



# AeroTD

ESCOLA DE AVIAÇÃO CIVIL

## Sistemas de Ignição e Elétrico do Motor

*Prof. Evandro Carlos Ferreira*



<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 ..... 4

Módulo I ..... 6 – 36

Módulo II ..... 39 – 103

Módulo III ..... 104 – 128

Módulo IV ..... 129 - 154

## Apresentação da Disciplina

*Caro aluno*

*Pretendo que a disciplina **Sistemas de Ignição e Elétrico do Motor** seja um instrumento que ofereça a você a oportunidade de conhecer melhor os sistemas utilizados para gerar e controlar a centelha para a queima do combustível nos motores das aeronaves.*

*Para que você tenha um entendimento, este é um dos sistemas mais importantes no estudo dos motores, pois sua falha causa o colapso da operação do motor e coloca em risco a segurança de voo, portanto, o domínio desta matéria por parte do técnico é de suma importância.*

*Esta disciplina está dividida em cinco módulos:*

*No módulo I: Sistema de Ignição do Motor Alternativo*

*No módulo II: Manutenção no Sistema de Ignição*

*No módulo III: Sistemas Elétricos do Motor*

*No módulo IV: Sistemas Elétricos do Motor (continuação)*

*Ao encerrar esta disciplina você possuirá condições de identificar os princípios e os elementos do sistema de ignição do motor alternativo no desempenho das aeronaves, bem como os componentes que fazem parte do mesmo.*

*Lembre-se que estarei ao seu lado, acompanhando-o, orientando-o, e estimulando seus estudos.*

*Bons estudos!*

*Prof. Evandro Carlos Ferreira*



Fonte: [aero-news.net](http://aero-news.net)

## MÓDULO I

### SISTEMAS DE IGNIÇÃO DO MOTOR ALTERNATIVO

#### INTRODUÇÃO

Caro aluno,

No decorrer deste módulo, você verá que a disciplina de eletricidade básica que você estudou anteriormente será de grande valia para compreender o funcionamento e operação do sistema de ignição dos motores convencionais.

Trataremos aqui da teoria de operação do magneto, vela de ignição e componentes relacionados.

Portanto, ao final deste módulo você deverá ser capaz de compreender a parte teórica do sistema de ignição dos motores alternativos.

Os requisitos básicos para o sistema de ignição de motores de combustão interna são sempre os mesmos, independente do tipo de motor envolvido ou do feitiço dos componentes do sistema.

Esse sistema deve liberar uma centelha de alta energia para cada cilindro do motor na sequência de ignição, com um número de graus de avanço predeterminado em relação ao ponto morto alto do pistão.

A voltagem de alimentação do sistema deve ser suficiente para garantir a ocorrência do centelhamento entre os eletrodos da vela, sob todas as condições de operação.

O sistema de ignição dos motores a reação é operado apenas durante o ciclo de partida do motor, sendo, portanto, menos complexo e estando sujeito a um menor número de problemas em comparação com os sistemas de ignição dos motores convencionais.

## 1.1 SISTEMA DE IGNIÇÃO DO MOTOR ALTERNATIVO

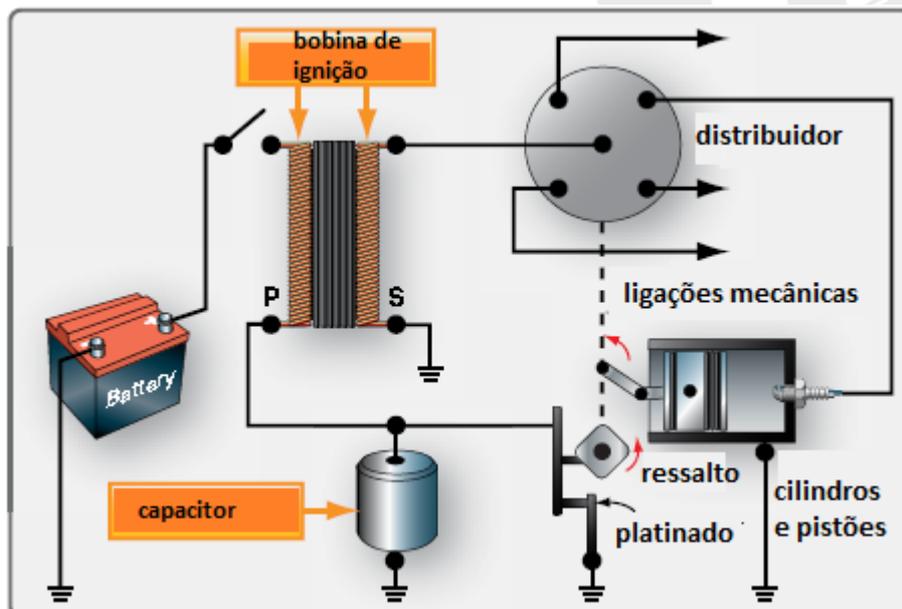
O sistema de ignição pode ser dividido em duas classes: ignição por bateria ou ignição por magneto. O sistema é também classificado como: simples ou de ignição dupla.

O sistema simples consiste em um magneto e fiação associada. Esse sistema foi usado em muitos motores pequenos de baixa rotação, atualmente é mantido em uso em pequenos motores de cilindro opostos de aeronaves.

## 1.2 SISTEMA DE IGNIÇÃO POR BATERIA

Poucas aeronaves ainda utilizam o sistema de ignição por bateria, onde o suprimento de energia elétrica provém de uma bateria ou de um gerador, ao invés do magneto.

Esse sistema é similar ao utilizado na maioria dos automóveis. Um excêntrico, acionado pelo motor, comanda a abertura de um contato elétrico diversas vezes para interromper o fluxo de corrente da bobina primária de um transformador. O resultado do colapso do campo magnético induz uma alta voltagem na bobina secundária, a qual é direcionada por um distribuidor para o cilindro apropriado. A figura 41 mostra o esquema simplificado deste sistema.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-1 Sistema de ignição por bateria.

### 1.3 PRINCÍPIOS DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE IGNIÇÃO POR MAGNETO

O magneto, um tipo especial de gerador de corrente alternada acionado pelo motor, usa um ímã permanente como fonte de energia. Ele desenvolve alta voltagem, forçando uma centelha que salta entre os eletrodos da vela em cada cilindro. Sua operação está sincronizada com o motor, de maneira que a centelha ocorra somente quando o pistão estiver no curso apropriado em um específico número de graus do eixo de manivelas, antes do ponto morto alto.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Exemplo de magnetos simples e duplo.

O sistema de ignição por magneto nos aviões pode ser classificado como: sistema por magneto de baixa ou de alta tensão.

O de baixa tensão (que será comentado posteriormente) gera uma baixa voltagem que é distribuída para uma bobina de transformador, próximo de cada vela, eliminando assim alguns problemas inerentes ao sistema de alta tensão.

O sistema por magneto de alta tensão é o mais antigo dos dois e, desprezando algumas desvantagens, ainda é o mais largamente usado na aviação.

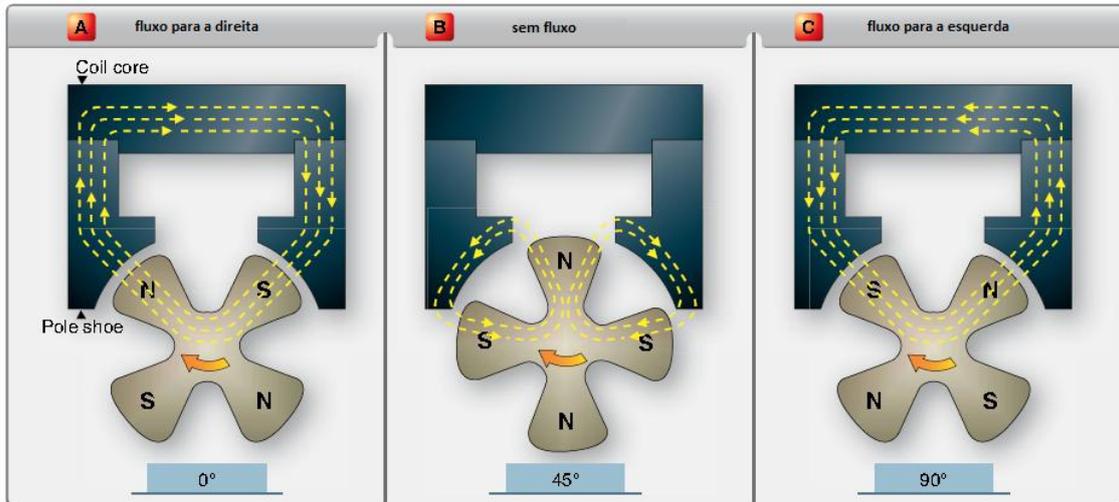
#### **Sistema por Magneto de Alta Tensão**

O sistema por magneto de alta tensão pode ser dividido, para efeito de discussão, em três circuitos distintos, são eles: o circuito magnético, o circuito elétrico primário e o circuito elétrico secundário.

O circuito magnético consiste em um ímã permanente rotativo de múltiplos polos, um núcleo de ferro doce, e sapatas polares.

O ímã é acionado pelo motor, e gira na folga entre as sapatas polares, para fornecer linhas magnéticas de força (fluxo), necessárias para produzir uma voltagem elétrica. Os polos do ímã estão arrançados com polaridades alternadas, de modo que o fluxo magnético consiga, saindo do polo norte, passar através do núcleo de ferro doce, retornando ao polo sul.

Quando o ímã está na posição mostrada em "A", da figura 4-2, o número de linhas de força através do núcleo da bobina é máximo, porque os dois polos, magneticamente opostos, estão perfeitamente alinhados com os polos da ferradura.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-2 Fluxo magnético nas três posições do ímã rotativo.

Essa posição do ímã rotativo é chamada de "capacidade plena". Ela produz o número máximo de linhas de força magnética no sentido horário através do circuito magnético, partindo da esquerda para a direita do núcleo.

Conforme o ímã vai saindo da posição de capacidade plena, a quantidade de fluxo através do núcleo vai diminuindo. Isso ocorre devido os polos do ímã serem afastados das sapatas polares, permitindo que apenas parte das linhas de fluxo passe através do núcleo.

Quanto mais o ímã se afasta da posição de capacidade plena, mais e mais linhas são curto-circuitadas através das extremidades das sapatas. Finalmente, na posição neutra (45° da posição de capacidade plena), todas as linhas estarão curto-circuitadas, e não haverá fluxo através do núcleo da bobina ("B" da figura 4-2).

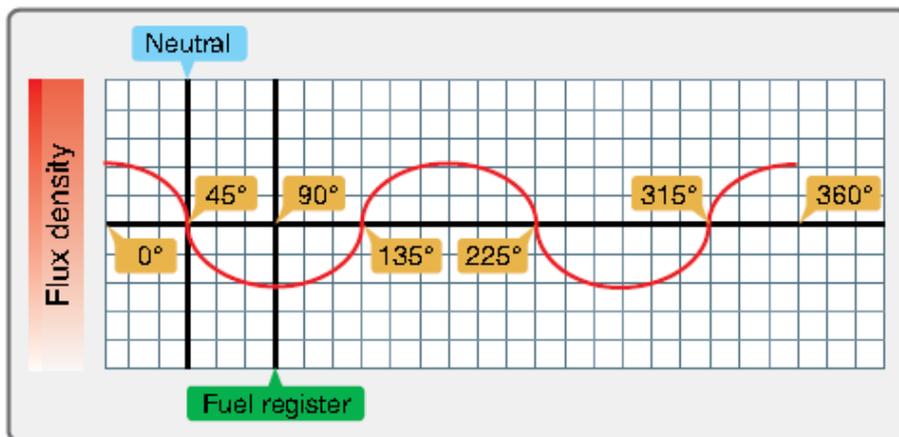
Conforme o ímã gira de 0° para 45°, o número de linhas de fluxo através do núcleo da bobina diminui da mesma maneira como ocorre o colapso gradual do fluxo do campo magnético de um eletroímã comum.

A posição neutra é aquela onde um dos ímãs permanentes encontra-se entre as sapatas polares. Como o ímã gira no sentido horário, as linhas de fluxo que haviam sido curto circuitadas nas extremidades da ferradura começam a fluir novamente através do núcleo da bobina. Entretanto, desta vez, as linhas fluem no sentido contrário, conforme é mostrado em "C" da figura 4-2.

A inversão do fluxo se deve ao fato de que o ímã, saindo da posição neutra, deixa o polo norte em frente à sapata direita em vez da esquerda. (Ilustrado em "A" da figura 4-2)

Quando o ímã é girado novamente num total de 90°, mais uma vez a posição de capacidade plena é atingida, conseqüentemente o fluxo máximo é obtido, mas em sentido contrário. A progressão de 90° do ímã é ilustrada graficamente na figura 4-3, onde a curva mostra como a densidade do fluxo magnético do núcleo da bobina (sem a bobina primária em torno do núcleo) muda ao passo que o ímã gira.

A figura 4-3 mostra que, conforme o ímã se afasta da posição de capacidade plena (0°), o fluxo vai diminuindo até atingir zero, exatamente na posição neutra (45°). Agora, à medida que o ímã se afasta da posição neutra, o fluxo aumenta, porém em sentido contrário, como indicado pela curva abaixo da linha horizontal.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-3 Mudança na densidade do fluxo durante a rotação do ímã.

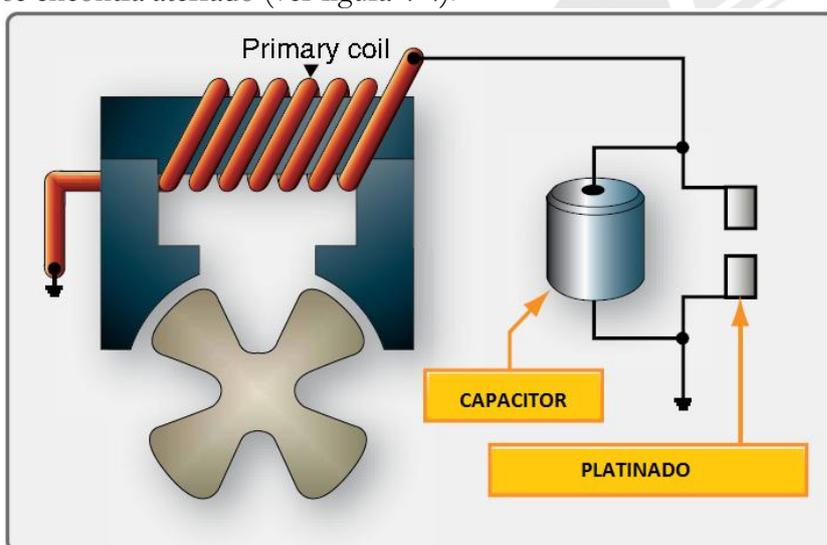
Em 90°, mais uma vez o fluxo máximo é atingido. Desta forma, para cada volta completa (360°) do ímã de quatro polos, existirão quatro posições de fluxo máximo, quatro posições de fluxo zero, e quatro posições de fluxo reverso.

Uma discussão do circuito magnético demonstra como o núcleo da bobina é afetado pela rotação do ímã permanente, ficando sujeito a uma elevação ou redução do campo magnético e a uma mudança na polaridade, a cada progressão radial de 90° do ímã.

Uma bobina que faz parte integrante do circuito elétrico primário do sistema de ignição por magneto de alta tensão, quando é enrolada em torno do núcleo de ferro doce, também é afetada pela variação do campo magnético.

O circuito elétrico primário (figura 4-4) consiste em um par de contatos chamados de platinado (visto receberem um banho de platina, melhorando a condução elétrica e evitando a corrosão dos mesmos), um condensador e uma bobina de fios eletricamente isolados.

A bobina é constituída de várias espiras de fio grosso em cobre, com uma de suas extremidades aterrada no próprio núcleo, e a outra conectada ao contato platinado que não se encontra aterrado (ver figura 4-4).



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-4 Circuito elétrico primário de um magneto de alta tensão.

O circuito primário é fechado somente quando os dois contatos se juntam. A terceira unidade no circuito, que é o condensador, está conectada em paralelo com o par de contatos. O condensador evita o arco voltaico entre os contatos quando o circuito está aberto, e acelera o colapso do campo magnético sobre a bobina primária.

O platinado será comandado próximo da posição de capacidade plena. Quando os contatos se tocam, o circuito elétrico primário está fechado e a rotação do ímã induz um fluxo de corrente na bobina.

Essa corrente, por sua vez, gera um campo magnético, que possui a tendência de se opor a qualquer mudança no fluxo gerado pelo circuito de ímãs permanentes.

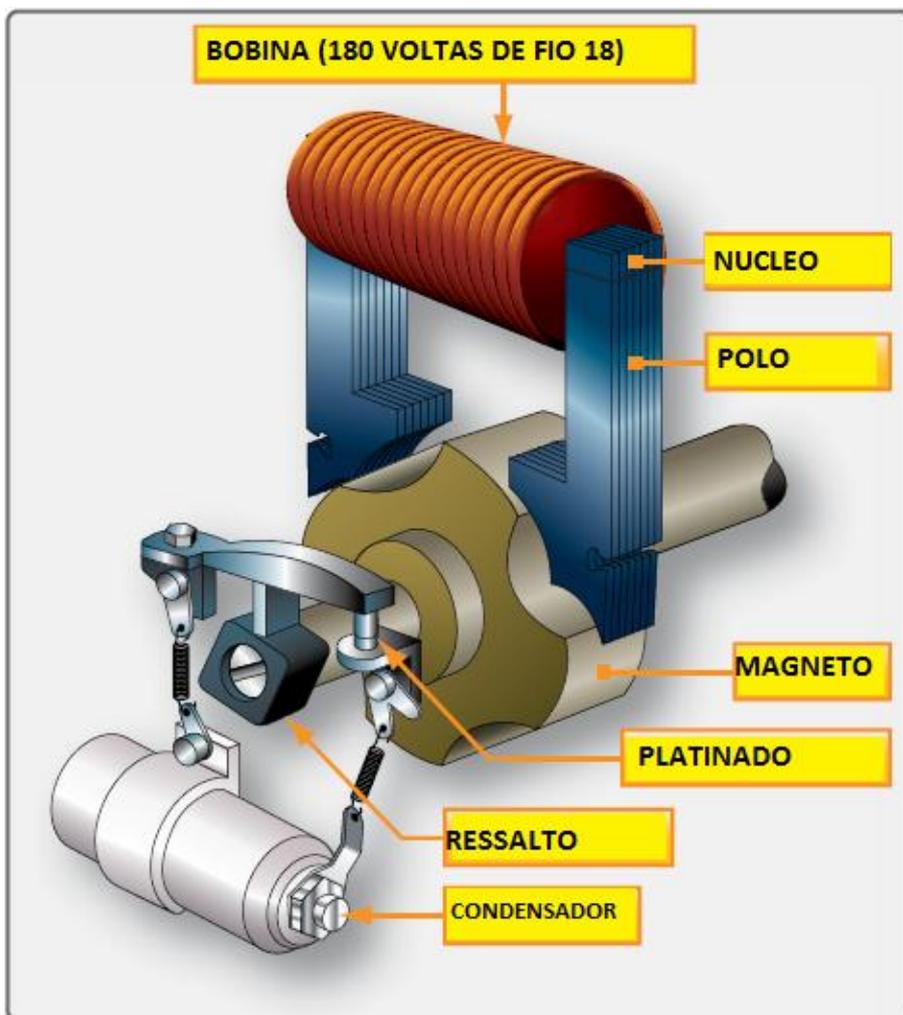
Enquanto a corrente induzida estiver circulando no circuito primário (bobina), ela se opõe a qualquer redução do fluxo magnético no núcleo. Isso está de acordo com a Lei de Lenz, que afirma: "Uma corrente induzida, sempre que fluindo em uma determinada direção, faz com que o magnetismo (gerado por esta corrente) se oponha a qualquer alteração a ele induzido."

