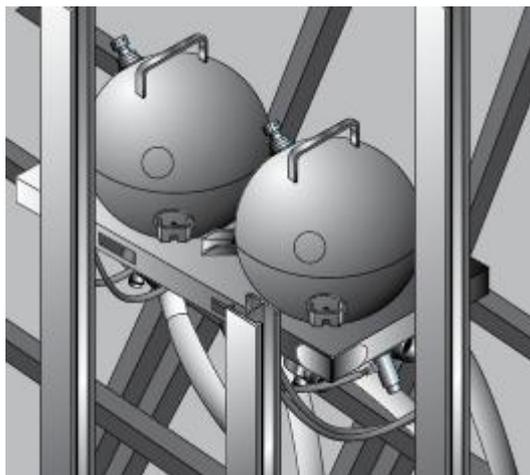
A parte de extinção de fogo de um típico sistema de proteção de fogo completo inclui uma garrafa ou reservatório de um agente extintor para cada motor ou área da nacele. Um tipo de instalação provê uma garrafa de agente para cada uma das naceles suspensas de uma aeronave multimotora.

Este sistema usa uma garrafa ou reservatório de agente extintor semelhante ao tipo mostrado na figura 9-12.

Este tipo de garrafa é equipado com duas válvulas de descarga que são operadas por cartuchos disparados eletricamente. Estas duas válvulas são o controle principal e o reserva, que liberam e dirigem o agente para a nacele suspensa, na qual a garrafa está localizada ou para o outro motor da mesma asa.



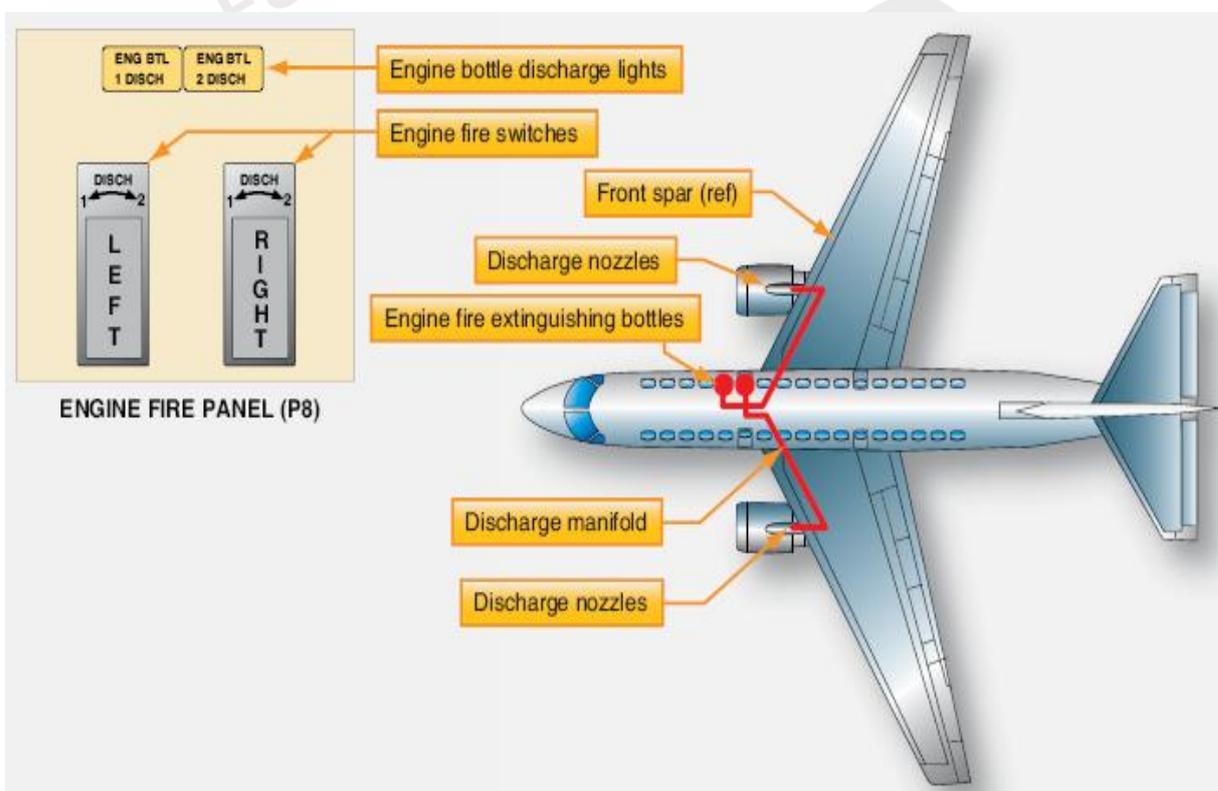
Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional



Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov).

Figura 9-12 Sistema de extinção de fogo para uma aeronave multimotora.

Este tipo de tiro duplo, configuração de alimentação cruzada, permite a liberação de uma segunda carga de agente extintor de fogo para o mesmo motor, se outro foco de fogo ocorrer, sem a condição de duas garrafas para cada área do motor.



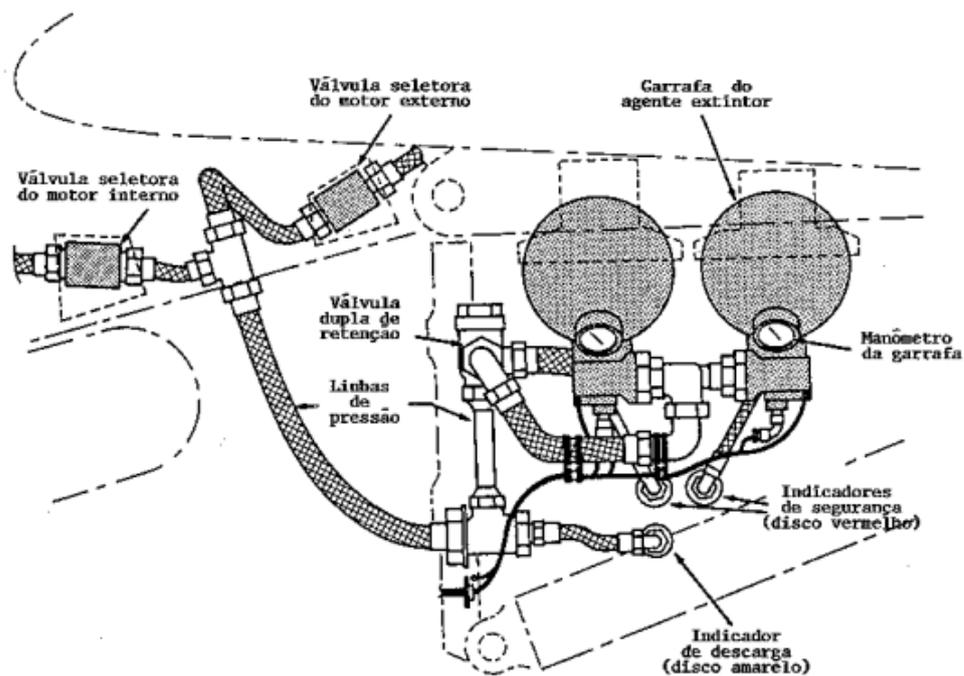
Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov)

Figura: Configuração tiro duplo.