Desta maneira, a corrente que passa pelo circuito primário mantém o fluxo magnético com um elevado valor e na mesma direção, até que o ímã em rotação tenha tempo de passar pela posição neutra para um ponto poucos graus à frente. Essa posição é chamada de folga "E" (onde "E" corresponde a eficiência e "folga" ao vão entre as sapatas polares).

Com o rotor de ímãs em posição de folga "E" e a bobina primária mantendo o campo magnético do circuito em polaridade oposta, uma brusca mudança na direção do fluxo pode ser obtida pela abertura dos contatos.

A abertura dos contatos interrompe a circulação de corrente no circuito primário, e permite que o rotor de ímãs inverta rapidamente o sentido do fluxo magnético na bobina. Essa súbita reversão produz uma brusca mudança no sentido do fluxo no núcleo, que é sentida por uma segunda bobina chamada de secundária (exposta magneticamente, mas eletricamente isolada do núcleo), na qual será induzido um pulso de corrente de alta voltagem, pulso este necessário para provocar o centelhamento entre os eletrodos da vela.

**Aerotec**  
ESCOLA DE AVIAÇÃO CIVIL



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4 -5 Componentes do circuito com magneto de alta tensão.

Como o rotor está em movimento, na próxima vez em que estiver próximo de atingir a posição de capacidade plena, os contatos da bobina primária se fecharão novamente e o ciclo será repetido para provocar o centelhamento dos eletrodos da vela do pistão seguinte na sequência de explosão.

A sequência de eventos pode, agora, ser revista em maiores detalhes para explicar como a situação de indução magnética ocorre.

Com o platinado, o excêntrico (came) e o condensador conectados no circuito, como mostrado na figura 4-5, a ação cíclica é representada pela curva gráfica quando o rotor gira. No topo "A" da figura 4-6, é mostrada a curva original do fluxo estático. Abaixo da curva é indicado o momento de abertura e fechamento do platinado.

Nota-se que essa abertura e fechamento são sincronizados pelo excêntrico.

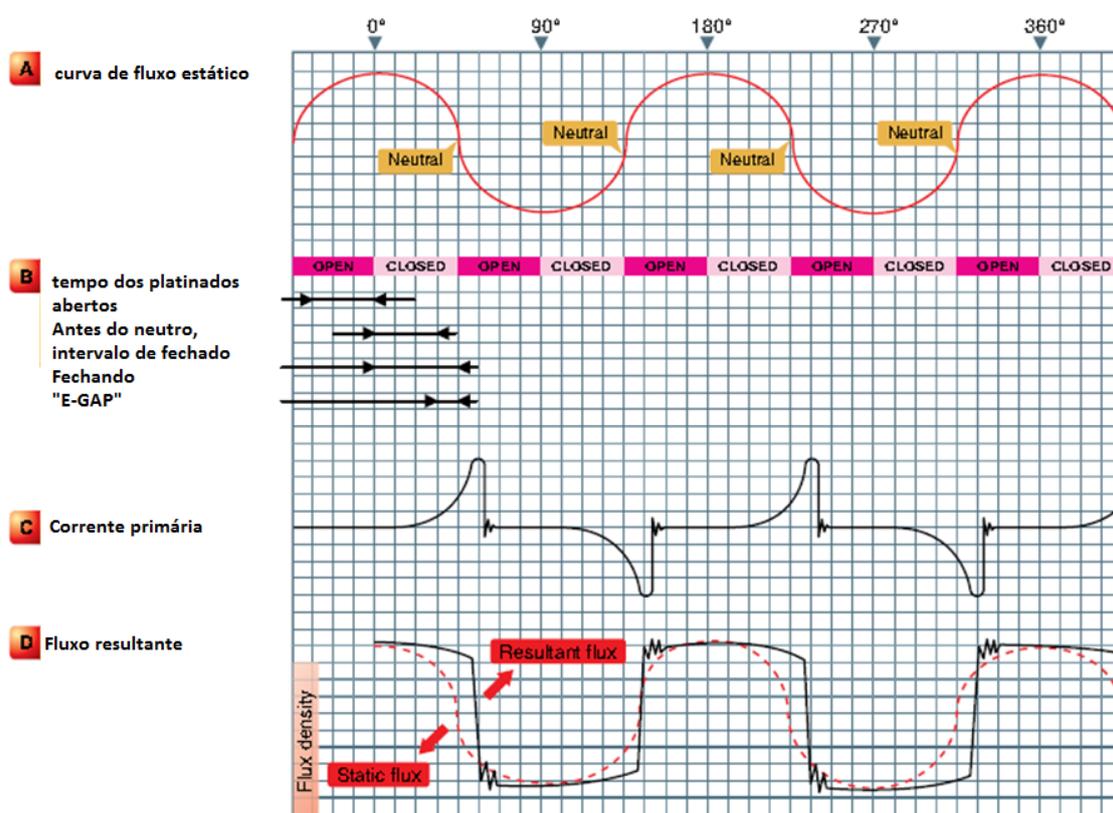
Os contatos se tocam no momento em que a maior quantidade de fluxo estiver passando através do núcleo, e separam-se após a posição neutra.

Uma vez que existem quatro ressaltos no excêntrico, os contatos irão fechar e abrir quatro vezes, na mesma relação das quatro posições neutras do rotor magnético. Também, os intervalos de tempo entre os momentos de abertura e fechamento são aproximadamente os mesmos.

Partindo da posição de máximo fluxo (demarcada como 0° e que se encontra no topo da figura 4-6), a sequência de eventos é descrita nos próximos parágrafos.

Quando o rotor de ímãs é acionado em direção ao neutro, a quantidade de fluxo através do núcleo começa a diminuir (D da figura 4-6). Esta mudança do fluxo induz uma corrente na bobina primária (C da figura 4-6) que, por sua vez, induz um campo magnético em torno da própria bobina por onde circula. Esse campo magnético se opõe a qualquer alteração de seu fluxo. Quando o rotor estiver em neutro nenhuma corrente circula pela bobina primária, conseqüentemente, o fluxo no núcleo cai a zero e começa a aumentar em direção oposta, conforme o ímã se afasta do neutro (a curva do fluxo estático é mostrada pela linha tracejada em "D" da figura 4-6).

No entanto, a ação eletromagnética da corrente primária evita que o fluxo se altere, e mantém o campo temporariamente inalterado (linha do fluxo resultante em "D" da figura 4-6).



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-6 Curvas do fluxo magnético.

Como resultado desse processo, observa-se que ocorre um elevado colapso no circuito magnético, durante o tempo que o rotor de ímãs leva até atingir a posição na qual os contatos estavam próximos de abrir.

Os platinados, quando abertos, funcionam com o condensador para interromper o fluxo de corrente na bobina primária, causando uma mudança extremamente rápida no fluxo. A alta tensão na bobina secundária é descarregada através dos eletrodos da vela, para inflamar a mistura ar/combustível no cilindro do motor.

Cada centelha consiste em um pico de descarga, após o qual uma série de pequenas oscilações ocorre. Isso continua até que a tensão se torne muito baixa para manter a descarga.

A corrente flui na bobina secundária, durante o tempo levado para descarregá-la completamente. A energia no circuito magnético é completamente dissipada, durante o tempo que os contatos se encontram fechados para a geração da centelha seguinte.

### Conjunto de Contatos Platinados

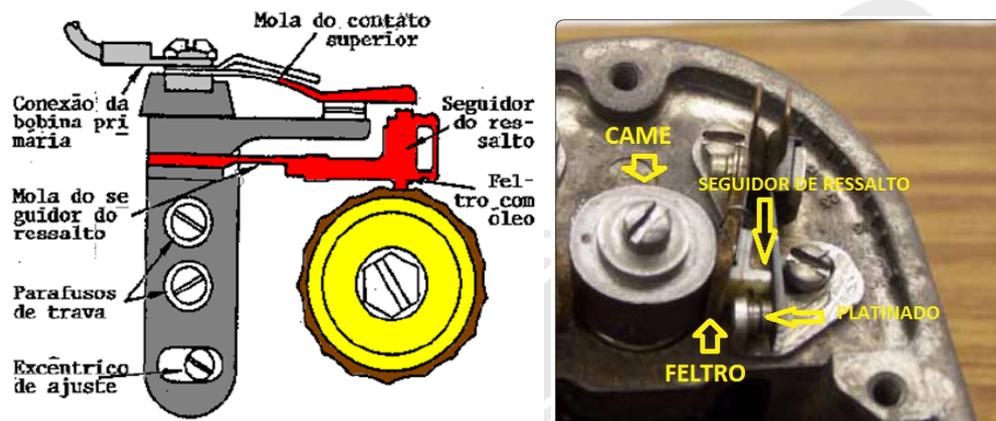
Esse conjunto, usado em sistemas de ignição por magneto de alta tensão, abre e fecha automaticamente o circuito primário no devido tempo, em relação à posição do pistão no cilindro, no qual está ocorrendo o centelhamento.

A interrupção do fluxo da corrente primária é conseguida através de um par de contatos platinados, feito de uma liga resistente à corrosão e ao calor.

A maioria dos platinados utilizados em sistemas de ignição de aeronaves é do tipo desarticulado, no qual um dos contatos é móvel e o outro fixo (ver figura 4-7). O contato móvel, suportado por uma lâmina, está isolado da carcaça do magneto e conectado a bobina primária (figura 4-7).

O contato fixo está aterrado a carcaça para fechar o circuito primário quando os contatos se tocam; e o came rotativo está ajustado de maneira que os contatos se afastem no devido tempo.

Ainda fazendo parte deste conjunto, encontraremos o seguidor do came, suportado pela mesma lâmina, a qual o manterá com certa tensão contra o came rotativo. O seguidor do came composto de um aglomerado em mica (ou material similar) se encontra apoiado no came rotativo e afasta o contato móvel do contato fixo toda vez que o ressalto o empurra para cima. Um feltro com óleo, instalado sob a lâmina, lubrifica e evita a corrosão do came.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-7 Platinado do tipo desarticulado e ressaltos.

Um tipo simples de platinado pode ser encontrado em alguns motores de baixa potência. Esse tipo, chamado de articulado, possui uma dobradiça ou um pivô suportando uma alavanca, onde na extremidade oposta se encontra um dos platinados. O outro platinado está preso a uma lâmina estacionária.

Uma bucha de fricção, normalmente feita de materiais fibrosos, está instalada próximo ao centro da alavanca. Quando o motor aciona o came, os ressaltos exercem pressão contra a bucha, causando o movimento da alavanca no sentido de aproximar as extremidades pivotadas, consequentemente afastando os contatos platinados e abrindo o circuito.

O came rotativo pode ser acionado diretamente pelo eixo do rotor do magneto, ou através de uma caixa de engrenagens. A maioria dos motores radiais usa um came compensado,

que já é desenhado para operar com um motor específico, possuindo um ressalto para cada cilindro em que ocorre a centelha. Os ressaltos são usinados em intervalos desiguais para compensar as variações do ponto morto superior de cada posição. Um came compensado de 14 ressaltos, junto com os outros não compensados de 02, 04 e 08 ressaltos são mostrados na figura 4-8.

O espaço desigual entre os ressaltos do came compensado, embora proporcione a mesma posição relativa do pistão para que a ignição ocorra, causa uma pequena variação da folga "E" do rotor de ímãs e, desta forma, uma pequena variação no impulso de alta tensão gerado pelo magneto.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A da FAA*

Figura 4-8 Platinados típicos.

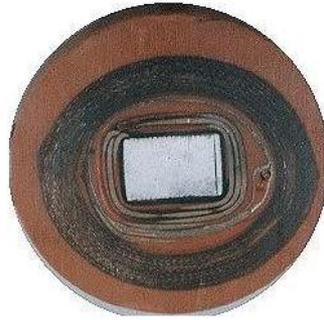
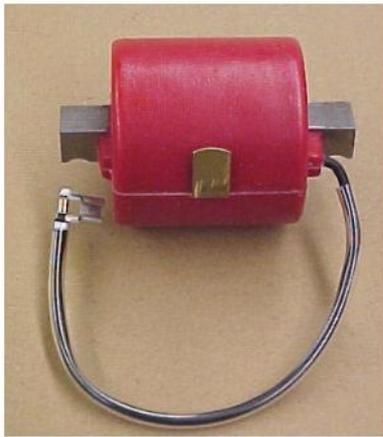
Uma vez que o espaço entre os ressaltos é feito sob medida para cada cilindro de um motor em particular, os cames compensados são marcados para mostrar a série do motor e a localização da biela mestra ou bielas, o ressalto usado para regulação do magneto, a direção de rotação do came, e a especificação da folga "E" do rotor em graus além de neutro. Em adição a estas marcas, o came recebe um corte, o qual, quando alinhado com o risco de marcação na carcaça do magneto, coloca o rotor na posição de folga "E" para ajuste do cilindro.

Uma vez que os contatos devem iniciar sua abertura quando o rotor se encontra na posição folga "E", o corte no came alinhado com a marca na carcaça proporciona um rápido e fácil método de estabelecer a exata posição de folga "E", para verificação e ajuste do platinado.

### Conjunto de Bobina

O conjunto das bobinas do magneto consiste em um núcleo em ferro doce, em torno do qual encontraremos as bobinas primária e secundária, sendo que a secundária se encontra enrolada sobre a primária.

A bobina secundária é feita de um enrolamento contendo aproximadamente 13.000 voltas de fio fino e isolado, com um terminal eletricamente aterrado a bobina primária ou ao núcleo, e o outro terminal conectado ao rotor do distribuidor. Ambas as bobinas são revestidas com um material não condutivo como baquelita, borracha rígida, ou cambraia envernizada. Por fim, o conjunto é fixado nas sapatas polares por parafusos e braçadeiras.



Fonte: <http://mechanicssupport.blogspot.com.br/2009/06/inspecting-magneto-coil.html>

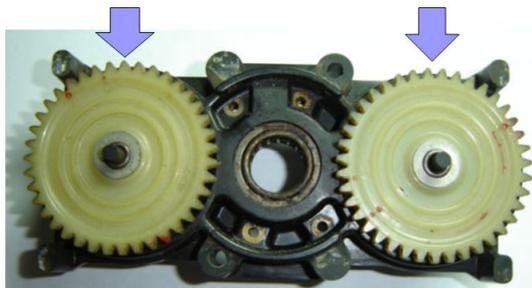
Quando o circuito primário está fechado, a corrente que flui através da bobina primária produz linhas de força magnética que atravessam o enrolamento secundário, induzindo uma força eletromotriz.

Quando o circuito primário é aberto, o campo magnético sobre o enrolamento primário entra em colapso, levando o enrolamento secundário a ser atravessado pelas linhas de força. A potência da tensão induzida no enrolamento secundário, quando todos os outros fatores permanecem constantes, é determinada pelo número de espiras do enrolamento. Uma vez que a maioria dos magnetos de alta tensão possui milhares de voltas na bobina secundária, uma voltagem muito alta, geralmente superior a 20.000 volts é gerada no circuito secundário para vencer o vão livre entre os eletrodos da vela.

## Distribuidor

A alta tensão induzida na bobina secundária é enviada ao distribuidor, o qual consiste em duas partes. A parte rotativa é chamada de rotor do distribuidor e a estacionária, de bloco do distribuidor.

**rotor do distribuidor**



Fonte: [www.aircraftmagnetoservice.net](http://www.aircraftmagnetoservice.net)

**Bloco do distribuidor**



Evandro Ferreira

A parte rotativa, que pode ter o formato de um disco, tambor, ou lingueta, é confeccionada em material não condutor com um condutor embutido. A parte estacionária consiste de um bloco também feito de um material não condutor, que possui terminais e receptáculos para terminais, no qual a fiação para o distribuidor é conectada. Em alguns sistemas, o conjunto distribuidor é parte integrante do magneto, mas em outros, estão remotamente localizados e separadamente acionados.



Uma vez que a sequência de explosão de um motor radial de 9 cilindros é 1-3-5-7-9-2-4-6-8, o terceiro eletrodo na ordem de centelhamento do magneto servirá o cilindro N° 5. Nas instalações onde o magneto e o rotor do distribuidor são combinados em um único conjunto, a lingueta do distribuidor será ajustada na revisão ou na fabricação. Nos motores onde o distribuidor está separado do magneto, o distribuidor assim como o magneto, deve ser manualmente ajustado para o cilindro na apropriada distribuição de alta tensão.

### **Ventilação do Magneto e Distribuidor**

Uma vez que o magneto e o conjunto distribuidor são submetidos a rápidas mudanças de temperatura, os problemas de condensação e umidade são levados em consideração no projeto dessas unidades.

A umidade, em qualquer situação, é um bom condutor de eletricidade e, se absorvida pelos materiais não condutores do magneto, como o bloco distribuidor, lingueta, e carcaças das bobinas, pode criar uma fuga na condução elétrica.

A corrente de alta tensão que normalmente flui pelos vãos de ar do distribuidor pode passar por uma superfície isoladora molhada para a massa, ou pode ser má orientada para alguma vela que não deveria ser ativada. Esta condição é chamada de "flashover" e, normalmente, resulta em explosão de cilindro fora de sequência. Por esta razão, bobinas, condensadores, distribuidores e rotores são encerados de forma a reter a umidade em gotas isoladas, e não formando um circuito completo que permita o "flashover" (arco).

Esse arco pode carbonizar os contatos, os quais tomam a aparência de uma fina linha de lápis na unidade onde ocorreu o arco. A trilha de carbono é o resultado das partículas de poeira queimadas pela centelha que contém hidrocarbono.

A água no material hidrocarbonado é evaporada durante o arco, deixando o carbono formar uma passagem condutora de corrente. E mesmo quando a umidade não se faz presente, a centelha continua a seguir a trilha para a massa.

Os magnetos não podem ser hermeticamente fechados para evitar a entrada de umidade, pois estão sujeitos a mudanças de pressão e temperatura em altitude.

Entretanto, drenos adequados e apropriada ventilação, reduzem a tendência ao arco e à carbonização.

Boa circulação de ar no magneto também garante que os gases produzidos pelo arco normal, através dos vãos do distribuidor, sejam eliminados para o exterior.

Em algumas instalações, a pressurização de várias partes do sistema de ignição é essencial para manter uma elevada pressão absoluta e eliminar o arco.

Independentemente do método de ventilação empregado, os respiros ou válvulas devem ser mantidos livres de obstrução.

Além disso, a circulação de ar através dos componentes do sistema de ignição deve estar livre do óleo, uma vez que, mesmo em pequena quantidade nas unidades, resulta em formação de arco e carbonização nas mesmas.

### **Cabos de Ignição**

Os cabos de ignição possuem um fio isolado para cada cilindro que o magneto supre no motor. Uma extremidade de cada fio é conectada ao bloco distribuidor, e a outra é conectada à vela apropriada. O cabo de ignição tem um duplo propósito, ele suporta os fios e os protege de danos devido ao aquecimento do motor, vibração ou chuva e também

serve como um condutor para campos magnéticos desviados, que circundam os fios enquanto estão carregados momentaneamente com corrente de alta voltagem.

Através da condução destas linhas de força magnética à massa, os cabos de ignição eliminam a interferência elétrica com o rádio e outro equipamento sensível.

Quando o rádio e outro equipamento elétrico são protegidos desta maneira, diz-se que a fiação do cabo de ignição está protegida por blindagem. Sem essa blindagem, a rádio comunicação se tornaria virtualmente impossível.

Um tipo comum de cabo de ignição é um tubo, com várias ligações para fixar em volta do cárter do motor com extensões flexíveis terminando em cada ignitor. Um típico cabo de ignição de alta tensão é mostrado na figura 4-10.

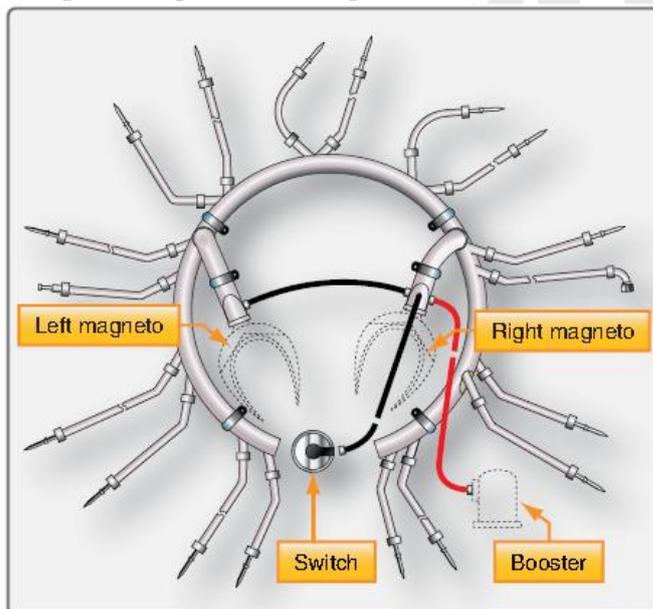


Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-10 Cablagem de ignição de alta tensão e plug para a vela.

Outro tipo é conhecido como tipo vedado ou enxertado. Um cabo desse tipo tem os fios de ignição colocados em uma tubulação anular, de maneira que cada extremidade do fio termine na saída da tubulação. Este conjunto é então enchido com uma gelatina isoladora que elimina atrito e condensação da umidade.

Cabos de ignitores separados são fixados às saídas da tubulação. Desta maneira, é possível recondicionar a extremidade do cabo do ignitor, evitando, assim, a substituição da cablagem completa entre o ignitor e o distribuidor.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-11 Cabos de ignição de motores de 9 cilindros com acessórios montados.

Em instalações onde os magnetos são montados na seção de acessórios do motor, dois conduítes flexíveis e longos, cada um contendo metade dos fios de ignição, levam da extremidade oposta até o ponto onde são conectados ao magneto (veja figura 4-11). Neste tipo de cablagem, os

fios de ignição são contínuos desde o bloco do distribuidor até a vela. Se houver algum problema, o cabo inteiro deve ser substituído.

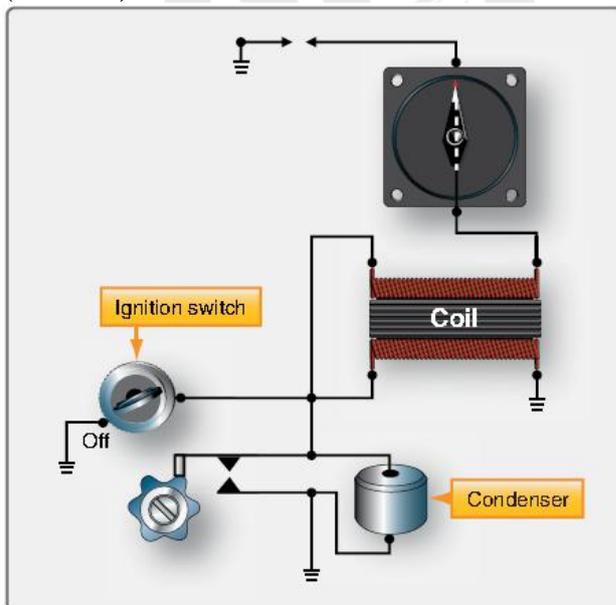
## Interruptores de Ignição

Todas as unidades do sistema de ignição de um avião são controladas por um interruptor localizado na cabine de comando.

O tipo de interruptor utilizado varia com o número de motores instalados no avião e o tipo de magneto utilizado. Todos os interruptores, entretanto, ligam e desligam o sistema da mesma maneira.

O interruptor de ignição se diferencia em pelo menos um aspecto de todos os outros tipos de interruptores, no fato de que, quando o interruptor é posicionado para "OFF", um circuito é fechado através dele para a massa. Em outros interruptores elétricos, a posição "OFF", normalmente abre o circuito.

O interruptor de ignição tem um terminal conectado ao circuito elétrico primário, entre a bobina e os platinados. O outro terminal do interruptor é conectado à massa do avião (estrutura).



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-12 Chave típica de ignição na posição desligada.

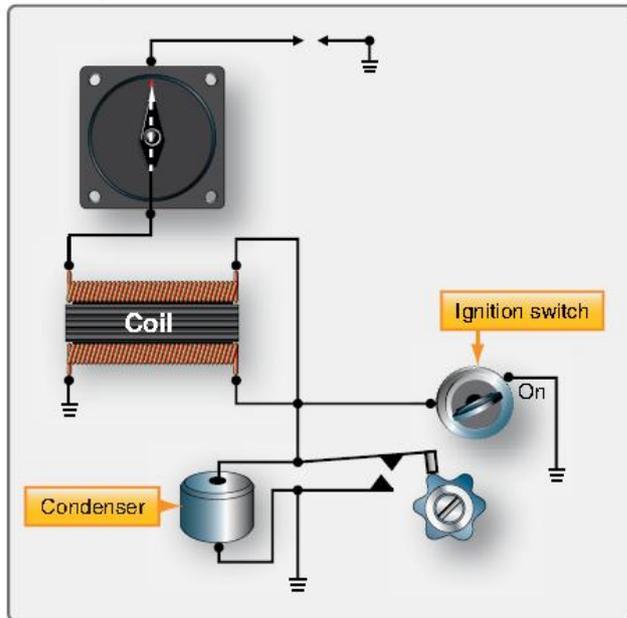
Como mostra a figura 4-12, as duas maneiras de completar o circuito primário são: (1) através do platinado fechado para a massa; ou (2) através do interruptor de ignição fechado para a massa.

Na figura 4-12, pode ser visto que a corrente primária não fica interrompida quando os contatos se abrem desde que haja um caminho mais curto para a massa através do interruptor fechado (off).

Uma vez que a corrente primária não está interrompida quando os pontos de contato abrem (figura 4-12), não poderá haver repentino colapso do campo magnético da bobina primária, e nenhuma alta voltagem induzida na bobina secundária para a queima da vela. À medida que o magneto gira, passando pela posição folga "E", ocorre uma queda gradual do campo magnético primário. Mas essa queda ocorre tão lentamente, que a tensão induzida é muito baixa para que ocorra centelha na vela. Portanto, quando o interruptor está na

posição "OFF" (fechado), os pontos de contato estão completamente curto-circuitados, como se tivessem sido removidos do circuito e o magneto fica inoperante.

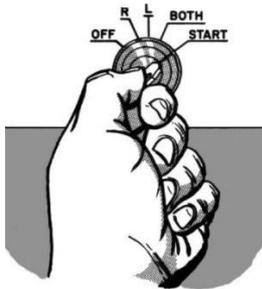
Quando o interruptor de ignição é colocado na posição "ON" (aberto), como mostrado na figura 4-13, o interruptor de corrente primária e o rápido colapso do campo magnético da bobina primária são novamente controlados pela abertura do platinado. Quando o interruptor está na posição "ON", o mesmo não tem absolutamente efeito algum no circuito primário.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-13 Chave típica de ignição na posição ligada.

Muitos sistemas de ignição de aviões monomotores empregam um sistema de duplo magneto, no qual o magneto direito fornece a centelha elétrica para as velas dianteiras em cada cilindro, e o esquerdo supre as velas traseiras. Um interruptor é utilizado para controlar ambos os magnetos. Um exemplo deste tipo é mostrado na figura 4-14.



Fonte: *avstop.com*

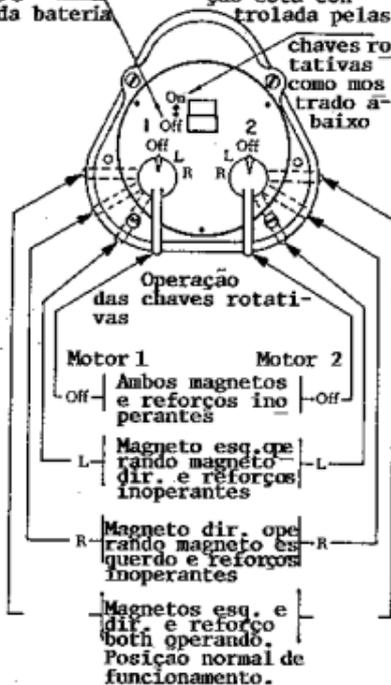
Figura 4-14 Posição da seletora para uma chave de ignição que controla dois (2) magnetos.

Este interruptor possui 4 posições: "desligado", "esquerdo", "direito" e "ambos". Na posição "desligado", ambos os magnetos estão aterrados, portanto, ficam inoperantes.

Quando a chave central está desligada ("OFF") todos os magnetos dos motores (1 e 2) estão inoperantes (ligados a massa) e o circuito da bateria aberto.

Quando a chave central está ligada ("on") o circuito da bateria está ligado e a ignição está controlada pelas

chaves rotativas como mostrado abaixo



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA - [www.maam.org](http://www.maam.org)

Figura 4-15 Chave de magneto para um avião bimotor.

Quando o interruptor é colocado na posição "esquerda", somente o magneto esquerdo funciona, na posição "direita", somente o direito funciona, e na posição "ambos", os dois magnetos funcionam.

As posições "direita" e "esquerda" são usadas para testar sistemas de ignição dupla, permitindo o desligamento de um sistema de cada vez.

A figura 4-14 também se refere ao circuito do sistema de ignição por bateria, que será discutido como unidade auxiliar de ignição na próxima seção.

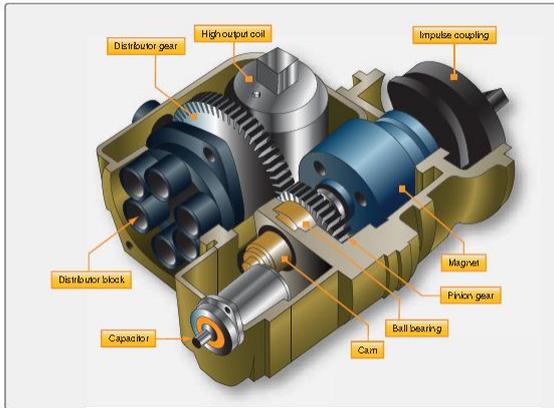
Muitos interruptores de bimotores fornecem ao operador controle independente de cada magneto em um motor, pela rotação dos interruptores em cada lado do interruptor de ignição.

Em adição, um interruptor "master" de alavanca é geralmente incorporado para dar massa a todos os magnetos primários. Então, em uma emergência, toda ignição para ambos os motores (quatro magnetos primários) pode ser cortada pelo movimento desse interruptor (figura 4-15).

### Magnetos com Sistema Simples e Duplo de Alta Tensão

Magnetos em sistema de alta tensão, usados em motores radiais, são do tipo simples ou duplo.

O projeto do magneto simples incorpora o distribuidor no alojamento com o conjunto de contatos, ímã rotativo e bobina.

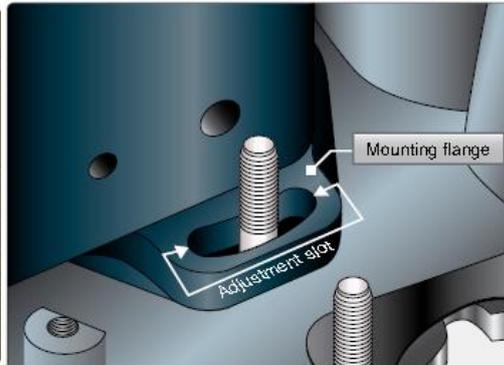


Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA Evandro Ferreira

O magneto duplo incorpora dois magnetos em um alojamento. Um ímã rotativo e um "came" são comuns para dois jogos de platinados e bobinas. Duas unidades do distribuidor são montadas no motor, separadas do magneto.

### Sistemas de Montagem do Magneto

Os magnetos do tipo simples podem ser projetados para montagem em base ou flange. Os de tipo duplo são todos montados em flange. Os magnetos montados em base são presos em um suporte no motor. Magnetos montados em flanges são presos ao motor por um flange, em redor da extremidade acionadora do eixo rotativo do magneto. Fendas alongadas no flange de montagem permitem ajuste através de um alcance limitado, que auxilia na regulagem do magneto para o motor.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Exemplo de magneto duplo e fenda de ajuste

### Sistema de Magneto de Baixa Tensão

O sistema de ignição de alta tensão foi usado por mais de meio século. Muitas melhorias no projeto têm sido feitas, mas certamente problemas fundamentais permanecem e outros se intensificaram, como:

- 1) O aumento do número de cilindros por motor;
- 2) A exigência de que todas as aeronaves equipadas com rádio tenham seus cabos de ignição blindados;
- 3) A tendência favorável a todas as condições de intempéries;

4) O aumento de operações em elevadas altitudes.

Sistemas de baixa tensão foram desenvolvidos para resolverem esses problemas.

Eletronicamente, o sistema de baixa tensão é diferente do sistema de alta tensão.

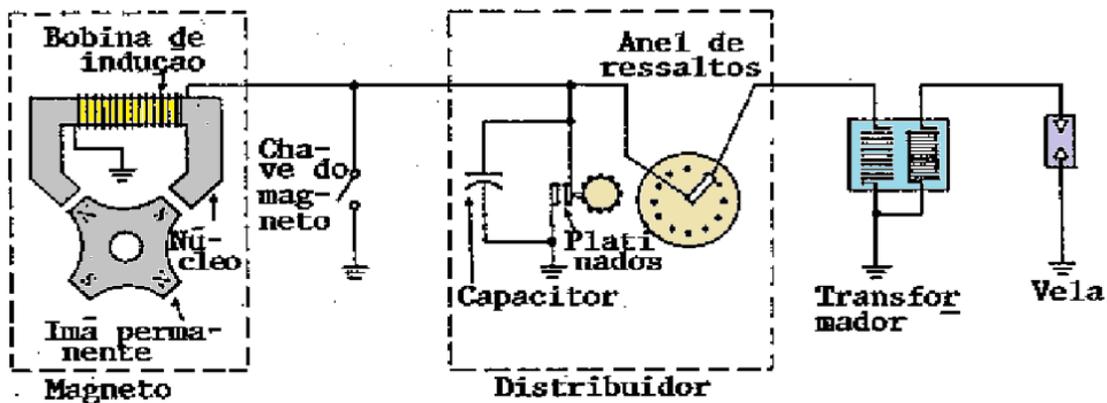
No primeiro, a tensão é gerada no magneto e flui para o enrolamento primário de uma bobina do transformador, localizado próximo da vela. Lá, a tensão é aumentada pela ação do transformador e conduzida para a vela pelos cabos muito curtos de alta tensão.

A figura 4-16 é um esquema simplificado de um sistema típico de baixa tensão.

O sistema de baixa tensão elimina centelha tanto no distribuidor como na cablagem, pois o vão dentro do distribuidor foi eliminado pelo uso de outro distribuidor tipo escova, e a alta tensão está presente somente em cabos curtos entre o transformador e a vela.

Apesar de certa quantidade de fuga elétrica ser característica de todos os sistemas de ignição, ela se manifesta mais em instalações de rádio blindagem, pois o conduíte metálico está aterrado e envolve os cabos de ignição em toda a sua extensão.

Em sistemas de baixa tensão, essa fuga é reduzida consideravelmente, porque a corrente através da maior parte do sistema é transmitida em um potencial de baixa tensão. Apesar dos cabos entre as bobinas do transformador e as velas serem curtos, eles são condutores de alta tensão, estando sujeitos às mesmas falhas que ocorrem em sistemas de alta tensão.



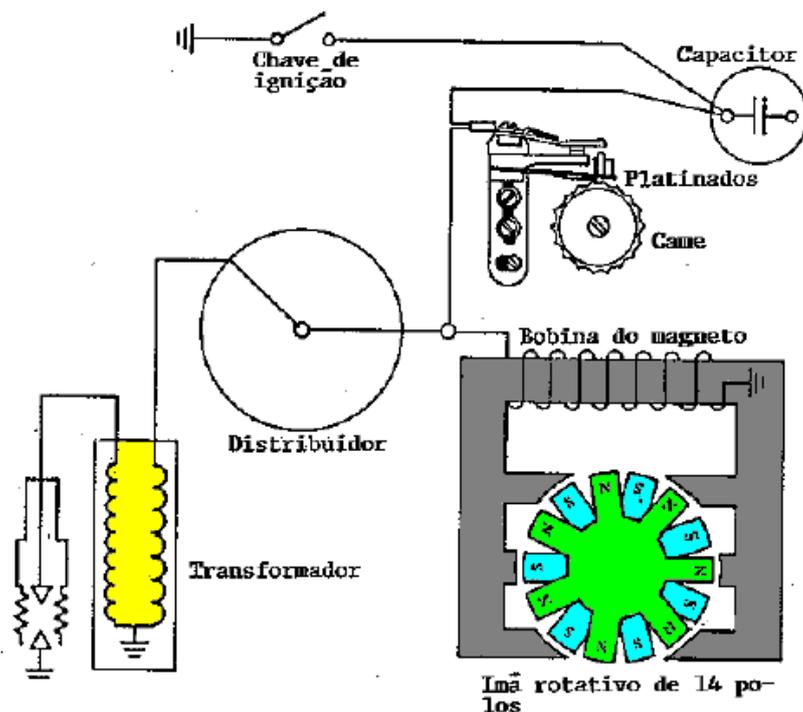
Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-16 Esquema simplificado do sistema de ignição de baixa tensão.

### Operação do Sistema de Ignição de Baixa Tensão

O circuito magnético de um típico sistema de magneto de baixa tensão consiste em um ímã permanente rotativo, sapatas e o núcleo da bobina (figura 4-17). O ímã cilíndrico é constituído com 7 peças de uma polaridade, decaladas com 7 peças de polaridade oposta.

Quando o ímã é inserido no circuito magnético da figura 4-17, com 3 dos polos norte do ímã perfeitamente alinhados com as sapatas, o fluxo magnético estático máximo é produzido da direita para esquerda no núcleo da bobina.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-17 Sistema de baixa tensão usando ímã rotativo de 14 polos.

Quando o ímã é girado no sentido horário até que os polos adjacentes se alinhem com as sapatas, o fluxo magnético no núcleo da bobina terá diminuído de um máximo para zero em uma direção, e então aumentado para um máximo na direção oposta. Isso constitui um fluxo reverso.