Outro tipo de instalação para quadrimotores usa dois sistemas independentes de extinção de fogo.

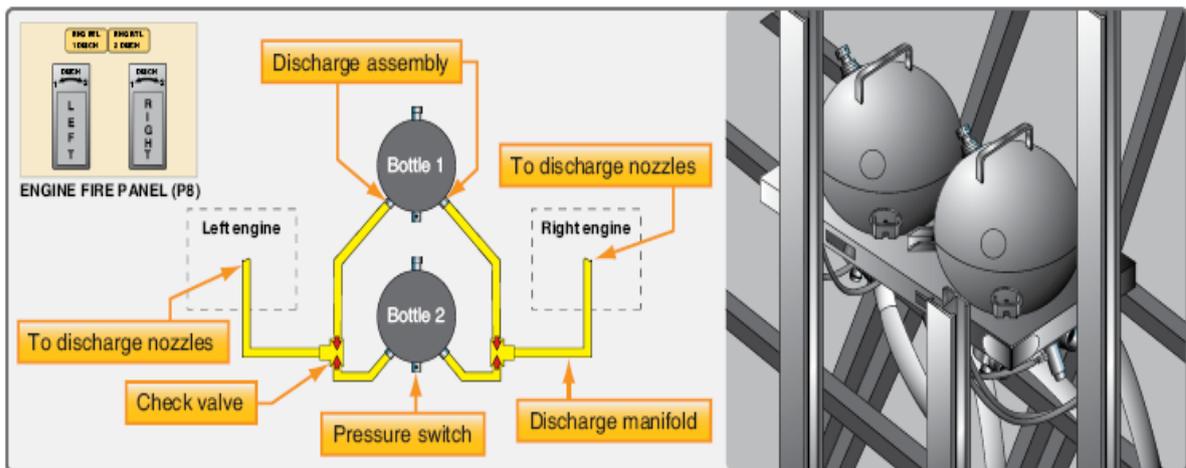
Os dois motores do mesmo lado da aeronave são equipados com dois reservatórios de agente extintor (figura 9-13), mas eles estão localizados juntos na nacele suspensa interna. Um indicador da pressão, um plugue de descarga e uma conexão de segurança são previstos para cada reservatório. Plugue de descarga é selado com um disco quebrável, combinado com uma carga explosiva que é eletricamente detonada para descarregar o conteúdo da garrafa. A conexão de segurança é fixada na parte interna da estrutura com um indicativo disco vermelho. Se a temperatura ultrapassar um determinado valor de segurança, o disco será rompido, extravasando o agente.

A conexão de alimentação dos dois reservatórios de uma instalação dupla (figura 9-13) inclui uma válvula de retenção dupla e uma conexão em "T", da qual as tubulações são ligadas ao indicador de descarga. Este indicador é fixado na parte interna da estrutura com um indicativo disco amarelo, que é rompido quando a linha de alimentação for pressurizada por qualquer uma das garrafas.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

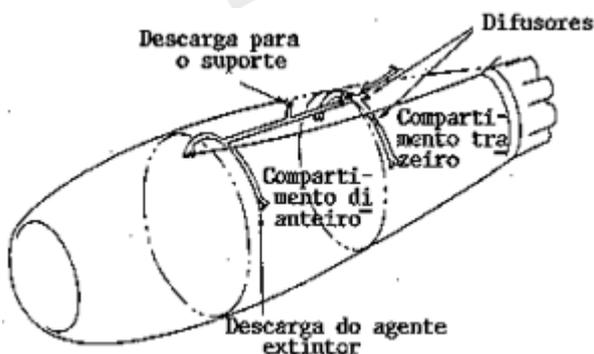
Figura 9-13 Instalação de garrafas e conexões.



Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov).

Figura: Instalação de garrafas e conexões.

A linha de descarga tem dois ramos (figura 9-13), uma linha pequena para o motor interno e uma mais comprida estendendo-se pelo bordo de ataque da asa para o motor externo. Ambos os ramos terminam em uma conexão em "T", próxima à fixação dianteira do motor.

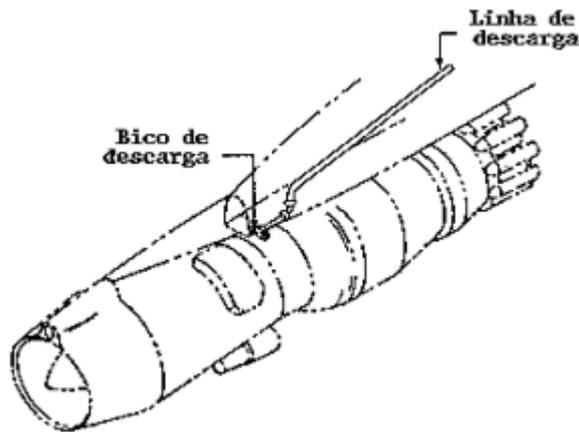


Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 9-14 Tubos de descarga do agente extintor.

Outro tipo de instalação da descarga do agente extintor de fogo é mostrado na figura 9-15. A linha de descarga termina em um bico injetor em "T" próximo ao suporte dianteiro do motor. A conexão "T" contém orifícios difusores, que permitem que o agente extintor seja lançado ao longo da parte superior e de ambos os lados do motor. Quando qualquer seção do sensor contínuo estiver exposta a uma condição de fogo ou superaquecimento, a luz de aviso na cabine acenderá e o alarme sonoro soará. A luz de aviso pode estar localizada no punho de fogo. Em algumas instalações o interruptor de fogo pode incorporar uma luz de

aviso a um motor em particular, sob uma cobertura de plástico translúcido, como é mostrado na figura 9-16. Neste sistema, um interruptor de transferência é instalado para o sistema de extinção de fogo esquerdo e direito. Cada interruptor de transferência tem duas posições: "TRANS" e "NORMAL".