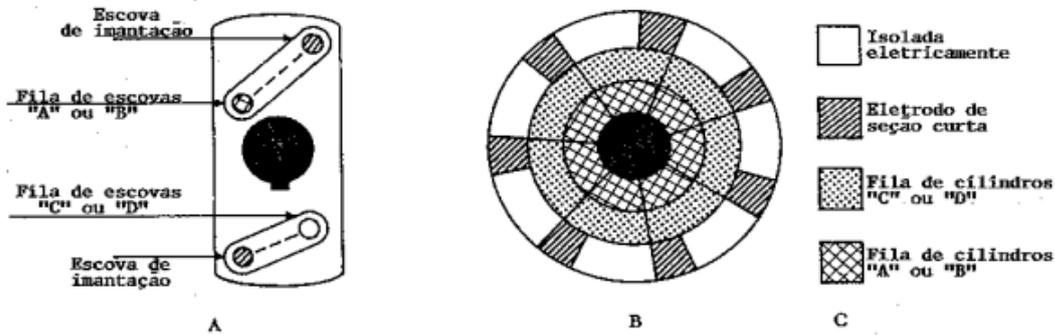
Catorze desses fluxos reversos ocorrem durante cada rotação do ímã, ou sete, para cada rotação do eixo de manivela do motor.

A produção de tensão na bobina do magneto de baixa tensão ocorre da mesma maneira como no circuito magnético primário de um magneto de alta tensão.

### Distribuidor do Sistema de Baixa Tensão

Cada pulso de corrente produzido pelo magneto de baixa tensão é direcionado para várias bobinas de transformador na adequada ordem de fogo, através do distribuidor do tipo escova (figura 4-18). O conjunto do distribuidor consiste em uma peça giratória, chamada de escova do distribuidor, e uma peça estacionária, chamada de bloco do distribuidor.

O rotor (figura 4-18A) tem duas partes separadas das escovas do distribuidor, que percorrem nos 3 trilhos concêntricos do bloco do distribuidor (figura 4-18B).



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-18 Distribuidor do tipo escova para um sistema de magneto de baixa tensão.

Esses trilhos são divididos em sete segmentos, cada qual isolado eletricamente um do outro.

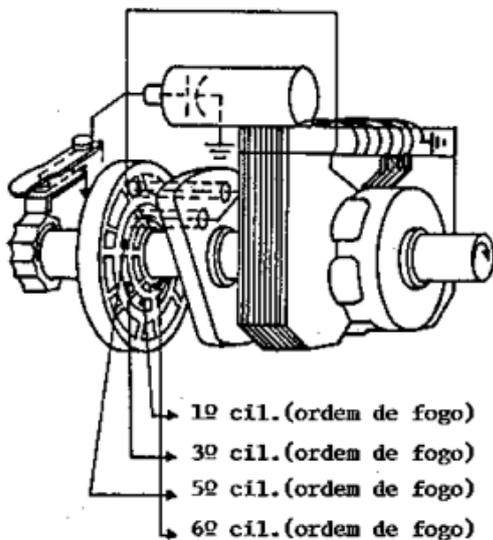
O trilho externo consiste em uma série de seções de eletrodos alternados, longos e curtos. Essas sete longas seções de eletrodos do trilho externo são eletricamente isoladas, e servem somente para prover uma contínua passagem próxima às escovas do distribuidor.

A corrente de baixa tensão do magneto entra no distribuidor através de um fio, conectado em uma das curtas seções de eletrodo do trilho externo.

Uma vez que todas as curtas seções de eletrodos, apesar de separadas pelas seções isoladas eletricamente, estão conectadas juntas internamente, cada uma tem a tensão da bobina do magneto impressa sobre ela.

O rotor do distribuidor possui escovas de imantação (figura 4-18A), uma em cada extremidade do rotor. A escova de imantação inferior é eletricamente conectada à fileira de escova "D" ou "C", que percorre os trilhos intermediários do bloco do distribuidor (figura 4-18A, B e C).

Quando o platinado abre, a corrente da bobina do magneto está disponível no eletrodo de seção curta do trilho externo (figura 4-19). Nesse instante, somente uma das escovas de imantação do rotor do distribuidor está num eletrodo de seção curta, a outra escova de imantação está numa seção, que é isolada eletricamente do mesmo trilho.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-19 Operação do distribuidor do tipo escova.

A escova no eletrodo de seção curta capta a corrente da bobina do magneto, direcionando-a para uma seção do trilho intermediário. Se o magneto for o de N° 1 (R-1 ou L-1), o trilho intermediário servirá os sete cilindros na fila "D", se for o N° 2 (R-2 ou L-2), esse trilho servirá os sete cilindros da fila "C" (figura 4-18).

Similarmente, o lado interno do trilho serve os sete cilindros da fila "B" - se ele for um magneto N° 1, ou os sete cilindros da fila "A" se ele é um magneto N° 2. Desde que cada seção de eletrodo do lado interno e intermediário dos trilhos sejam conectados a uma bobina transformadora separada, a escova do distribuidor rotativo determina qual bobina do transformador recebe o pico de corrente autoinduzida.

Em operação, cada magneto servirá primeiro a um cilindro de uma fileira, e em seguida um cilindro na outra. Por exemplo, na figura 419, o transformador do 5° cilindro, na ordem de fogo, está recebendo o pico de corrente autoinduzida. O transformador seguinte ao receber um pico de corrente na ordem de centelhamento do magneto será o sexto cilindro, o qual é servido por uma seção de eletrodo nos trilhos internos.

A sexta bobina do transformador na ordem de centelhamento do magneto, é energizada à medida que a escova de imantação para o lado interno do trilho se move no sentido horário de uma seção isolada eletricamente, e no próximo eletrodo de seção curta. A corrente é captada do lado externo do trilho, e direcionada para a seção do eletrodo do trilho interno, que alimentará o transformador para o sexto cilindro na ordem de centelhamento.

Enquanto a bobina do transformador do sexto cilindro está recebendo seu pico de corrente, a escova de imantação para o trilho intermediário está numa seção isolada do lado externo, e não interfere com o fluxo do pico de corrente autoinduzido. Como a escova do distribuidor continua no sentido horário, a escova de imantação para o lado interno do trilho se movimenta para uma seção isolada eletricamente. Ao mesmo tempo, a escova de imantação para o trilho intermediário se movimenta para um eletrodo de seção curta, e entrega o pico de corrente ao transformador, servindo o sétimo cilindro na ordem de centelhamento do magneto. A corrente relativamente baixa autoinduzida deixa o distribuidor através das cablagens para o transformador. Os fios são conectados no tubo circular de ignição por um "plug".

Para este sistema de magneto existem 60 cabos dentro do tubo circular de ignição. Quatro cabos (um para cada um dos quatro magnetos) correm do interruptor de ignição ao terminal no "plug", conectado aos do interruptor de ignição.

Os outros 56 cabos conectam as seções do eletrodo do distribuidor, do lado interno e intermediário do trilho de quatro magnetos, às bobinas primárias dos transformadores das velas. A corrente da bobina secundária do transformador é conduzida a vela por um curto cabo de alta tensão blindado.

Os magnetos de baixa tensão são desligados e ligados da mesma maneira que os sistemas de alta tensão são controlados, isto é, por um interruptor conectado ao fio-massa do circuito da bobina do magneto.

Quando o interruptor é fechado (posição desligada), uma passagem de baixa resistência direcionada para a massa é alcançada para a bobina do magneto, se os platinados estiverem abertos ou fechados.

Como o interruptor de ignição fechado provê um caminho de baixa resistência para a massa, a corrente na bobina do magneto não é direcionada para a bobina primária do transformador. Ao contrário, a corrente é curto circuitada pelo caminho do interruptor de ignição fechado.

## 1.4 UNIDADES AUXILIARES DE IGNIÇÃO

Durante a partida do motor, a saída de cada magneto, de alta ou baixa tensão, é baixa porque a velocidade de partida do motor também o é. Isto é aceitável quando os fatores que determinam a quantidade de tensão induzida em um circuito são considerados.

Para aumentar o valor de uma tensão induzida, a força do campo magnético deve ser aumentada pelo uso de um ímã mais poderoso, pelo aumento do número de voltas na bobina, ou aumentando a razão de movimento relativo entre o ímã e o condutor.

Uma vez que a força de rotação do ímã, e o número de voltas na bobina, são fatores constantes em ambos os sistemas de ignição por magneto de alta ou baixa tensão, a tensão produzida depende da velocidade com que o ímã gira. Durante a partida do motor, o ímã é girado a aproximadamente 80 RPM.

Uma vez que o valor da tensão induzida é muito baixo, uma centelha não pode saltar a fenda no ignitor.

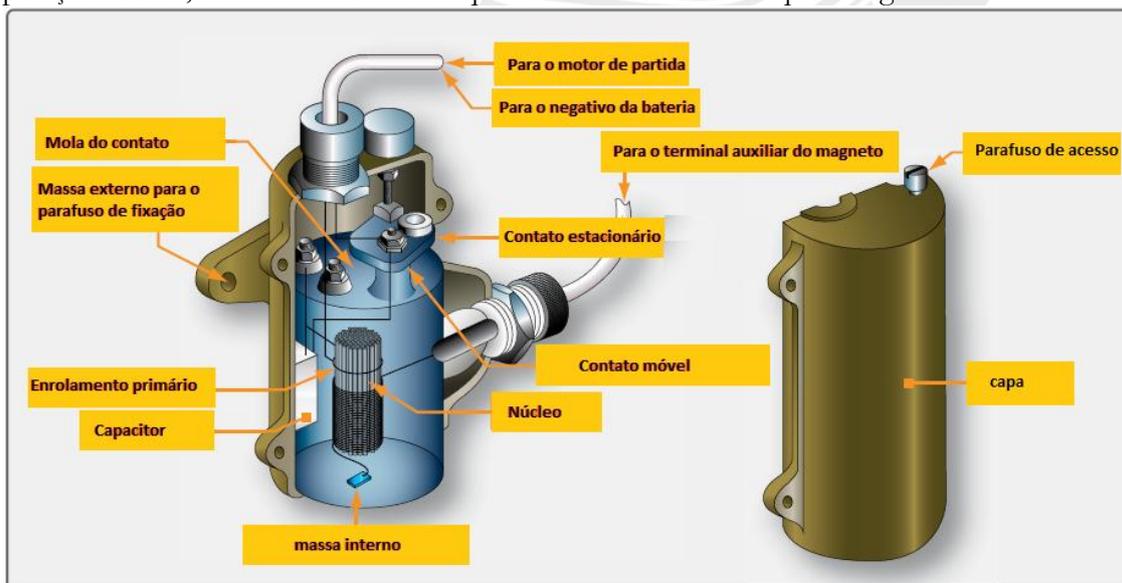
Então, para facilitar a partida do motor, um dispositivo auxiliar é conectado ao magneto para suprir a alta tensão de ignição.

Ordenadamente, essas unidades auxiliares de ignição são energizadas pela bateria, e conectadas ao magneto direito, ou distribuidor. Os sistemas de partida dos motores alternativos, normalmente, incluem um dos seguintes tipos de sistemas auxiliares: dínamo, vibrador de indução (algumas vezes chamado vibrador de partida), acoplamento de impulso, e vibrador de sistemas de partida.

### Dínamo

O conjunto dínamo (figura 4-20) consiste em duas bobinas enroladas em torno de um núcleo de ferro doce, um jogo de contatos, e um condensador.

O enrolamento primário possui um de seus terminais aterrado por meio de uma tira interna, e outro terminal conectado ao contato móvel. O contato fixo é provido de um terminal, onde é aplicada a tensão da bateria quando a chave do magneto é colocada na posição "start", ou automaticamente quando o motor de arranque é engatado.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-20 Dínamo.

A bobina secundária, a qual contém inúmeras vezes mais quantidade de voltas que a primária, possui também um de seus terminais aterrado por meio de uma tira interna, porém o outro está conectado com um terminal de alta tensão. O terminal de alta tensão está conectado para um eletrodo no distribuidor por meio de um cabo de ignição.

Uma vez que o terminal regular do distribuidor está aterrado através das bobinas primária ou secundária de um magneto de alta tensão, a alta tensão fornecida pelo dínamo deve ser distribuída por um circuito separado no rotor do distribuidor. Isso é obtido pelo uso de dois eletrodos em um único rotor.

O eletrodo principal, ou lingueta, descarrega a tensão do magneto e o eletrodo auxiliar distribui somente a descarga do dínamo. O eletrodo auxiliar está constantemente localizado como se fosse a cauda do eletrodo principal, dessa forma retardando a centelha durante o período de partida.

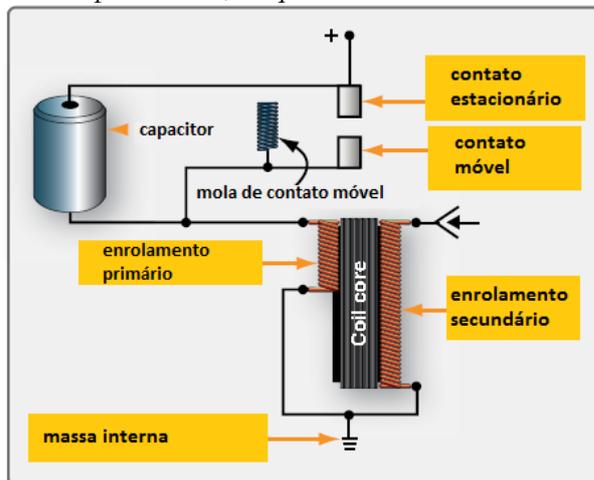
A figura 4-21 ilustra, de forma esquemática, os componentes do dínamo mostrado na figura 4-20. Em operação, a tensão da bateria é aplicada para o terminal positivo (+) do dínamo através da chave de partida. Isto causa um fluxo de corrente através dos contatos fechados (figura 4-21) para a bobina primária e a massa.

Esta corrente, fluindo através da bobina primária, produz um campo magnético sobre a bobina, magnetizando o seu núcleo.

Quando o núcleo se encontra magnetizado, ele atrai o contato móvel, o qual se encontra normalmente mantido contra o contato fixo por mola.

Quando o contato móvel é atraído pelo núcleo de ferro, o circuito primário é aberto, levando ao colapso o campo magnético da bobina e, conseqüentemente, o do núcleo.

Já que o núcleo atua como um eletroímã somente quando flui corrente pela bobina primária, ele perde seu magnetismo no momento em que ocorre a abertura dos contatos. Isso permite que a mola torne a fechar os contatos e, novamente, complete o circuito da bobina primária que por sua vez, remagnetiza o núcleo, atraindo o contato móvel, o qual novamente abre o circuito da bobina primária. Essa ação faz com que o contato móvel vibre rapidamente, enquanto for mantida a chave de partida na posição fechado ("on").



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-21 Esquema do dínamo.

O resultado desta ação é uma contínua expansão e retração (colapso) do campo magnético, transmitindo para a bobina secundária do dínamo. Como a bobina secundária possui muito mais espiras que a primária, a tensão induzida resultante dessas linhas de força sobre a bobina secundária é altíssima, o suficiente para o sistema de ignição do motor.

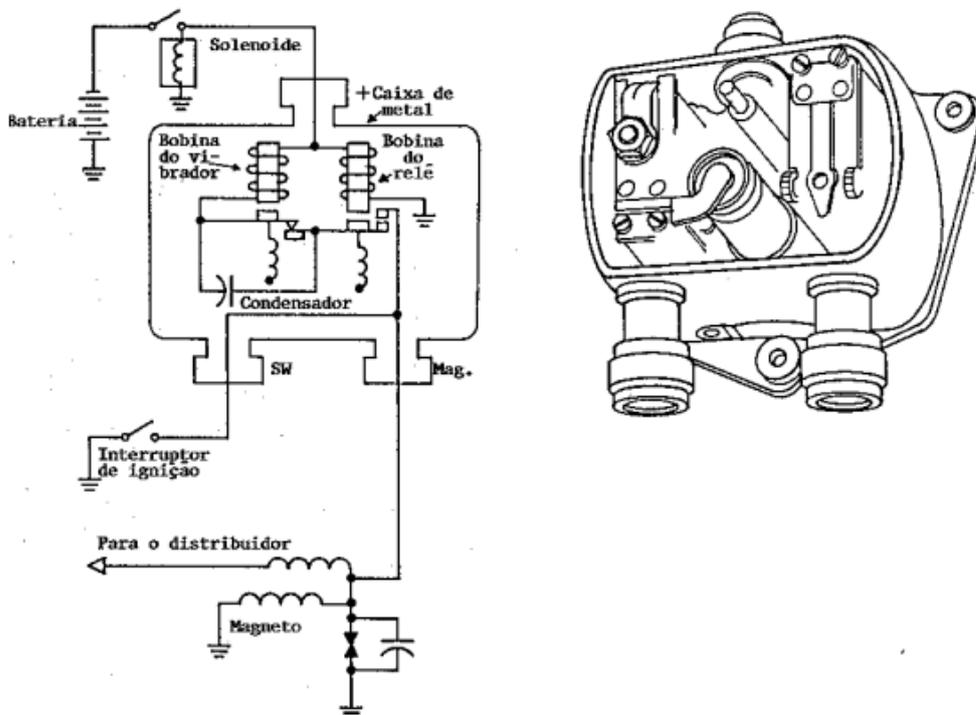
O condensador (figura 4-21), o qual está conectado através dos contatos, tem uma importante função no circuito.

Como o fluxo de corrente na bobina primária é interrompido pela abertura dos contatos, a alta tensão autoinduzida, que acompanha cada colapso do campo magnético, é absorvida pelo condensador.

Sem o condensador, ocorreria um arco através dos contatos a cada colapso do campo magnético. Isso poderia queimar e provocar covas nos contatos, reduzindo brutalmente a tensão de saída do dínamo.

### Vibrador de Indução

O vibrador de indução (ou vibrador de partida) mostrado na figura 4-22 consiste em um vibrador operado eletricamente, um condensador e um relé. Essas unidades estão montadas em uma base, e estão envolvidas por uma carcaça metálica.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-22 Vibrador de indução.

O vibrador de partida, ao contrário do dínamo, não produz a alta tensão de ignição dentro de si.

A sua função é transformar a corrente contínua da bateria em corrente pulsante e fornecê-la para a bobina primária do magneto. Também funciona como um relé, desconectando o circuito auxiliar quando esse não estiver em uso.

Como mostrado na figura 4-22, o terminal positivo do vibrador de partida está conectado ao circuito solenoide de acoplamento do arranque.

Fechando a chave, o solenoide de acoplamento é energizado, permitindo a circulação de corrente através da bobina do relé para a massa. Ao mesmo tempo, a corrente flui através da bobina do vibrador e pelos seus contatos. Uma vez que a corrente flui através da bobina

do relé estabelece um campo magnético que atrai e fecha os contatos do relé, o circuito vibrador é agora completado para o magneto.

A trajetória da corrente elétrica da bateria consumida pelo magneto é determinada pela posição do platinado primário, se os mesmos estiverem fechados, a corrente flui através deles para a massa, se estiverem abertos, a corrente flui através da bobina primária para a massa.

O fluxo de corrente na bobina do vibrador produz um campo magnético que atrai e abre os contatos do vibrador. Quando esses contatos abrem, a circulação de corrente é interrompida e o campo magnético que estava atraindo o contato móvel desaparece. Isso permite que os contatos do vibrador fechem e, novamente, conduzam a corrente da bateria através da bobina do vibrador, completando um ciclo de operação. Este ciclo, entretanto, ocorre várias vezes por segundo, tão rapidamente que os contatos do vibrador produzem um audível "buzz".

Cada vez que os contatos do vibrador fecham, flui corrente para o magneto. Se o interruptor primário está fechado, quase toda a corrente da bateria passa para a massa através deles, e pequena corrente passa pela bobina primária.

Deste modo, uma carga desprezível fluirá pela bobina primária.

Quando os pontos de contato do interruptor do magneto abrem, a corrente que antes passava por esses pontos agora segue direto através da bobina primária para a massa. Uma vez que essa corrente é interrompida muitas vezes por segundo, o campo magnético resultante é ligado e interrompido, através das bobinas primária e secundária do magneto, na mesma ordem. A rápida sucessão de voltagens distintas induzidas na bobina secundária produz uma "chuva" de centelhas, através dos polos da vela de ignição selecionada.

A sucessão de voltagens distintas é distribuída através da saída de um distribuidor principal para várias velas de ignição, porque os pontos de contato do interruptor armam no mesmo instante em que o magneto está gerando a sua voltagem. O sistema de ignição que utiliza um vibrador por indução não possui provimentos para retardo de centelha, portanto, ele não possui um eletrodo guia auxiliar no distribuidor.

Quando se dá a partida num motor equipado com um vibrador indutivo, o interruptor de ignição pode ser mantido desligado até que o motor de partida tenha girado a hélice pelo menos uma volta.

Então, enquanto a hélice é mantida girando, o interruptor de ignição pode ser ligado. Se essa precaução não for observada, um impacto contrário no motor será o provável resultado da ignição antes da correta RPM de partida. Depois que a hélice tiver completado pelo menos uma volta, produzirá um momento suficiente para evitar o impacto contrário.

Tão logo o motor inicia o disparo e o interruptor de partida é liberado, e o circuito elétrico da bateria para o vibrador indutivo é aberto.

Quando a corrente da bateria é cortada do vibrador indutivo, os contatos do relé se abrem e interrompem a conexão entre o vibrador de indução e o magneto.

Essa conexão deve ser interrompida para evitar que o magneto fique fora do aterramento do relé da bobina.

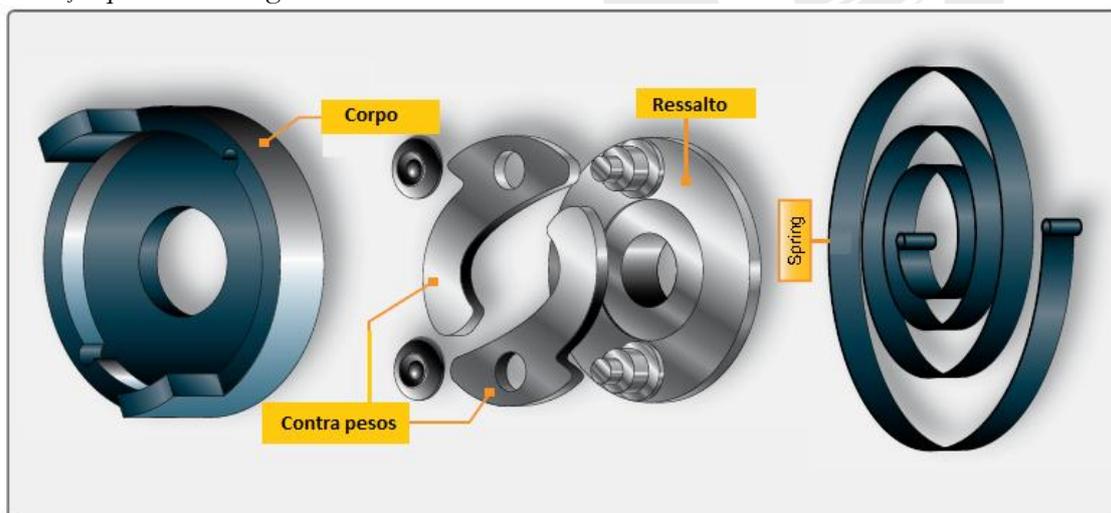
Se os contatos do relé do vibrador indutivo não abrirem quando a corrente da bateria for cortada, a corrente primária do magneto não poderá ser interrompida quando os contatos abrirem, ao invés disso, a corrente primária pode fluir através do relé e dos contatos do vibrador indutivo, e então para o terra através da bobina do relé.

Nesse caso, o magneto estaria inoperante como se o interruptor de ignição estivesse em "OFF".

## Acoplamento de Impulso

Motores que possuem um pequeno número de cilindros, algumas vezes são equipados com um acoplamento de impulso. Essa é uma unidade que, durante a produção da centelha, pega um dos magnetos ligados ao motor numa breve aceleração e produz uma centelha quente para a partida.

Esse dispositivo consiste em pequenos contrapesos e um conjunto de molas, localizados na carcaça que fixa o magneto ao eixo de acessórios.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

O magneto é flexivelmente conectado através do acoplamento de impulso por meio de molas que, durante a baixa velocidade do magneto, é temporariamente mantido enquanto o eixo de acessórios é girado até que o pistão chegue aproximadamente ao ponto morto alto. Nesse ponto, o magneto é liberado e a mola retorna a posição original, resultando em um rápido retorno na rotação do magneto. Sendo equivalente à alta rotação do magneto, produzindo uma faísca quente.

Depois que o motor der a partida e o magneto alcançar uma velocidade suficiente para produzir corrente, os contrapesos no acoplamento voam devido à força centrífuga e bloqueiam os dois membros de acoplamento juntos. Isso torna a unidade sólida, retornando o magneto para a condição de sincronia relativa ao motor.

A presença do acoplamento de impulso pode ser identificada por meio de um curto estalo, quando o eixo de manivelas é girado até que a velocidade dos cilindros se estabilize após o ponto morto alto em cada cilindro.

O uso do acoplamento de impulso produz forças de impacto no magneto, partes acionadas do motor e várias partes das unidades acopladas.

Muitas vezes os contrapesos ficam magnetizados e não engatam os pinos batentes, e o óleo congelado durante o tempo frio produz o mesmo resultado.

Outra desvantagem do acoplamento de impulso é que esse pode produzir somente uma centelha por cada ciclo de movimento do cilindro.

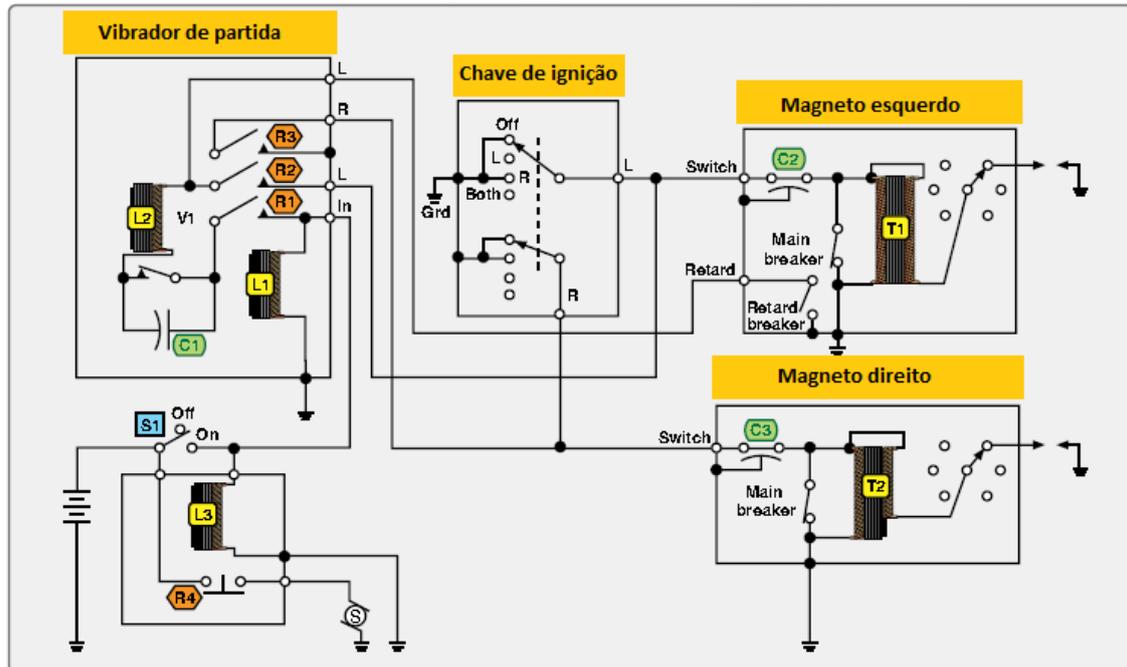
Essa é uma desvantagem, especialmente durante condições adversas de partida.

## Vibrador Interruptor de Retardo de Alta Tensão

O magneto interruptor de retardo e o sistema vibrador de partida são usados como parte do sistema de alta tensão na maioria das aeronaves pequenas. Projetado para sistemas de ignição de quatro ou seis cilindros, o magneto interruptor de retardo elimina a necessidade de um acoplamento de impulso em pequenas aeronaves. Esse sistema usa um interruptor adicional para obter o retardo da centelha para a partida.

O vibrador de partida é também adaptado para muitos sistemas de ignição de helicóptero.

O esquema do diagrama de um sistema de ignição, usando o magneto interruptor de retardo e o conceito de vibrador de partida, é mostrado na figura 4-23.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-23 Circuito vibrador de partida e magneto interruptor de retardo de alta tensão.

Com o seletor do magneto na posição "ambos" (figura 4-23), e o interruptor de partida S1 ligado, o solenoide de partida L3 e a bobina L1 são energizados, fechando os contatos R4, R1, R2 e R3 do relé.

R3 liga o magneto direito ao aterramento, mantendo esse inoperante durante a operação de partida. A Corrente elétrica flui da bateria através de R1, pontos V1 do vibrador, bobina L2, através de ambos os pontos do interruptor de retardo, e através de R2 e o contato principal do interruptor do magneto esquerdo para a massa.

A bobina L2 energizada abre os contatos V1 do vibrador, interrompendo o fluxo de corrente através de L2. O campo magnético de L2 interrompe bruscamente, e os contatos V1 do vibrador fecham novamente. Uma vez mais, corrente flui através de L2, e novamente os contatos V1 do vibrador abrem. Este processo é repetido continuamente, e o fluxo de corrente interrompido da bateria flui para o aterramento, através dos contatos do interruptor principal e de retardo do magneto esquerdo.

Desde que o relé R4 é fechado, o motor de partida é energizado e o eixo do motor começa a girar. Quando o motor atinge sua posição normal de ignição, os contatos do interruptor principal do magneto esquerdo abrem.

A interrupção momentânea de corrente do vibrador pode manter um caminho para o aterramento através dos contatos do interruptor de retardo, que não abrem até que a posição de retardo do motor seja atingida. Nesse ponto do movimento do eixo de partida, os contatos de retardo abrem. Uma vez que os contatos do interruptor principal são mantidos abertos, a bobina primária do magneto não fica em curto prolongado, e a corrente produz um campo magnético através de T1.

Cada vez que os contatos V1 do vibrador abrem, o fluxo de corrente é interrompido. O campo interrompido através de T1 corta através da bobina secundária do magneto, e induz uma interrupção de energia de alta voltagem, usada para produzir centelha na vela de ignição.

Desde que os contatos V1 são abertos e fechados rápida e continuamente, uma chuva de centelhas é fornecida aos cilindros quando os contatos dos interruptores principais e de retardo são abertos.

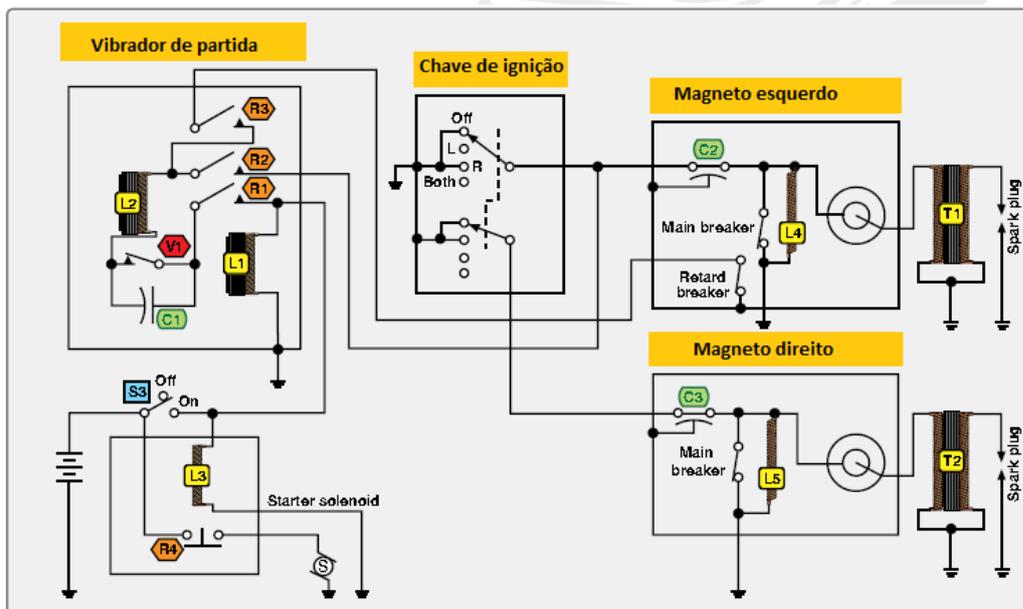
Depois que o motor inicia a aceleração, o interruptor de partida manual é liberado, causando a desenergização de L1 e L3. Isso faz com que o vibrador e os circuitos de retardo fiquem inoperantes, e também abra os contatos do relé R3, o que remove a massa do magneto direito.

Ambos os magnetos agora disparam no avanço (funcionando normalmente) da posição do pistão.

### Vibrador Interruptor de Retardo de Baixa Tensão

O sistema, projetado para aeronaves pequenas de quatro e seis cilindros, elimina as desvantagens dos sistemas de ignição de acoplamento de impulso e de alta tensão. Um sistema típico, mostrado na figura 4-24, consiste em magneto interruptor de retardo, um magneto interruptor simples, um vibrador de partida, bobinas de transformador e um interruptor de partida e ignição.

Para operar o sistema mostrado na figura 4-24, coloca-se o interruptor de partida S3 na posição ligado. Isso energiza o solenoide L3 e a bobina L1, fechando os contatos R1, R2, R3 e R4 do relé.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-24 Magneto de retardo de baixa tensão e circuito vibrador de partida.

Com o seletor do magneto na posição "L" (esquerdo), uma corrente flui através de R1, dos contatos L2 e R2 do vibrador, e através dos contatos do interruptor principal para o aterramento.

A corrente também flui através de R3 e contatos do interruptor de retardo para a massa. Correntes através de L2 produzem um campo magnético, os quais abrem os contatos do vibrador e quando a corrente para de fluir através de L2, os contatos novamente se fecham. Estas ondas de fluxo de corrente, através de ambos os contatos dos interruptores de retardo e principal vão para a massa.

Desde que o interruptor de partida seja fechado, o eixo do motor começa a girar. Quando o giro atinge o avanço normal da posição de ignição, os contatos principais do interruptor do magneto abrem, entretanto, a corrente mantém o fluxo para a massa através dos contatos fechados do interruptor de retardo.

Como o motor continua girando, a posição de retardo de ignição é atingida e os contatos do interruptor de retardo são abertos. Desde que os contatos do interruptor principal sejam mantidos abertos, a corrente vai fluir para a massa através da bobina L4, produzindo um campo magnético ao seu redor.

Como o motor continua girando, os contatos do interruptor vibrador abrem, interrompendo bruscamente o campo magnético L4 através do T1 primário, induzindo uma alta voltagem no secundário do T1 para detonar a vela de ignição.

Quando o motor "pega", o interruptor de partida é liberado, desenergizando L1 e L3. Isso abre os contatos do circuito do vibrador e do interruptor de retardo. O interruptor de ignição é então girado para "ambos", permitindo que o magneto direito opere ao mesmo tempo que o magneto esquerdo.

## 1.5 VELAS DE IGNIÇÃO

A finalidade da vela em um sistema de ignição é conduzir um curto impulso de corrente de alta voltagem, através de um espaço dentro da câmara de combustão.

Dentro da câmara de combustão existe um espaço por onde o impulso pode produzir uma centelha elétrica para inflamar a carga de ar/combustível.

Embora as velas de ignição de aeronaves sejam de simples construção e operação, elas estão direta ou indiretamente relacionadas com a maioria das grandes falhas nos motores de aeronaves. Mesmo assim, as velas permitem uma grande operação sem problemas, considerando as condições adversas em que operam.

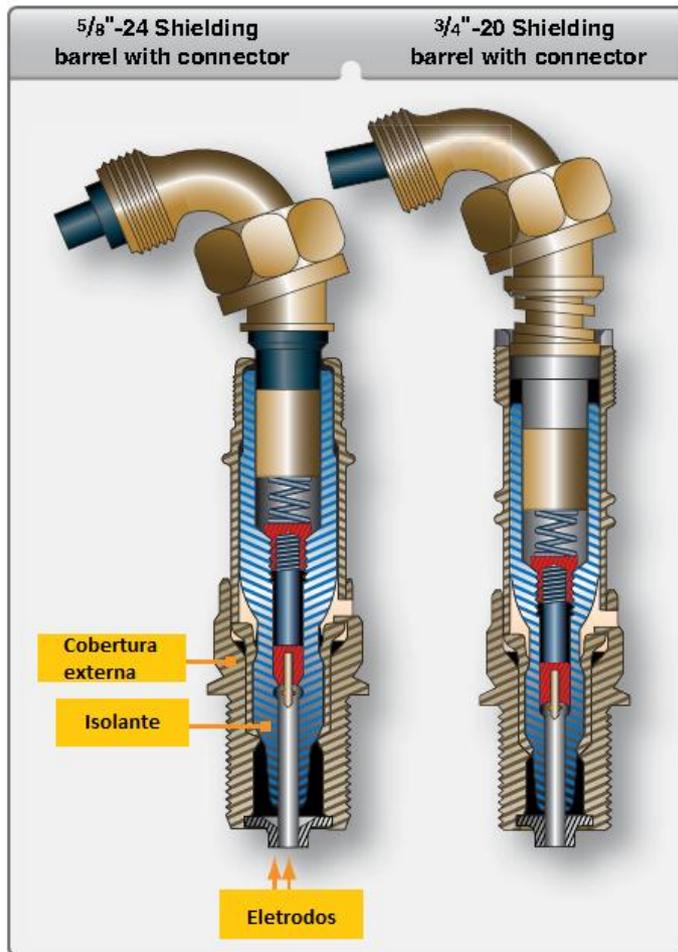
Em cada cilindro de um motor operando a 2.100 RPM, aproximadamente 17 separadas e distintas pontes de centelhas de alta voltagem saltam em uma vela de ignição simples, por segundo. Isso aparece para os nossos olhos como um disparo contínuo, saltando dos eletrodos das velas de ignição à temperatura acima de 3000 °F.