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

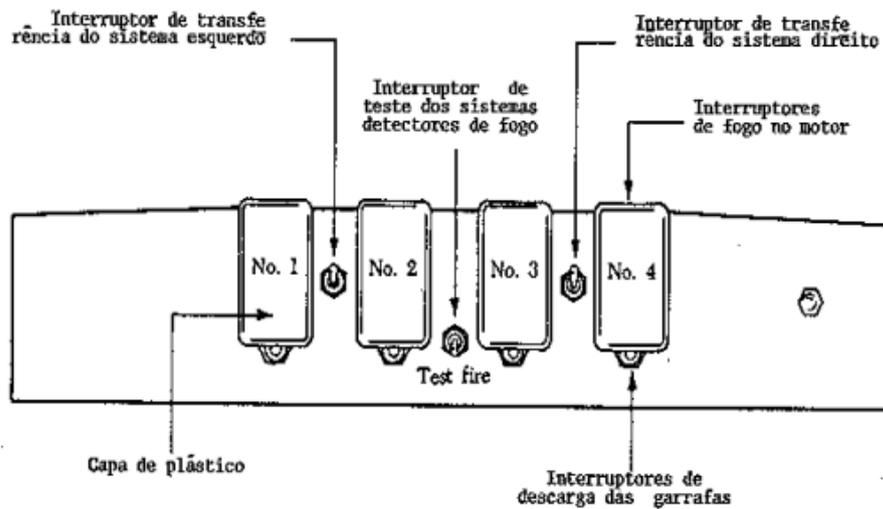
Figura 9-15 Localização dos bicos de descarga do agente extintor.

Se ocorrer uma condição de fogo no motor número 4, a luz de aviso no interruptor de fogo número 4 acenderá com o interruptor de transferência na posição "NORMAL". O interruptor de fogo número 4 é puxado e o interruptor de descarga número 4, localizado diretamente sob o punho de fogo, ficará acessível. Ativando o interruptor de descarga, o agente extintor será enviado da garrafa para a área do motor número 4. Se for necessário mais do que uma descarga do agente extintor, o interruptor de transferência deverá ser colocado na posição "TRANS" para que a segunda garrafa possa ser descarregada naquele mesmo motor.

Um controle do alarme sonoro permite que qualquer um dos circuitos de detecção de fogo dos motores, energize o alarme sonoro comum. Após o alarme ter soado, ele poderá ser silenciado pelo acionamento do interruptor de corte do alarme (figura 9-16).

O alarme sonoro pode também reagir a um sinal de fogo, vindo de qualquer um dos outros circuitos.

A maior parte dos sistemas de proteção contra fogo para as aeronaves com motor a turbina, inclui também um interruptor de teste e um circuito, que permite que o sistema de detecção seja testado inteiramente, a qualquer tempo. O interruptor de teste está localizado no centro do painel, mostrado na figura 9-16.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 9-16 Interruptor do sistema de detecção e extinção de fogo.

## 2.2 PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO DOS SISTEMAS DE DETECÇÃO DE FOGO

Os elementos sensores de detecção de fogo estão localizados em muitas áreas de grande atividade em torno dos motores das aeronaves. Sua localização, junto com sua pequena dimensão, aumenta a chance de danos aos elementos sensores durante a manutenção. A instalação dos elementos sensores, dentro dos painéis das naceles nas aeronaves, proporciona algumas medidas de proteção não fornecidas aos elementos fixados diretamente no motor.

Por outro lado, a remoção e a instalação dos painéis das naceles podem facilmente causar atritos ou defeitos estruturais aos elementos sensores.

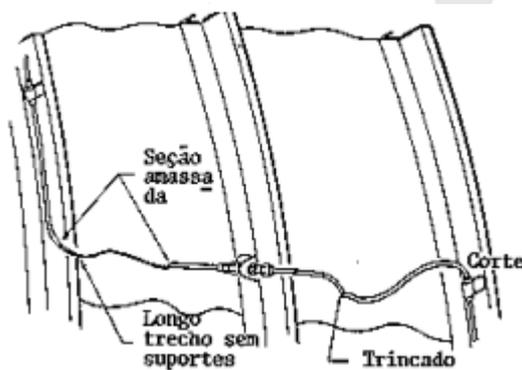
Um programa de inspeção e manutenção, para todos os tipos de sistemas de sensores contínuos, deverá incluir os seguintes cheques visuais.

Estes procedimentos são apenas exemplos e não deverão ser usados em substituição às aplicáveis instruções do fabricante.

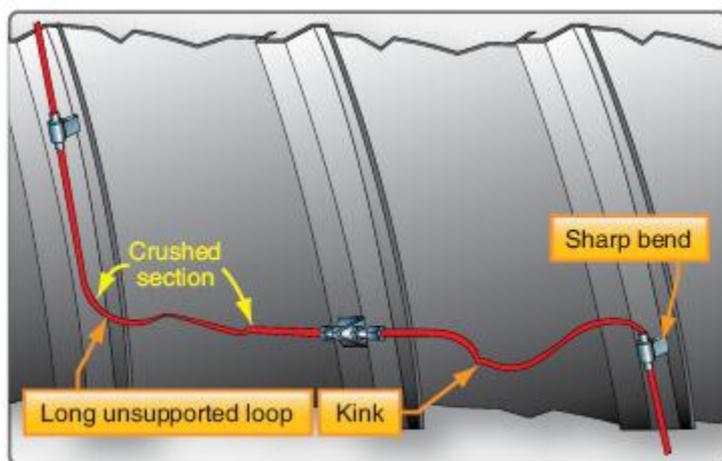
Os elementos sensores de um sistema contínuo deverão ser inspecionados nos seguintes itens:

1. Seções rachadas ou quebradas, causadas por choque ou aperto entre janelas de inspeção, painéis das naceles ou componentes do motor;
2. Desgaste causado pelo atrito do elemento com o revestimento, acessórios ou membros estruturais;

3. Peças de arame de freio ou outras partículas de metal, que possam formar um curto-circuito nos terminais do detector;
4. Condições das juntas de borracha nas braçadeiras de montagem, que podem ter sofrido amolecimento pela exposição a óleo ou endurecimento pelo calor excessivo;
5. Mossas ou dobras nas seções dos elementos sensores. Os limites do diâmetro dos elementos, as mossas e as dobras aceitáveis e o grau de suavidade dos contornos dos tubos são especificados pelo fabricante. Nenhum esforço deve ser feito para endireitar qualquer mossa ou dobra aceitável, porque o esforço poderá causar uma falha na tubulação (veja na figura 9-17 um exemplo de falha na tubulação);



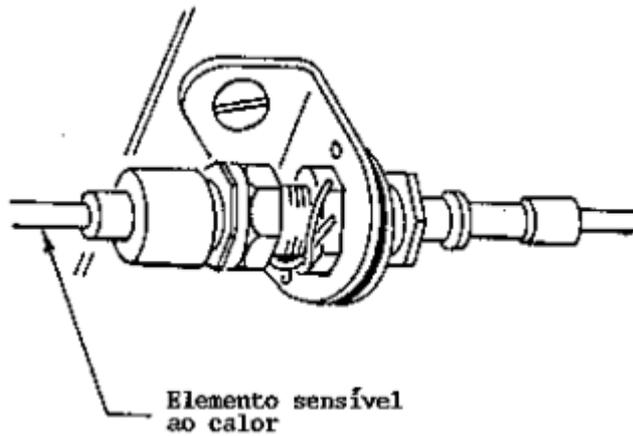
Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional



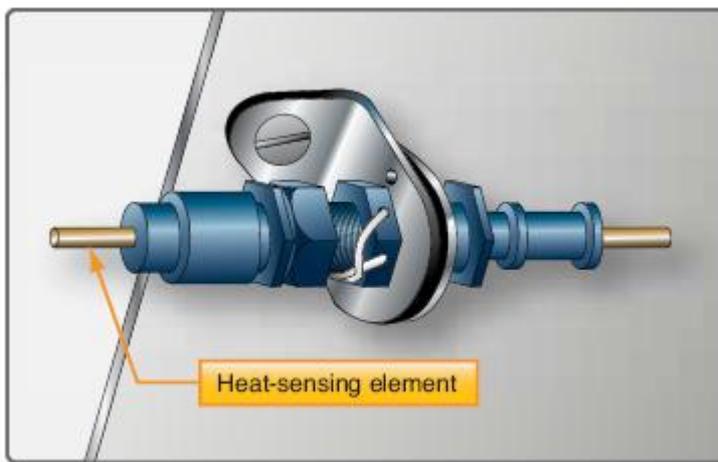
Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov).

Figura 9-17 Defeitos do elemento sensor.

6. As porcas nos terminais dos elementos sensores (figura 9-18) deverão ser inspecionadas quanto ao aperto e frenagem. As porcas frouxas deverão ser apertadas para o valor de torque especificado pelas instruções do fabricante.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

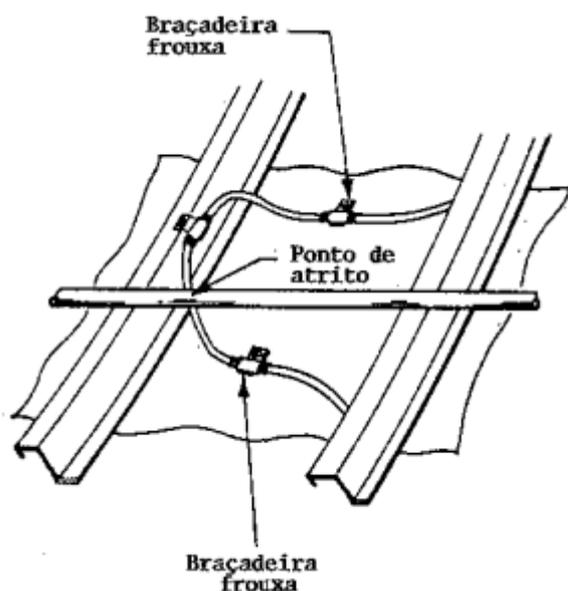


Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov).

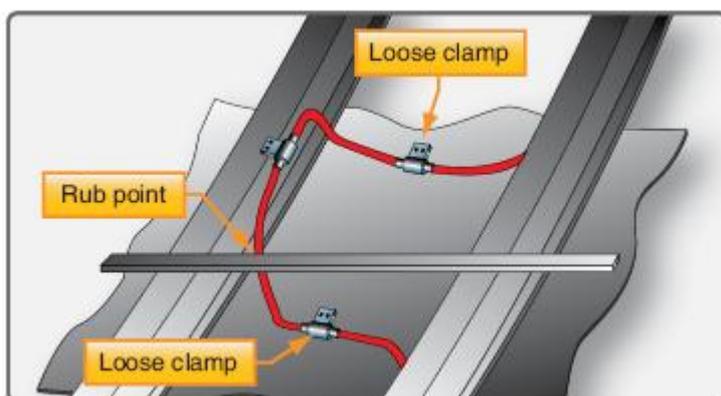
Figura 9-18 Junta conectora fixada à estrutura.

Alguns tipos de juntas de conexão de elementos sensores requerem o uso de juntas de atrito de cobre. Essas juntas deverão ser substituídas todas as vezes que a conexão for desfeita;

7. Se forem usados cabos flexíveis blindados, eles deverão ser inspecionados quanto ao desgaste da malha externa. A blindagem é feita de uma malha de finos fios de metal trançados dentro de uma cobertura, que envolve um fio isolado. Contínuas dobras do cabo ou um tratamento grosseiro poderão partir esses fios finos, especialmente aqueles próximos das conexões;



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional



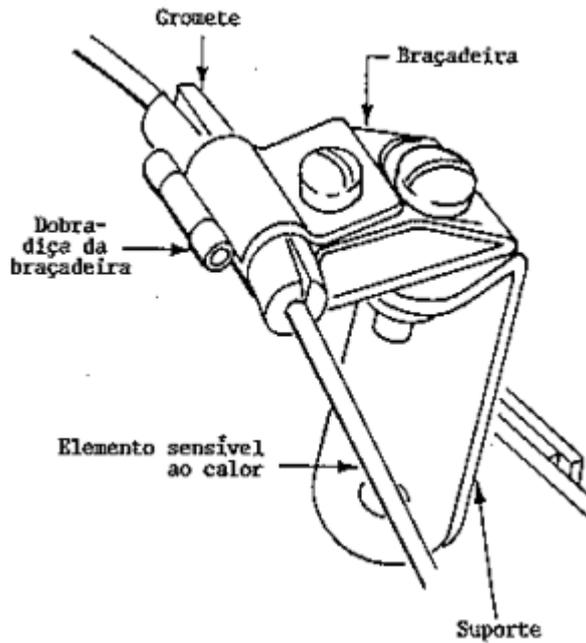
Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov).