Ao mesmo tempo, a vela suporta uma alta pressão de gás como 2000 p.s.i., e uma alta pressão elétrica da ordem de 15.000 volts.

Os três principais componentes de uma vela de ignição (figura 4-25) são os eletrodos, isolante e cobertura externa. A cobertura externa que possui rosca para fixação ao cilindro, é normalmente feita de aço especial resistente à corrosão devido aos gases do motor, garantindo a fixação.

A falta de tolerância da rosca de fixação e do vedador evita vazamento da pressão de gás de escapamento através da vela. A pressão que vier a escapar através dessa é retida pelo vedador interno, entre o metal externo da cobertura e o isolador, e entre o isolador e o conjunto do eletrodo central.

O isolador provê uma proteção em torno do eletrodo. Em adição à isolação elétrica, o isolador de cerâmica também transfere calor da ponta da cerâmica para o cilindro.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-25 Uma vela típica.

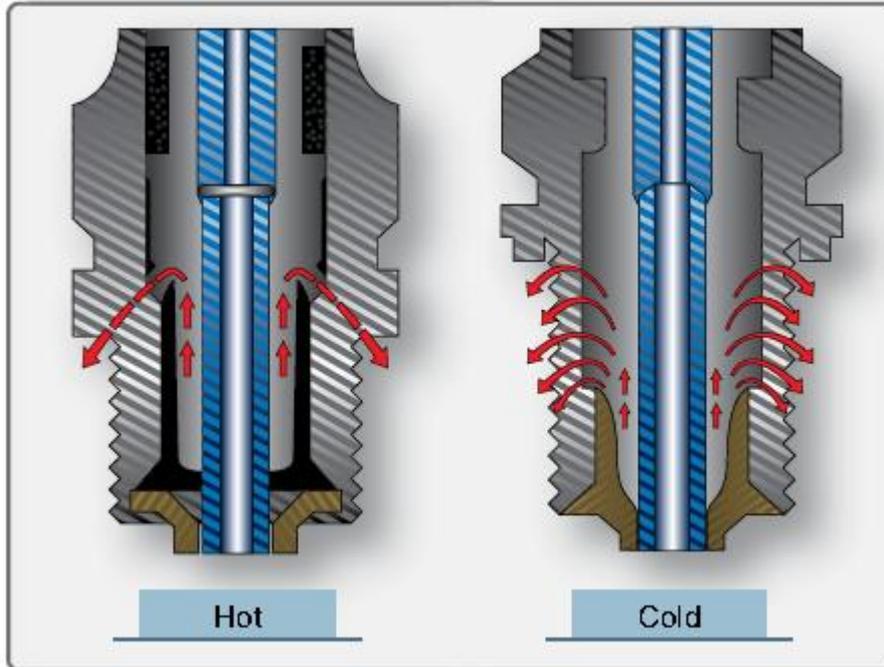
Os tipos de velas de ignição usados em diferentes motores variam em relação ao calor, faixa, tamanho da rosca ou outras características de instalação requeridas por diferentes motores.

A faixa de calor de uma vela de ignição é medida pela sua capacidade de transferir calor para a cabeça do cilindro. A vela deve operar quente, permitindo queimar depósitos que podem causar sujeira, entretanto, a uma temperatura que evite a condição de pré-ignição.

O comprimento do nariz central é o principal fator para estabelecer a faixa de calor da vela. Velas "quentes" possuem um grande nariz isolador, que cria um longo caminho de transferência de calor, enquanto que as velas "frias" possuem um isolador relativamente pequeno, para permitir uma rápida transferência de calor para a cabeça do cilindro (figura 4-26).

Se um motor fosse operado somente em uma velocidade, o desenho das velas de ignição poderia ser bastante simplificado. Devido ao fato do vôo demandar diferentes situações de carga do motor, as velas de ignição precisam ser projetadas para operar tão quentes quanto possível, e em baixas velocidades e poucas cargas, e tão frias quanto possível em cruzeiro e potência de decolagem.

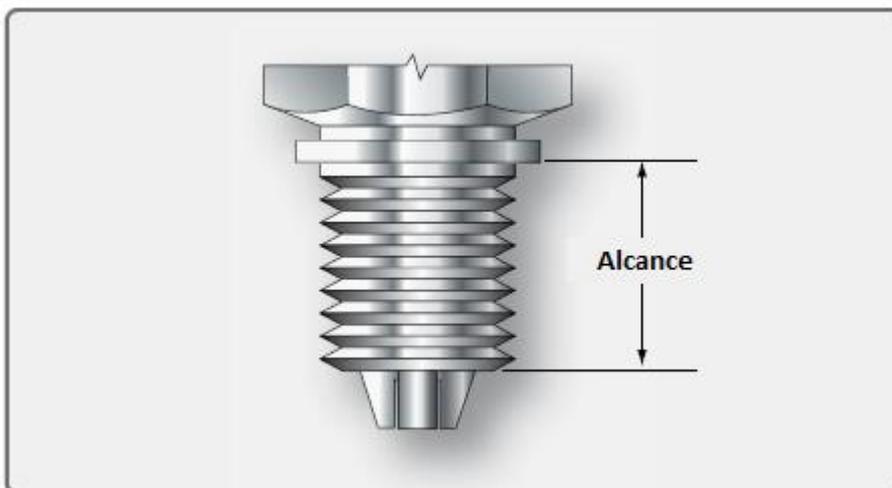
A opção pela vela de ignição que deve ser utilizada em um motor de aviação é determinada pelo fabricante do motor após testes completos.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-26 Velas quentes e frias.

Quando um motor é certificado para utilizar uma vela de ignição quente ou fria, a vela utilizada é determinada pela forma como o motor vai ser operado.

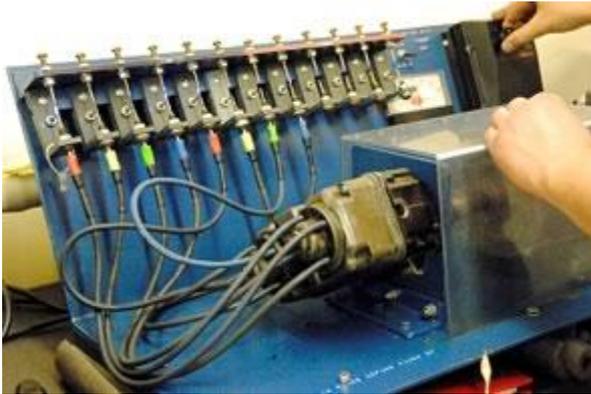


Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-27 Alcance da vela.

Uma vela com alcance apropriado (figura 4-27) irá determinar o quanto a extremidade do eletrodo penetrará no cilindro, em uma posição ideal para ativar a ignição. O alcance da vela de ignição é a quantidade de rosca inserida na bucha, no cilindro. Gripamento da vela e/ou combustão incorreta no cilindro, são causas prováveis de velas com alcances errados em uso.





Fonte: [brinkleyaviation.com](http://brinkleyaviation.com)

## MÓDULO II

# MANUTENÇÃO NO SISTEMA DE IGNIÇÃO

## INTRODUÇÃO

Caro aluno,

No módulo anterior nosso olhar esteve voltado para a base teórica do funcionamento do sistema de ignição.

Agora, vamos estudar as técnicas de manutenção e inspeção empregadas na conservação e reparos deste sistema tão importante na operação de aeronaves.

Que tipo de manutenção são empregadas na conservação dos magnetos, pesquisas de panes, inspeção e instalação no motor.

Essas e outras questões serão abordadas neste módulo

Fique atento!

Ao final deste Módulo, portanto, você deverá ser capaz de identificar as técnicas empregadas na conservação e reparos do sistema de ignição.

Vamos lá!

## 2.1 MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO DO SISTEMA DE IGNIÇÃO DE MOTORES ALTERNATIVOS

Um sistema de ignição de uma aeronave é o resultado de um cuidadoso projeto e de esmerados testes.

Há todas as possibilidades de um sistema de ignição estar bom, dependendo do serviço e da manutenção adequada. Entretanto, dificuldades podem ocorrer, afetando a performance de um sistema de ignição.

As mais comuns dessas dificuldades de manutenção, junto com o método mais genérico de inspeção de ignição, será discutido nesta seção.

Quebra do material isolante, surgimento e aumento de pontos de rachaduras e curto-circuito, ou quebra de conectores elétricos, não são incomuns. Esses defeitos devem ser encontrados e corrigidos.

Menos comuns são as irregularidades que envolvem erros humanos.

Por exemplo, o tempo de ignição requer um ajuste preciso e cuidadoso, para que quatro condições sejam seguidas no mesmo instante:

- 1) O pistão do cilindro número 1 deverá estar em uma posição descrevendo um número de graus, antes do ponto morto alto no tempo de compressão.
- 2) O rotor do magneto deve estar na posição da folga "E".
- 3) Os contatos do platinado devem estar abertos pelo ressalto do came número 1.
- 4) A haste do distribuidor deve estar alinhada com o eletrodo servindo o cilindro número 1.

Se uma dessas condições estiver fora de sincronização, com qualquer outra, diz-se que o sistema de ignição está "fora de tempo".

Quando a ignição de um cilindro ocorre antes do eixo de acionamento atingir o ponto ideal, isso é classificado como "avançado". Se a ignição ocorre muito cedo, o pistão surge no cilindro em oposição à força total da combustão. Essa condição resulta em perda de potência do motor, superaquecimento, e possibilidade de detonação e pré-ignição.

Se a ignição ocorre em um tempo após a posição ótima do eixo de manivela ser atingida, o tempo de ignição é chamado de "atrasado". Se isso ocorrer muito tarde, não haverá tempo suficiente para queima da carga de ar/combustível, e ocorrerá uma combustão incompleta. Como resultado, o motor perde potência e aumenta a abertura necessária ao acelerador, para manter a carga da hélice.

As irregularidades mais comuns são aquelas causadas por formação de umidade em diferentes partes do sistema de ignição. Umidade pode entrar nas unidades do sistema de ignição através de fendas ou coberturas soltas, ou pode ser resultado de condensação.

"Respingos", uma situação que acontece durante um reajuste do sistema, devido a baixa ou alta pressão atmosférica, pode acontecer quando o ar está carregado de umidade. Normalmente o calor do motor é suficiente para evaporar a umidade, mas ocasionalmente esta se condensa com o motor frio. O resultado é um considerável acúmulo de umidade, que pode causar a perda da resistência elétrica do material isolante.

Uma pequena quantidade de contaminação, por umidade, pode causar redução na saída do magneto por curto-circuito, para a massa, da parte de corrente de alta voltagem destinada à vela de ignição. Se este acúmulo de umidade for considerável, a saída do magneto pode ser dissipada para o aterramento. O acúmulo de umidade durante o voo é extremamente raro, devido à alta temperatura de operação do sistema que é suficiente para evitar a condensação, portanto, as dificuldades por essas causas podem ocorrer mais provavelmente durante a operação no solo.

As velas de ignição de aeronaves podem ser injustamente apontadas como causas de falhas no funcionamento. Elas podem ser apontadas como defeituosas quando, na realidade, o

defeito está ocorrendo em outro sistema. Falha no funcionamento do carburador, sujeira no distribuidor, válvula travada, vazamento no sistema primário, ou sujeira na marcha lenta, e ajuste de mistura podem apresentar os mesmos sintomas de falha no sistema de ignição. Infelizmente, muitas dessas condições podem ser temporariamente resolvidas com a substituição de uma vela de ignição, mas o problema voltará a ocorrer em um curto espaço de tempo porque sua causa real não foi eliminada. Um total desconhecimento dos vários sistemas do motor, após cuidadosa inspeção e bons métodos de manutenção, podem reduzir substancialmente muitos erros.

## **2.2 DISPOSITIVOS DE REGULAGEM DO MAGNETO DE IGNIÇÃO**

Quando muitas oportunidades para errar a regulagem do sistema de ignição para o motor são consideradas, a ênfase para o correto uso dos dispositivos que seguem é facilmente justificada.

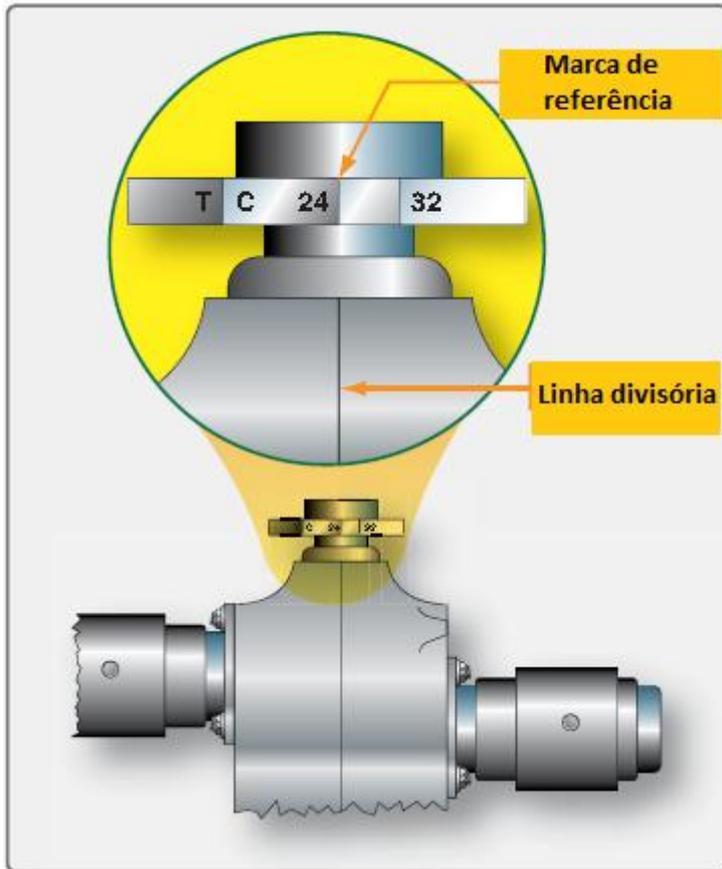
Erros podem facilmente ocorrer no posicionamento do pistão na sincronização com o cilindro, ele pode ser colocado em um grau errado do eixo de manivela ou em um correto grau do eixo, mas em um tempo errado. Quando posicionado o rotor do magneto, um desacerto pode ser causado pela não remoção da folga entre as engrenagens de acionamento.

O conjunto dos platinados estando ou não corretamente sincronizado, não pode ser aberto na folga "E".

Qualquer outro erro pode alterar a regulagem final da vela de ignição. Devido às grandes possibilidades de erros, dispositivos temporizadores estão sendo desenvolvidos para tornar mais consistente os métodos de temporização.

### **Marcas de Referências para a Regulagem no Próprio Motor**

Muitos motores alternativos possuem marcas de referências no próprio motor. Em um motor que não tem engrenagem de redução de hélice, a marca poderá ser normalmente encontrada no flange da hélice (figura 4-28).



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-28 Marcas do tempo no flange da hélice.

A marca de ponto central (TC), estampada no bordo, irá alinhar-se com o eixo longitudinal abaixo do eixo de manivelas, quando o pistão número 1 estiver no ponto morto alto. Outras marcas no flange indicam grau antes do ponto morto alto.

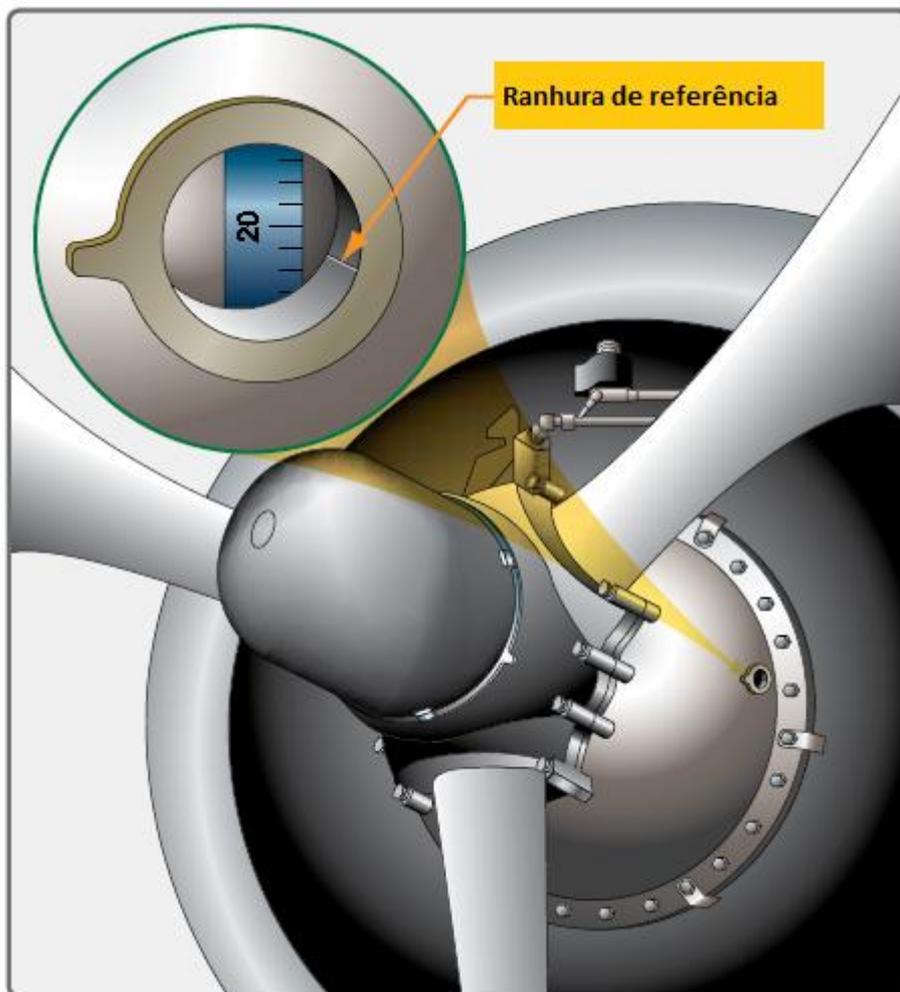
Em alguns motores existem marcas de graus na caixa de redução das hélices. Para esses motores é necessário remover um plugue na caixa de engrenagens de redução, para que se possam ver as marcas do tempo do motor. Em outros motores, as marcas de temporização estão no flange do eixo de manivelas, e podem ser vistos removendo a conexão à frente do eixo. Em qualquer caso, as instruções do fabricante do motor irão indicar a localização dessas referências no motor.

Utilizando as marcas (figura 4-29) para posicionar o eixo de manivelas, o ponteiro estacionário, ou a marca na seção dianteira, deve estar alinhado no eixo da hélice, no flange do eixo ou na caixa de engrenagens.

Verifica-se se um ângulo poderá resultar em um erro de posicionamento do eixo de manivelas.

Embora muitos motores tenham marcas de referências de tempos, eles ainda deixam a desejar.

O principal inconveniente é o fator folga. A folga em um sistema de engrenagens irá variar entre as instalações e, muitas vezes, entre duas verificações distintas da mesma peça do equipamento.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-29 Marca do tempo típico na caixa de redução da hélice.

Isso acontece porque não existe como impor uma carga à caixa de engrenagens, em direção oposta à rotação do eixo de manivelas. Outro aspecto desfavorável na utilização de marcas na caixa de redução é um pequeno erro que surge quando se verifica de baixo essa marca de referência, para ajustá-la dentro da carcaça da caixa de redução.