Figura 9-19 Interferência por atrito.

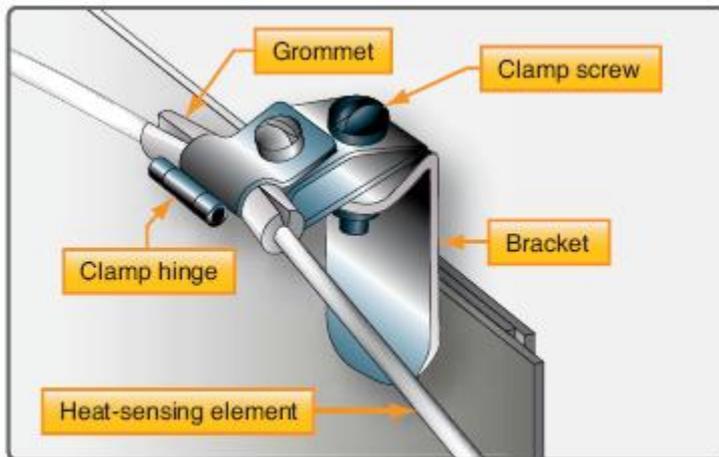
8. A rota dos elementos sensores e a fixação devem ser inspecionadas cuidadosamente (figura 9-19). Seções muito longas entre suportes podem permitir excessiva vibração e causar a quebra. A distância entre as braçadeiras de fixação nos espaços retos deve ser normalmente de 8 a 10 polegadas, conforme a especificação de cada fabricante. O primeiro suporte de fixação após uma conexão, normalmente é colocado entre 4 e 6 polegadas da conexão de junção. Na maioria dos casos, uma reta de 1 polegada é mantida antes e após um conector, para então ser feita uma curva. Um raio de curva de 3 polegadas, normalmente é usado também;

9. A interferência entre o elemento sensor e um tirante da nacela pode causar atrito (figura 9-19). Esta interferência pode causar desgaste e curto-circuito no elemento sensor;

10. Os anéis isolantes deverão estar instalados no elemento sensor, centralizados com a braçadeira de fixação. O final cortado do isolante deverá estar voltado para a parte curva da braçadeira. As braçadeiras e os anéis isolantes deverão fixar o elemento sem danificá-lo (ver a figura 9-20).



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional



Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov).

Figura 9-20 Braçadeira típica de fixação do elemento sensor.

## Pesquisa de Panes do Sistema de Detecção de Fogo

Os seguintes procedimentos de pesquisa de panes representam a maior parte das dificuldades comuns encontradas nos sistemas de detecção de fogo do motor:

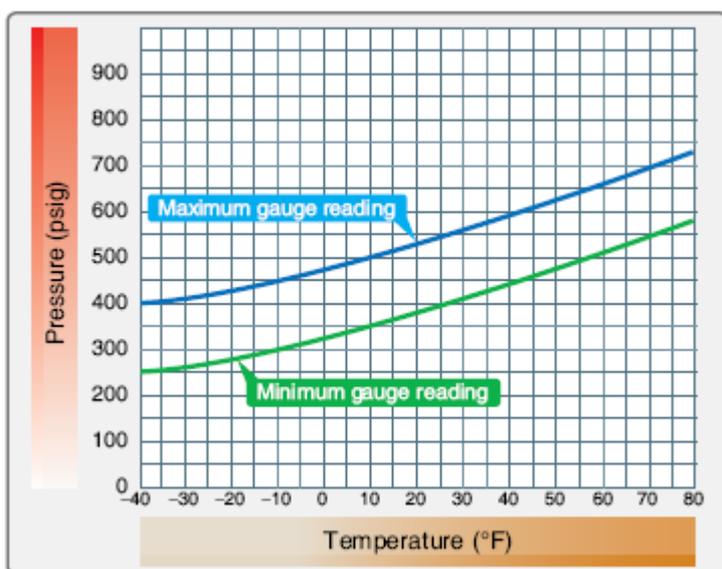
1. Alarmes intermitentes são, na maioria das vezes, causados por um curto-circuito intermitente na fiação do sistema detector. Tais curtos podem ser causados por um fio solto ou frouxo que, ocasionalmente, toca em um terminal. Um fio desgastado atritando em um membro da estrutura ou ainda o elemento sensor atritando na estrutura o suficiente para desgastar o isolante. As falhas intermitentes muitas vezes podem ser localizadas pelo movimento dos fios para recriar o curto-circuito;
2. Alarmes de fogo e luzes de aviso acesas podem ocorrer mesmo quando não houver fogo no motor ou condição de superaquecimento. Estes falsos alarmes podem ser mais facilmente localizados pela desconexão do sensor contínuo do motor na unidade de controle. Se o falso alarme cessar quando o sensor for desconectado, a falha é no sensor contínuo que deverá ser examinado nas áreas que tenham a possibilidade de entrar em contato com as partes quentes do motor. Se nenhuma destas áreas for encontrada, a seção em curto pode ser localizada isolando as conexões dos elementos, consecutivamente, até o final do sensor contínuo;
3. Torções ou dobras acentuadas no elemento sensor podem causar um curto-circuito intermitente entre o fio interno e a tubulação externa. A falha pode ser localizada checando o elemento sensor com um ohmímetro, enquanto aplicar leves batidas nas áreas suspeitas do elemento sensor para produzir o curto;
4. Umidade no sistema de detecção raramente causa um falso alarme de fogo. Se, no entanto a umidade causar um alarme, o aviso persistirá até que a contaminação seja removida ou desapareça com o calor e a resistência do sensor retorne ao seu valor normal;
5. Falha em obter um sinal de alarme, quando o interruptor de teste é atuado, pode ser causada por um defeito no interruptor de teste ou na unidade de controle, deficiência de energia elétrica, lâmpada indicadora inoperante, uma interrupção no elemento sensor ou na conexão da fiação. Quando o interruptor de teste falha em proporcionar uma condição de alarme, a atuação de um sensor contínuo de dupla fiação pode ser determinada pela abertura do sensor e medição da resistência. Em um sensor contínuo de fiação simples, o condutor central deverá ser ligado à massa.

## 2.3 PRÁTICAS DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA EXTINTOR DE FOGO

A manutenção regular dos sistemas típicos de extinção de fogo inclui itens, como a inspeção e o recarregamento das garrafas (reservatórios), remoção e reinstalação dos cartuchos e válvulas de descarga, teste das tubulações de descarga quanto a vazamentos e testes de continuidade da fiação elétrica.

Os parágrafos seguintes contêm detalhes de alguns dos mais típicos procedimentos de manutenção.

Os reservatórios do agente extintor são checados periodicamente para determinar se a pressão está entre os limites máximo e mínimo previstos. Mudanças de pressão com a temperatura ambiente, também devem estar dentro dos limites previstos. O gráfico da figura 9-21 é típico da curva pressão-temperatura, que fornece a máxima e a mínima leitura do instrumento. Se a pressão não cair dentro dos limites do gráfico, o reservatório deve ser substituído.



Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov).

Figura 9-21 Curva de pressão/temperatura dos reservatórios de agente extintor de fogo.

O tempo de vida do cartucho de descarga do extintor de fogo é fornecido por um carimbo estampado pelo fabricante, que é, normalmente, colocado na face do cartucho. O tempo de vida recomendado pelo fabricante é frequentemente em termos de horas antes de uma predeterminada temperatura limite.

Os cartuchos são fornecidos com um tempo de vida de aproximadamente 5.000 horas. Para determinar o tempo de validade não utilizado de um cartucho de descarga, normalmente será necessário remover o cabo condutor de eletricidade e a linha de descarga do corpo do plugue, o qual pode então ser removido do reservatório do extintor.

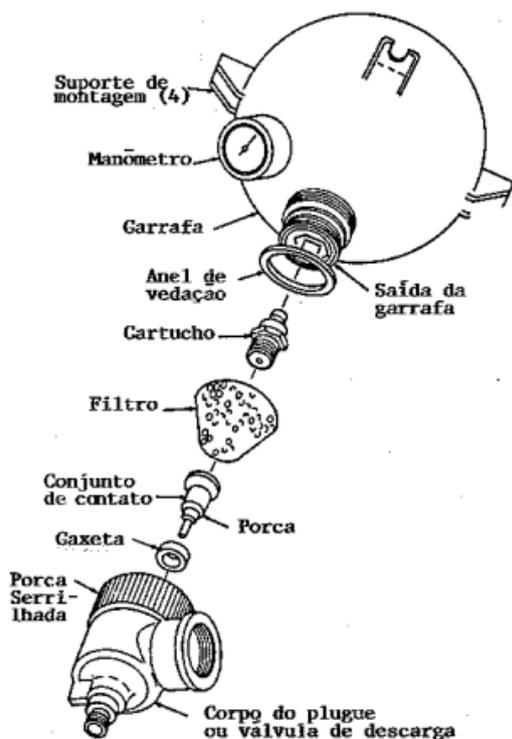
Em um tipo de reservatório de extintor de fogo, a data pode ser vista sem remover o corpo do plugue.

Ver na figura 9-22 a localização dos componentes de um reservatório típico de extintor de fogo.

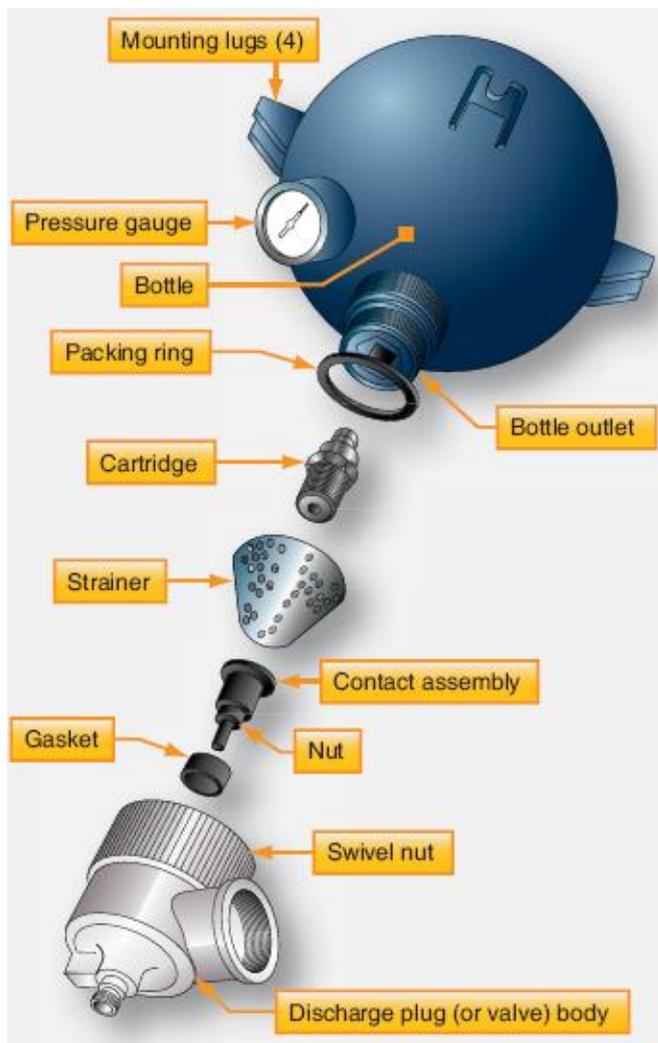
Muito cuidado deve ser tomado na substituição do cartucho e das válvulas de descarga. A maioria dos novos reservatórios de extintores é suprida com os seus cartuchos e válvulas de descarga desmontadas.

Antes da instalação na aeronave, o cartucho deve ser montado de maneira correta na válvula de descarga e a válvula conectada ao reservatório por meio de uma porca serrilhada (tipo conexão elétrica), que aperta de encontro a um anel de vedação, como ilustrado na figura 9-22.

Se um cartucho for removido de uma válvula de descarga por qualquer razão, ela não deverá ser usada em outra válvula de descarga, porque a distância do ponto de contato pode variar de uma unidade para outra.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional



Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov).

Figura 9-22 Componente de um reservatório típico de agente extintor de fogo.