Devido ao fato de haver folga entre as duas marcas de referência, cada mecânico deve ter seus olhos no mesmo plano, se não, cada homem irá selecionar uma posição diferente do eixo de manivelas para o ajuste da ignição.

### **Disco de Sincronização**

O disco de sincronismo é um dispositivo de posicionamento do eixo de manivelas mais preciso do que as marcas de referência. Esse dispositivo consiste em um disco e um ponteiro mecânico, montado em um acessório acionado pelo motor. Esse ponteiro, que é montado em um eixo acionador de acessório, indica o número de graus do movimento do eixo de manivelas sobre o disco.

O disco é marcado em graus relativos ao eixo de manivelas. Pela simples aplicação do torque no acionador de acessórios em uma direção oposta à rotação normal, a folga na

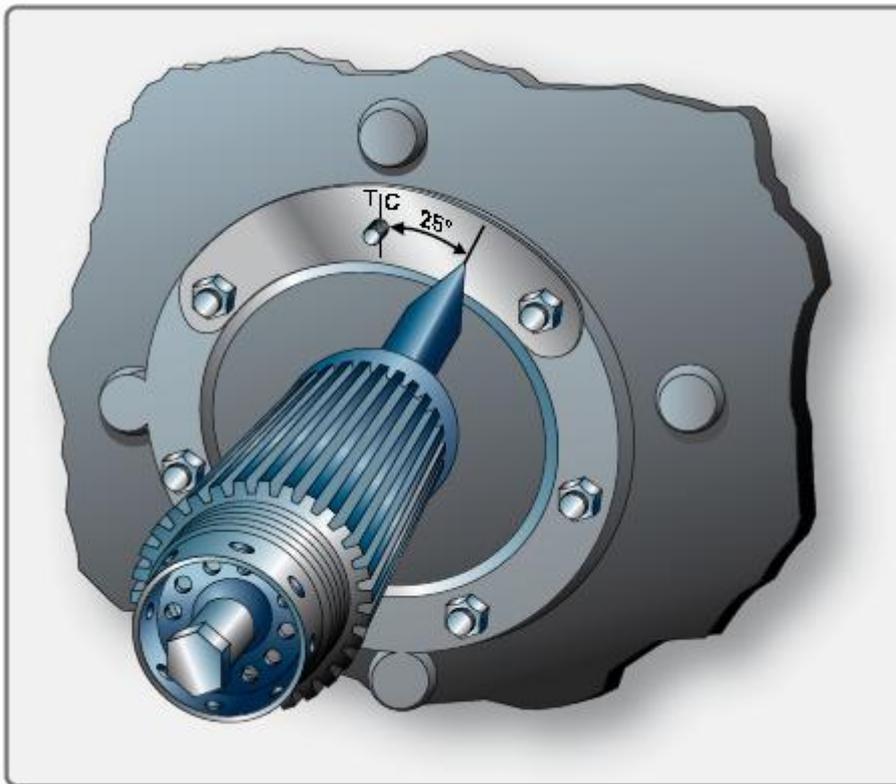
caixa de engrenagens pode ser removida, e o eixo de manivelas pode ser levado para a posição, e obter um ajuste preciso de tempo após tempo.

Nem todos os discos são marcados no mesmo número de graus. Por exemplo, o disco destinado para uso em um tipo de motor é montado no eixo de acionamento da bomba de combustível. Desde que a bomba seja acionada com a mesma velocidade do eixo de manivelas, o ponteiro irá descrever um circuito completo quando o eixo de manivelas completar uma volta.

Portanto, o disco pode ter incrementos de um em um grau até completar  $360^\circ$ . Entretanto, o disco utilizado em outro motor pode ser montado sobre o magneto, que é acionado com a metade da velocidade do eixo de manivelas.

Com essa relação, o eixo move um grau, enquanto o ponteiro indicador move apenas meio grau. Por essa razão, o disco está marcado com 720 espaços de  $1/2$  grau. Cada  $1/2$  grau indicado corresponde a um grau completo no eixo de manivela.

A figura 4-30 mostra um disco de sincronia. As marcas variam de acordo com as especificações do motor. A escala nesse exemplo é fixada nos parafusos de fixação da placa de torque e o ponteiro no eixo de acionamento da hélice.



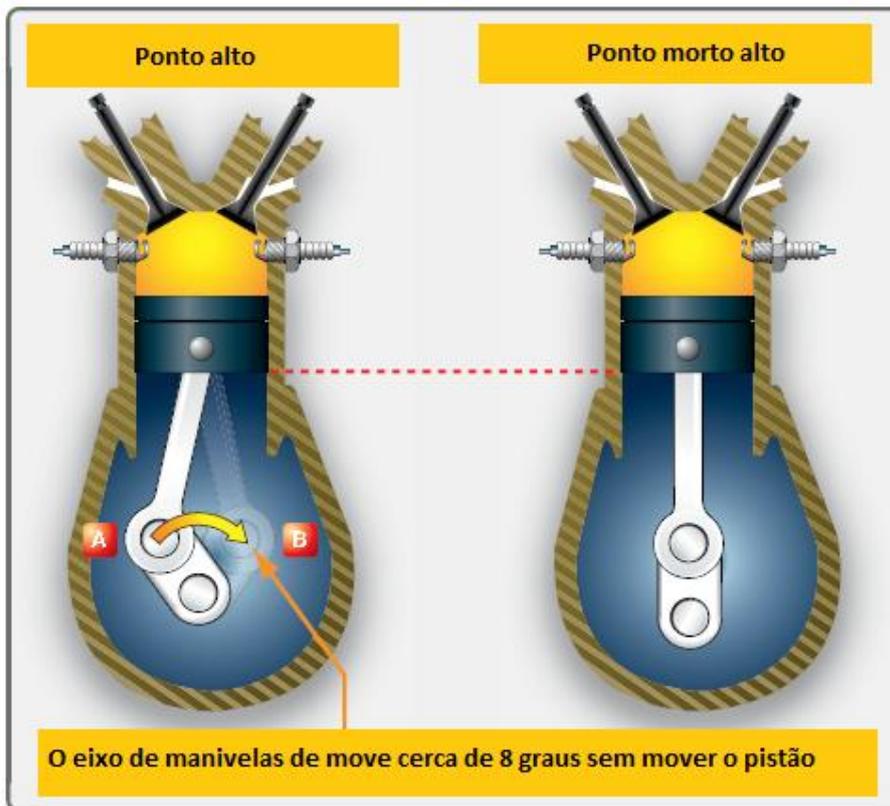
Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-30 Uma placa de sincronia e ponteiro.

### Indicador de Posição do Pistão

Precisamos obter a indicação de posição do pistão para sincronizar a ignição, válvulas ou injeção de combustível. Essa referência é chamada de ponto morto alto. Esta posição do pistão não pode ser confundida com a posição do pistão chamada ponto alto.

Um pistão no ponto alto tem pouco valor para o ponto de ajuste padrão, porque corresponde a uma variação de  $1$  a  $5^\circ$  da posição do eixo de manivelas. Isso é ilustrado na figura 4-31, que foi exagerado para dar ênfase a zona em que o pistão "não desloca".



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-31 Ilustração da diferença entre o ponto alto e o ponto morto alto.

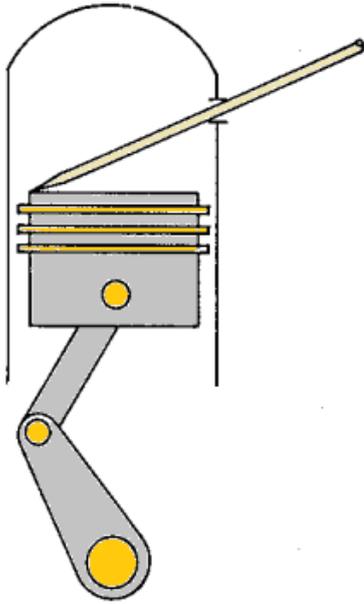
Nota-se que o pistão não se move, enquanto que, o eixo de manivela descreve um pequeno arco da posição "A" para a posição "B". Esta zona que "não desloca" o pistão ocorre entre o tempo em que o eixo de manivelas termina de levá-lo para cima através da biela, e posiciona a biela para puxar o pistão para baixo.

O ponto morto alto é a posição do pistão e do eixo de manivelas, a qual todas as outras localizações do pistão e eixo de manivela são referenciadas.

Quando um pistão está na posição de ponto morto alto, ele está na distância máxima do centro do eixo de manivelas, e também no centro da zona que "não desloca". Nessa posição, o pistão está localizado de modo que pode ser traçada uma linha de centro do eixo de manivelas, biela e pino do pistão, como mostrado na figura 4-31. Com esse alinhamento, uma força aplicada no pistão não pode mover o eixo de manivelas.

Talvez uma haste ou um lápis tenham sido os primeiros indicadores de posição do pistão. Uma extremidade dessa simples ferramenta pode ser inserida em um ângulo através do orifício da vela de ignição do cilindro de sincronia, até atingir o outro bordo do pistão, como mostrado na figura 4-32.

Nesse ponto, este mecanismo deve ser marcado com a unha do polegar em relação à face do orifício da vela de ignição. Com essa marca mantida na haste, pode-se retirar a haste e fazer um chanfro de uma polegada acima da marca.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-32 Um simples indicador de posição do pistão.

Esse chanfro provê um ponto de referência que, algumas vezes, estará antes do ponto morto alto.

Um procedimento incorreto não poderá encontrar a mesma posição do pistão em cada tempo.

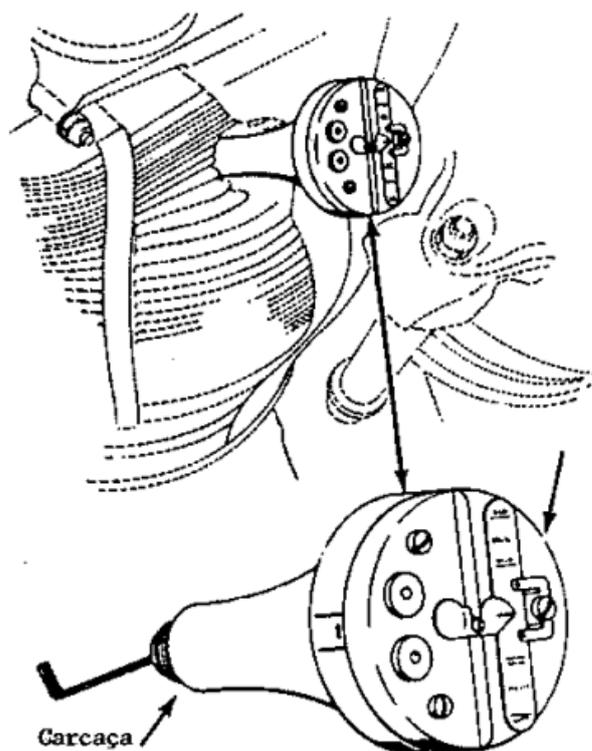
Todas as indicações de posição do pistão em uso utilizam o orifício da vela de ignição, que sempre encontra o cilindro em um plano exato, e a haste de indicação toca a mesma parte da cabeça do pistão.

Um dos vários indicadores de posição do pistão usados hoje é um indicador mostrador de tempo (figura 4-33).

Isso serve para o propósito de indicar a posição do pistão em um número limitado de graus, como o disco de sincronia.

Esse dispositivo consiste em duas partes: a carcaça do corpo e a face. A carcaça é essencialmente um adaptador com um parafuso, que atravessa o orifício da vela de ignição e suporta a face.

A face é montada no adaptador e contém uma mola de carga que compensa o braço do indicador, um ponteiro deslizante, uma escala substituível calibrada em graus, um indicador luminoso, e a borda que se distende acima da face para formar uma dobradiça para compensar o braço do indicador.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-33 Indicador de posição do pistão.

A extensão final do braço compensado dentro do cilindro, através do orifício da vela de ignição é atuado pelo movimento do pistão. A outra extremidade da extensão do braço passa através da fenda na face, e atua o ponteiro deslizante sobre a escala.

Esse indicador acoplado tem uma variedade de diferentes braços e escalas graduadas. Tanto os braços, como as escalas, são compensados para os diferentes motores que utilizam essas marcas. A compensação é necessária porque há variação entre golpes dos pistões e localização dos orifícios das velas em diferentes cilindros. Os braços são compensados pela variação de suas formas e comprimentos, e a escala é compensada pelo espaçamento das marcas em graus.

Desse modo, uma combinação particular de uma escala e braço indicarão a posição verdadeira do pistão, se for usada corretamente.

Para garantir uma maior precisão com o "Indicador", uma pequena luz, alimentada por uma pequena bateria, é montada na face. Quando o braço compensado toca o ponteiro móvel, um circuito elétrico é completado e a luz acende. Essa luz permite maior precisão, porque o ponteiro deslizante pode ser posicionado para marcar um determinado grau sobre a escala, e o eixo de manivelas pode ser girado lentamente pelo eixo da hélice até que a luz acenda.

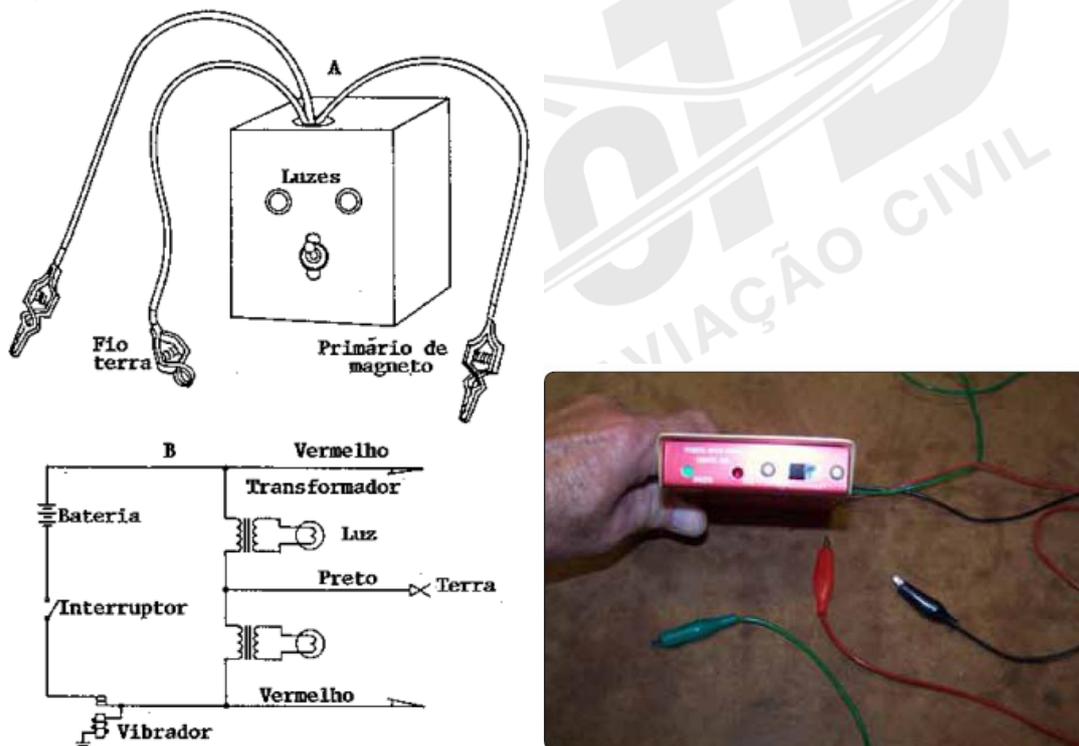
O eixo da hélice deve ser movimentado lenta e cuidadosamente, para que o braço não movimente o ponteiro além do grau ajustado após a luz acender.

Existem dois outros tipos comuns de indicadores de posição de pistão em uso, e ambos utilizam o mesmo princípio de posicionamento do pistão. Um possui a escala e pontos de referência. O outro é simplesmente uma luz que acende quando o pistão toca o braço atuador, e apaga quando o pistão se move para baixo do braço.

## Luzes de Sincronia

A luz de sincronia é utilizada para ajudar a determinar o instante exato em que os contatos do magneto se abrem. Eles são encontrados em dois tipos gerais e de uso comum. Ambos possuem duas luzes e três fios de conexão externa, embora possuam circuitos internos completamente diferentes, suas funções são as mesmas.

Um tipo de luz e seu circuito interno são mostrados na figura 4-34.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-34 Diagrama elétrico de luz e luz de sincronia.

Três fios conectores saem do topo da caixa de luzes ("A" na figura 4-34). Também possui duas luzes na face dianteira da unidade e um interruptor para ligar e desligar a unidade.

No diagrama de fios ("B" na figura 4-34) percebe-se que a unidade contém uma bateria, uma bobina do vibrador e dois transformadores. Para utilizar a luz de sincronia, o fio central, marcado "terra" é conectado à carcaça do magneto a ser testado. As outras pernas são conectadas aos fios do primário do conjunto de platinados dos magnetos.

Com as pernas conectadas dessa maneira, pode ser facilmente determinado se os contatos estão abertos ou fechados pelo comando do interruptor, observando as duas luzes.

Se os contatos estiverem fechados, a maior parte da corrente fluirá através dos contatos do interruptor, e não através dos transformadores, então as luzes não acendem. Se os contatos estiverem abertos, a corrente irá fluir através do transformador e as luzes irão acender. Alguns modelos operam de maneira inversa, ou seja, a luz se apaga quando os contatos abrem.

Cada uma das duas luzes é operada separadamente por contatos do interruptor, no qual estão conectadas. Isso torna possível observar o tempo ou o ponto de referência para ajustar rotor do magneto para no ponto onde os contatos abrem.

Muitos destes sincronizadores utilizam bateria seca que são substituídas após longo tempo de uso.

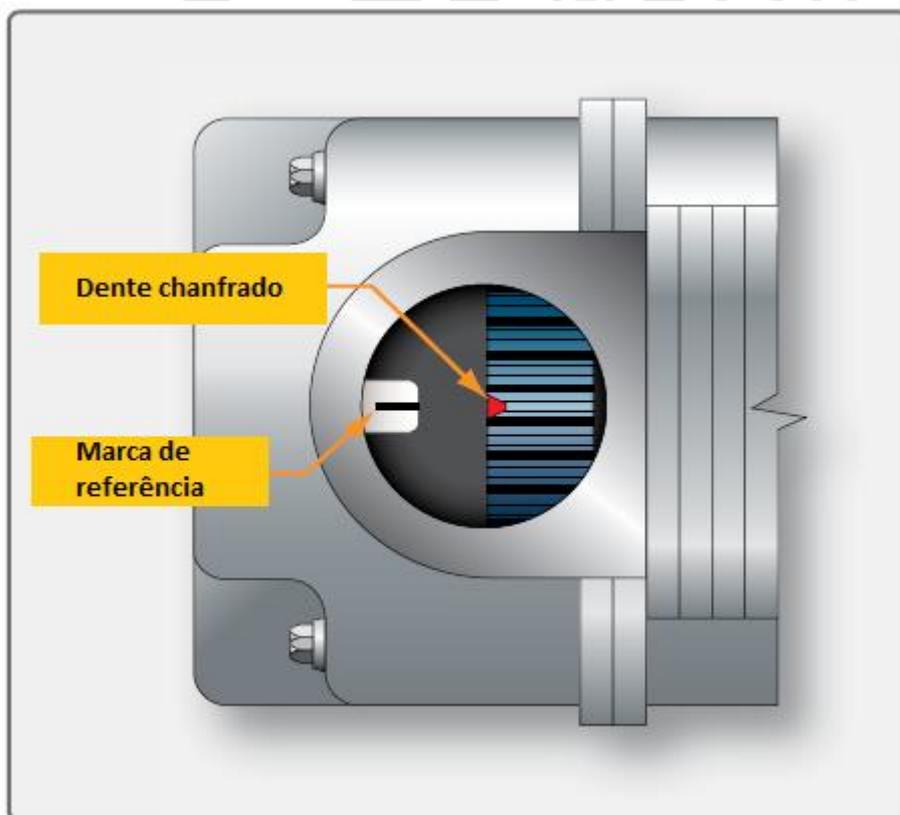
A atenção para a utilização é com relação a bateria fraca, que pode causar resultados errôneos de leitura, devido ao baixo fluxo de corrente no circuito.