Dessa forma poderá não existir continuidade, se um plugue que foi usado com um longo ponto de contato, for instalado em uma válvula de descarga com um menor ponto de contato.

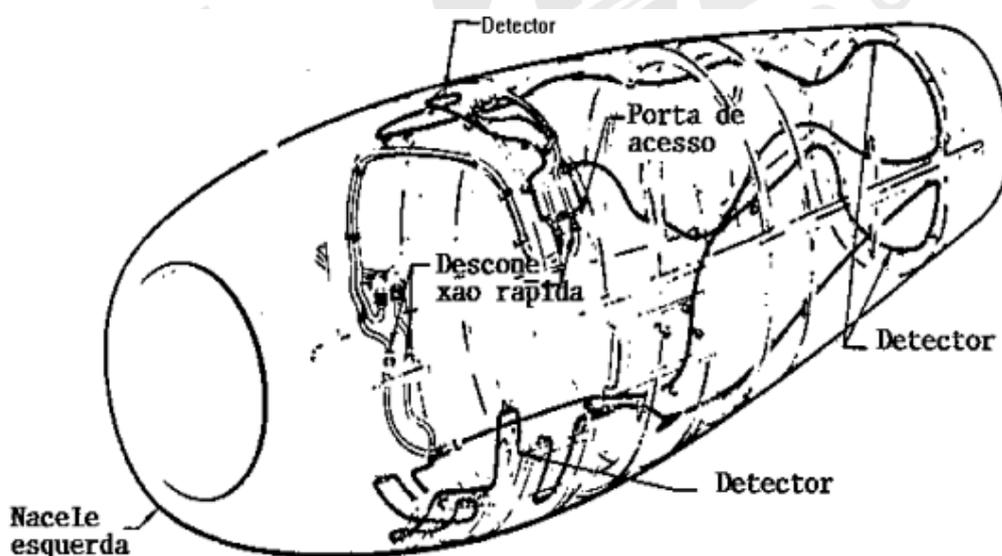
Todos os assuntos apresentados até aqui neste capítulo, foram relativos aos procedimentos de natureza geral com os princípios envolvidos e os procedimentos gerais a serem seguidos. Quando executando realmente os procedimentos de manutenção, consultam-se sempre os aplicáveis manuais de manutenção e outras publicações relativas àquela aeronave em particular.

## 2.4 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA FOGO DE AERONAVE TURBOJATO (SABERLINER)

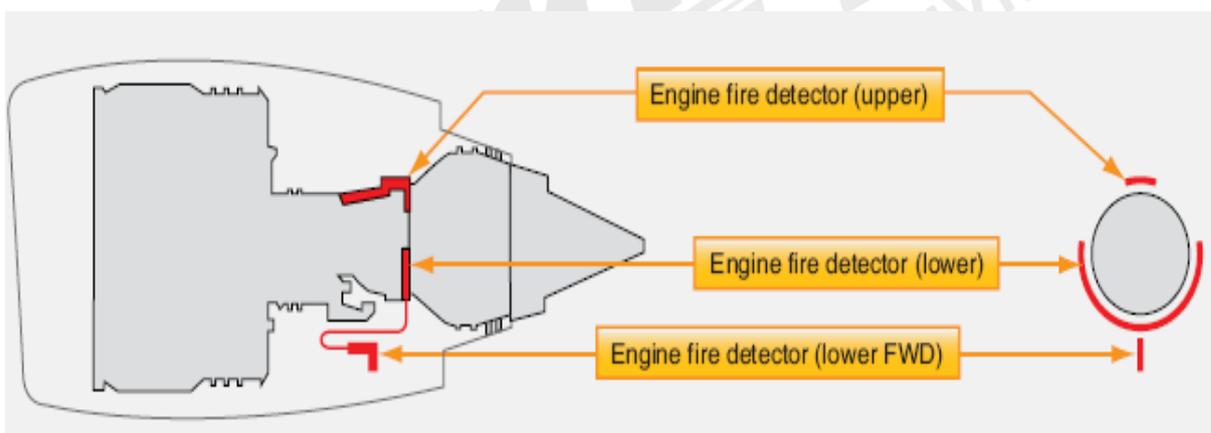
Esta descrição do sistema de proteção contra fogo, instalado no Saberliner, é incluída com o propósito de familiarização.

Um sistema fixo de extinção de fogo de alta razão de descarga está disponível para cada nacele de motor.

Os elementos detectores de fogo estão localizados em pontos estratégicos dentro de cada nacele, como ilustrado na figura 9-23.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional



Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov).

Figura 9-23 Sistema de detecção de fogo.

Dois reservatórios pressurizados contêm o agente extintor bromotrifluorometano. Este agente pode ser dirigido de cada um dos reservatórios, para cada uma das naceles dos motores, como necessário.

As linhas de descarga de cada reservatório se juntam em uma válvula de retenção dupla, em "T", para seguirem daí em uma linha única de descarga.

A válvula unidirecional evita que um reservatório descarregue o seu conteúdo dentro da linha do outro reservatório.

O sistema é controlado da cabine pelo uso de um punho manual e mais um interruptor seletor elétrico. Dois discos indicadores de descarga, montados externamente na fuselagem, indicam tanto a descarga manual do reservatório, como a descarga automática ocasionada por condições externas.

Um indicador de pressão é montado em cada reservatório. O cartucho na válvula de descarga do extintor número 1 ou do extintor número 2 (figura 9-24) é acionado por 28 volts de corrente DC, quando um punho "FIRE PULL" é puxado e o seletor extintor de fogo é atuado para EXT n° 1 ou EXT n° 2.

Uma válvula direcional então dirige o agente extintor para o devido motor, de acordo com o punho "FIRE PULL" que foi puxado. Quando o cartucho é detonado, o conteúdo de um reservatório é descarregado pela pressão do nitrogênio e forçado através de linhas de entrega e bicos de descarga, dentro do compartimento dianteiro da nacele do motor selecionado.

### **Operação do sistema**

Punhos "FIRE PULL" mecanicamente interconectados, um para cada motor, estão no painel de controle de extinção de fogo. Durante uma condição de fogo ou de superaquecimento, indicado por uma luz de aviso no respectivo punho de fogo ("FIRE PULL"), imediatamente puxa-se o punho de fogo para trás.

Quando o punho de fogo da direita é puxado, a válvula de corte em emergência da sangria do ar é cortada e a válvula direcional do sistema extintor é energizada, para permitir que o agente extintor seja direcionado para o motor do lado direito. Ao mesmo tempo, o gerador é retirado da linha.

Quando o punho de fogo ("FIRE PULL") for recolocado na sua posição original, aqueles itens anteriormente desligados, com exceção do gerador, serão restabelecidos, a menos que

o interruptor mestre do motor seja desligado. Se o segundo punho de fogo ("FIRE PULL") for puxado, o primeiro punho será automaticamente retraído para a sua posição original.

### **Interruptor de Seleção**

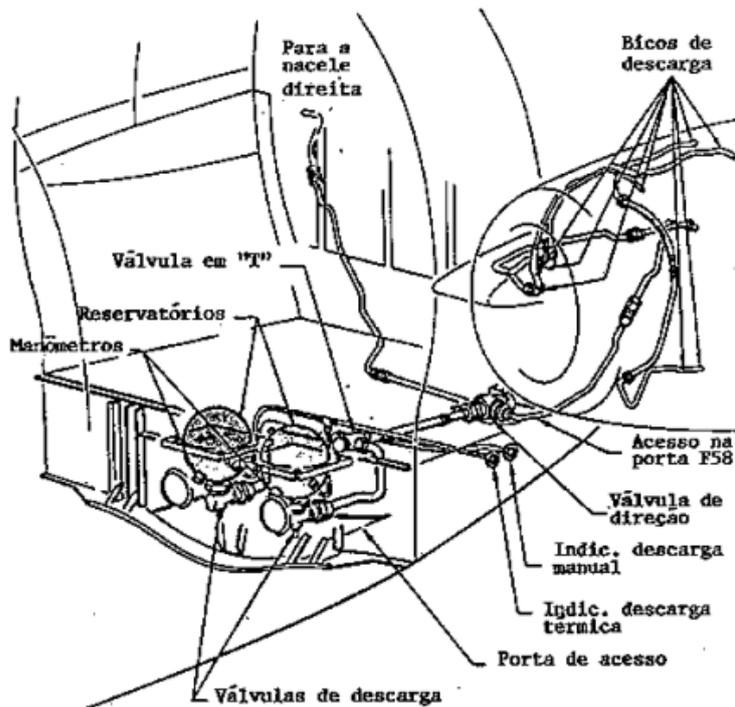
O interruptor seletor do extintor de fogo está instalado no centro do painel de controle do extintor e energizado pela barra essencial, tendo três posições: EXT N° 1, EXT N° 2 e uma posição central com a marcação "OFF".

Quando o interruptor for momentaneamente posicionado para EXT N° 1 ou para EXT N° 2, e tiver sido armado pelo acionamento do punho de fogo, o agente extintor de um reservatório será descarregado para a nacele do motor selecionado pelo punho.

Após o primeiro reservatório ter sido esvaziado, o interruptor de seleção do extintor de fogo poderá ser se necessário momentaneamente posicionado para o outro extintor, para descarregar o segundo reservatório.

### **Válvula Direcional**

Partindo da válvula de retenção dupla em "T", a linha é conectada a uma válvula direcional (figura 9-24). A válvula tem dois canais de saída: um deles, normalmente aberto, está conectado na linha de descarga do extintor de fogo da nacele do motor esquerdo e o outro, normalmente fechado, conectado com a linha da nacele do motor direito.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 9-24 Sistema de extinção de fogo.

Quando o punho de fogo do motor direito for puxado, um circuito elétrico é completado para a válvula direcional, energizando o solenoide. A descarga do agente extintor de fogo é então dirigida para a nacele do motor direito.

### Reservatórios do Agente Extintor

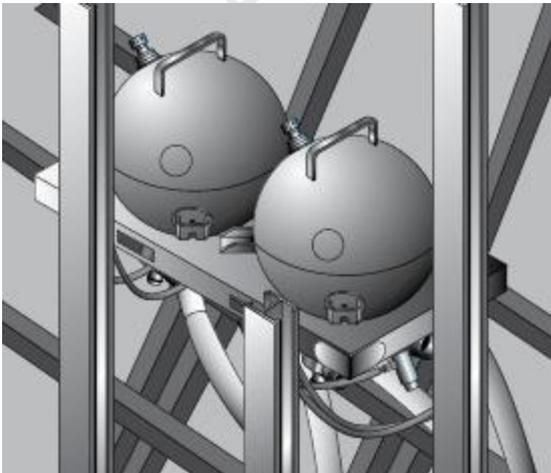
Dois reservatórios para o sistema extintor de fogo estão instalados na área traseira do alojamento da roda principal, entre as estações da fuselagem 298 e 307. Cada reservatório tem um instrumento que indica a pressão no reservatório. Uma válvula de descarga, contendo um cartucho, está instalada na parte inferior de cada reservatório.

O cartucho, quando deflagrado, descarrega o conteúdo do reservatório em tubulações direcionadas às naceles dos motores. Uma conexão está fixada em cada reservatório para ligar tubulações a indicadores de descarga por variações térmicas, instalados na parte externa da fuselagem.



Fonte: Ricardo Cesar Garcia

Figura: Reservatório de agente extinção.



Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov).

Figura: Reservatório de agente extinção.

## Indicadores

Dois discos indicadores de descarga, do sistema de extinção de fogo, estão montados no lado esquerdo da fuselagem após a asa. O disco amarelo, do indicador de descarga traseiro,

está conectado por uma linha de 1/4 de polegada com a linha de descarga do extintor de fogo, entre a válvula de retenção dupla em "T" e a válvula direcional.

Quando um dos reservatórios for descarregado, um fluxo limitado será dirigido para o disco amarelo, removendo-o.

Uma checagem no indicador de pressão mostrará qual o reservatório que foi descarregado.

O disco vermelho, no indicador de descarga dianteiro, está conectado por uma linha de 1/4 de polegada a ambos os reservatórios. Quando os reservatórios tiverem sido aquecidos excessivamente, a pressão interna causará a descarga do agente pelo bujão fusível de segurança. O fluxo do agente extintor será dirigido ao disco vermelho, removendo-o.

Uma checagem nos indicadores de pressão mostrará se um, ou ambos os reservatórios foram descarregados.



Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov).

Figura: Ilustração dos discos amarelo e vermelho.



## Referência Bibliográfica

**BRASIL. IAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional**  
**Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant**  
**Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.**