### 2.3 CHECANDO A SINCRONIZAÇÃO INTERNA DO MAGNETO

Ao substituir um magneto ou prepará-lo para a instalação, a primeira preocupação é com a sincronização interna.

Para cada modelo de magneto, o fabricante determina com quantos graus da posição neutra um polo do rotor pode ser mantido para obter a melhor centelha na vela, no instante em que os contatos do platinado se abrem.

Esse deslocamento angular da posição neutra, conhecido como ângulo de folga "E", varia com os diferentes modelos de magnetos. Em um modelo, o "passo" é verificar o came do platinado para checar a sincronia interna do magneto.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-35 Marcas de sincronismo que indicam posição nº 1 de centelhas do magneto.

Quando uma régua é colocada nesse passo e coincide com as marcas na borda da carcaça, o rotor do magneto está na posição de folga "E" e os contatos do platinado devem estar começando sua abertura.

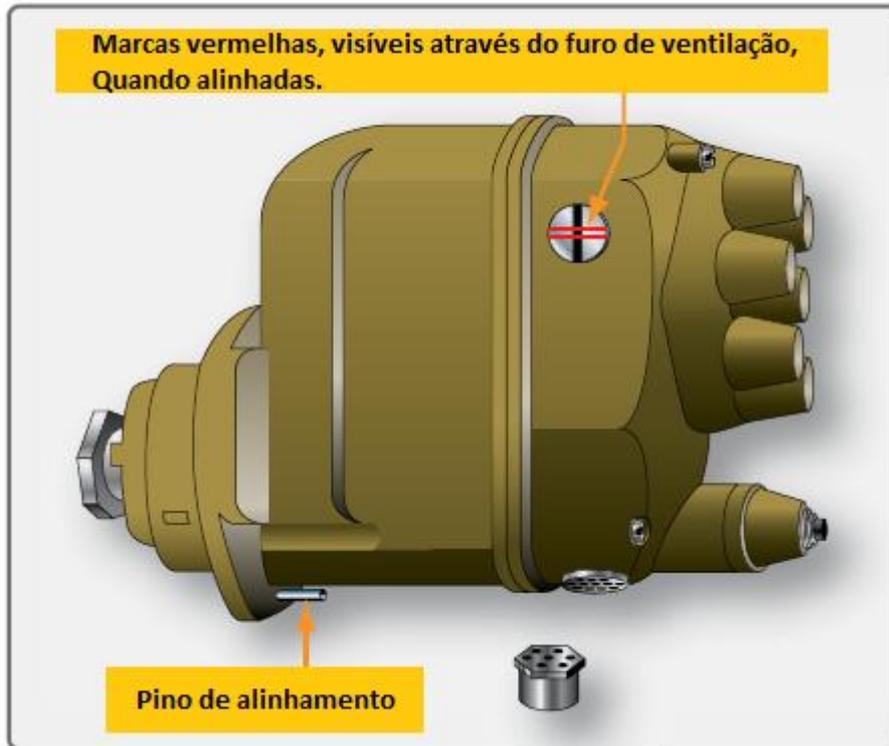
Outro método para checar a folga "E" é alinhando a marca de sincronismo com um dente chanfrado (figura 4-35).

Os contatos devem estar começando a abertura quando essa marca estiver alinhada.

Em um terceiro método, a folga "E" estará correta quando o pino de sincronia estiver posicionado, e os pontos vermelhos visíveis através de um furo de ventilação, no lado da carcaça do magneto, estiverem alinhados (figura 4-36).

Os pontos de contato deverão estar começando a abertura, quando o rotor se encontrar na posição descrita.

O ajuste de sincronismo do magneto envolve o posicionamento do rotor na posição da folga "E", e o ajuste dos contatos do platinado para abrirem quando as marcas de sincronia, destinadas a esse propósito, estiverem perfeitamente alinhadas.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

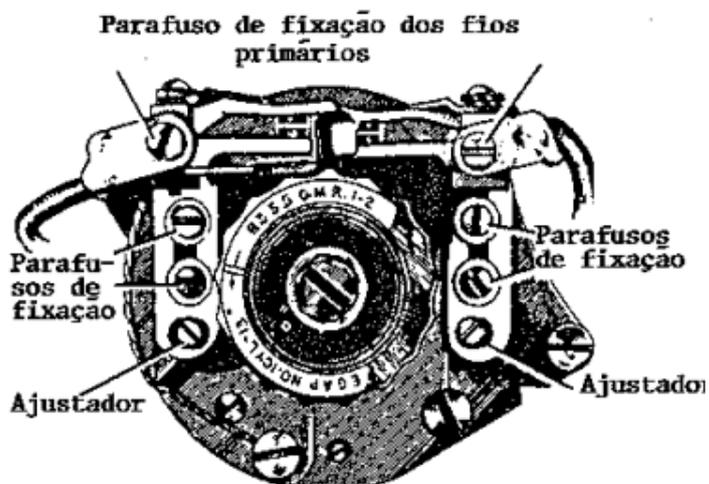
Figura 4-36 Checando a folga do magneto.

### Sincronia do Magneto de Alta Tensão em Bancada

No assunto a seguir os procedimentos para sincronismo de um magneto de motor radial de duas carreiras de cilindros é citado somente para exemplo. Consulte as instruções do fabricante em qualquer caso, antes de alinhar a referência do magneto.

Para alinhar o magneto em bancada, certas ferramentas são necessárias. Normalmente usa-se a luz de sincronia, uma ferramenta para segurar o magneto, uma chave de fenda comum para soltar alguns parafusos do conjunto e uma régua para verificar a folga "E".

Os contatos do platinado são protegidos por uma cobertura. A remoção dessa cobertura como mostrado na figura 4-37, expõe o ressalto e os contatos do platinado.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-37 Contatos do platinado e ressalto compensado.

Para iniciar o ajuste de sincronização do magneto, conectam-se os dois fios vermelhos do sincronizador de luzes nos parafusos primários do magneto. E o fio preto restante liga-se na carcaça do magneto para fazer o aterramento.

Com a maioria dos magnetos desse tipo, uma ferramenta especial é usada para receber o encaixe do eixo de acionamento do magneto. Essa ferramenta mantém o magneto com os contatos para a posição perpendicular, e mantém o rotor do magneto estacionário durante o processo de alinhamento.

O movimento do rotor pode ser simulado, girando o magneto em torno do rotor. Para alguns tipos de magnetos a ferramenta que segura o rotor contém uma braçadeira para travá-lo na carcaça do magneto, estabelecendo a relação entre os dois.

Com o magneto instalado na ferramenta fixadora, e o sincronizador de luzes instalado, o posicionamento das marcas de alinhamento do rotor do magneto e o alinhamento do magneto podem ser perfeitamente localizados. Trava-se a ferramenta nessa posição.

Com o rotor posicionado e travado, ambos os parafusos inferiores (figura 4-37) podem ser afrouxados. Então, apertam-se estes dois parafusos até que haja algum arrasto (fricção), permitindo movimentar a base nos parafusos de ajuste.

Liga-se o sincronizador de luzes e movem-se os parafusos de ajuste para trás e para frente até que as luzes de sincronia para ajuste dos pontos iniciem a acender. Trava-se este ajuste nos pontos de contato, apertando os dois parafusos sem alterar o ajuste.

A trava do rotor do magneto deve ser solta e o ajuste pode ser verificado com a régua e o sincronizador de luzes, para determinar que os pontos estejam abertos exatamente na folga "E". Isso é conseguido colocando e mantendo-se a régua no ressalto do rotor, e girando a carcaça do magneto em torno do eixo do rotor suportado pelo dispositivo de fixação.

Primeiro, gira-se a carcaça do magneto na direção indicada pela seta no ressalto do rotor até que a luz se apague. Indicando dessa forma que os contatos estão completamente fechados, então, o magneto é rodado na direção oposta. Isso fará com que o rotor do magneto volte para a posição de folga "E" na direção normal de rotação. Se o ajuste estiver correto, o ressalto do rotor do magneto se alinhará com a posição de folga "E", que será indicado pela régua, no exato momento em que a luz acende para mostrar que os contatos estão abertos. A sincronia interna pelo ajuste dos contatos do platinado estará concluída.

Existem diversas maneiras para ajustar e manter o ajuste dos contatos abertos na posição de folga "E". Talvez o método mais fácil já seja utilizado, ajustando os pontos do interruptor com uma verificação de contato.

Utilizando a indicação de luzes através dos pontos, com uma correta referência da folga, o segundo ajuste pode ser sincronizado para abrir exatamente no mesmo tempo.

Quando os dois parafusos de fixação no segundo ponto de ajuste (figura 4-37) são liberados, para permitir que os parafusos de ajuste movam as partes dos pontos de aterramento, os contatos podem ser ajustados até que a luz acenda exatamente ao mesmo tempo em que o primeiro ajuste.

Então os parafusos de trava podem ser apertados sem alterar o posicionamento do interruptor antes de rodar a carcaça do magneto, para ver se ambas as luzes acendem simultaneamente. O magneto agora está pronto para ser instalado no motor e isso requer sincronia desse com o motor.

## **2.4 SINCRONIZANDO O MAGNETO DE ALTA TENSÃO COM O MOTOR**

Quando se substitui magnetos em motores de aeronaves, dois fatores são considerados: A sincronia interna do magneto, incluindo o ajuste do ponto de contato, que deve ser correto para obter o máximo potencial de voltagem dos magnetos, e a posição do eixo de manivelas em relação à centelha.

Uma folga dos contatos do platinado nunca pode ser comparada com outra, desde que não se conheça o outro ajuste dos contatos, que abre com um determinado número de graus antes do ponto morto alto na posição sincronismo de tempo do motor.

O magneto deve ser sincronizado primeiro ajustando o próprio sincronismo interno e, então, checando e ajustando os contatos de ignição para abrir nesta posição.

Se a marca de sincronia de referência para o alinhamento do magneto, alinhar quando a sincronia do pistão estiver um número descrito de graus adiante do ponto morto alto verdadeiro e, ambos os ajustes dos platinados, direito e esquerdo abrirem nesse instante e permanecerem abertos por um número de graus prescritos, a sincronia interna do magneto estará correta, a sincronia apropriada magneto-motor existe e todas as fases do magneto operam sincronizadas.

No caso dos platinados não serem ajustados quando da sincronia interna do magneto, como descrito pelas marcas de referência de ajuste interno, o magneto estará fora da posição prescrita em relação ao pistão.

Para que haja sincronia do magneto com o motor no exemplo seguinte, uma luz de sincronismo é usada.

A luz de sincronismo é projetada de tal forma que uma das duas estará acesa quando os contatos se abrirem.

A sincronia de luzes incorpora duas lâmpadas, portanto, quando conectamos o sincronizador de luzes ao magneto, os fios devem ser ligados de tal forma que a luz no lado direito da caixa represente os platinados do lado direito do magneto, e a luz do lado esquerdo do teste represente os platinados do lado esquerdo.

A conexão apropriada dos fios pode ser estabelecida pelo acendimento da luz de sincronia, tocando um dos fios vermelhos com o fio preto.

Se a luz direita apagar, o fio vermelho utilizado deve ser conectado na carcaça do magneto, ou no motor, para completar o aterramento.

Quando se utiliza a luz de sincronia para verificar um magneto em um sistema completo de ignição instalado na aeronave, o interruptor principal de ignição da aeronave deve ser ligado e o seletor de ignição colocado em "ambos" (both).

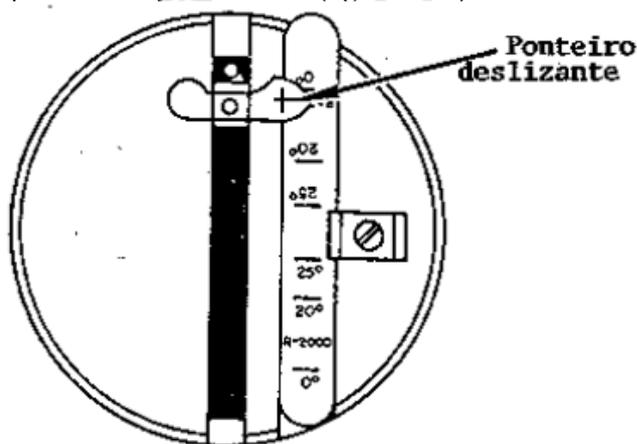
Do contrário, as luzes não irão indicar a abertura dos platinados.

Com o interruptor de ignição ligado e o sincronizador de luzes conectado, o magneto ficará inoperante, portanto, não haverá centelha quando a hélice for girada.

Após se concluir que o sincronismo interno do magneto está correto, gira-se o eixo de manivelas do motor até que o pistão do cilindro número 1 atinja a posição de faiscamento no tempo de compressão. Esta posição pode ser determinada por referência do manual de serviços do fabricante. Localiza-se essa posição utilizando um indicador do pistão.

Para se estabelecer o posicionamento do eixo de manivelas, com o indicador de posição do pistão, alguns itens são seguidos:

- 1) Remover a vela de ignição mais acessível do cilindro número 1;
- 2) Instalar o braço de contato e a escala calibrada corretos para o motor específico (consultar as instruções específicas do fabricante para serem utilizados corretamente);
- 3) Puxar a hélice na direção de rotação, até que o pistão número 1 venha para cima na fase de compressão. Isso pode ser determinado mantendo o polegar sobre o orifício da vela de ignição, enquanto a compressão o empurre para fora;
- 4) Separar o conjunto indicador de posição do pistão, e atarraxar a carcaça no orifício da vela de ignição. Inserir o conjunto indicador dentro do corpo com a extremidade do gancho para cima ou para baixo, como indicado na escala;
- 5) Empurrar o ponteiro deslizante para cima na fenda até atingir a extremidade da mesma, e pare no braço indicador (figura 4-38);

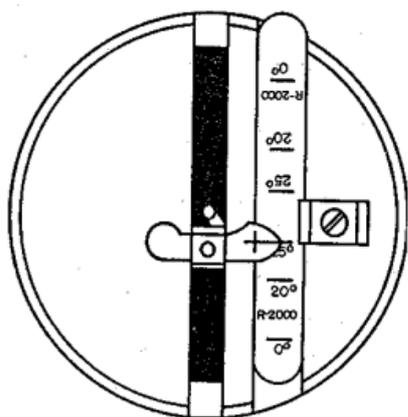


Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-38 Posicionando o ponteiro de Indicação.

- 6) Puxar a hélice lentamente na direção de rotação, até que o braço de indicação mova o ponteiro deslizante na distância máxima e o braço indicador inicie o movimento para trás, subindo na fenda (figura 4-39);
- 7) Mover a escala calibrada para que a marca do zero se alinhe com a marca descrita no ponteiro deslizante;





Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-41 Movendo o eixo de manivelas para a posição de centelhamento do pistão.

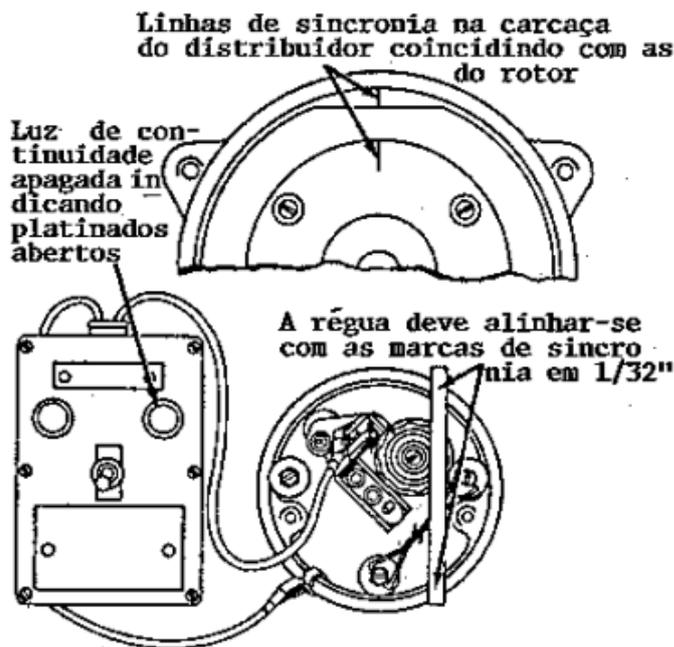
A luz de sincronização é conectada ao magneto e aos platinados com o interruptor das luzes ligado e o conjunto do magneto é girado, primeiro na direção de rotação, e então na direção oposta.

Utiliza-se esse procedimento para verificar que as luzes apagam, e acendem quando o ressalto para o cilindro número 1, normalmente marcado por um ponto, levanta os platinados do magneto, enquanto este é girado.

Se a fenda no flange de montagem do magneto não permitir movimento suficiente para efetuar a abertura dos platinados para o cilindro número 1, move-se o magneto para fora da posição, afastando-o o suficiente para permitir que seu eixo gire um ressalto para frente ou para trás. Então, instale o magneto novamente nessa posição, e repita a verificação anterior para os pontos abertos.

Depois que o magneto estiver acoplado no encaixe do motor (permitindo a abertura e o fechamento com pequenas viradas), instala-se suas porcas de fixação. Quando elas forem apertadas não deverá haver movimento no conjunto do magneto em relação ao flange.

Enquanto se mantêm destravadas as engrenagens do magneto e do acoplamento de acionamento, leves batidas são dadas no magneto, para avançar ou retardar a unidade até que as marcas de sincronia se alinhem (figura 4-42). Isso o leva a sincronia interna prescrita na quantidade de graus antes do ponto morto alto. O ajuste se completa quando as porcas são apertadas.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-42 Posição da régua para checar a folga "E" ("E-GAP").

Então, a hélice é movida para a direção oposta da rotação, de uma pá, e empurrada lentamente na direção de rotação até o eixo de manivelas, para novamente confirmar o número de graus à frente do ponto morto alto (o propósito desta checagem é eliminar a possibilidade de erros entre a trava da engrenagem de acionamento do motor e as engrenagens do magneto).

Se a marca de sincronia não estiver alinhada, se solta as porcas e ajusta-se o magneto até a régua se alinhar com a marca de sincronia, quando a hélice é puxada para um determinado número de graus.

A luz de sincronia é reconectada. Move-se a hélice uma pá na direção oposta à de rotação, e então, enquanto se observa a luz de sincronia, move-se a hélice na direção de rotação até que o número prescrito de graus à frente do ponto morto alto seja atingido.

As luzes de ambos os pontos de ajuste devem acender com meio grau de movimento do eixo de manivelas.

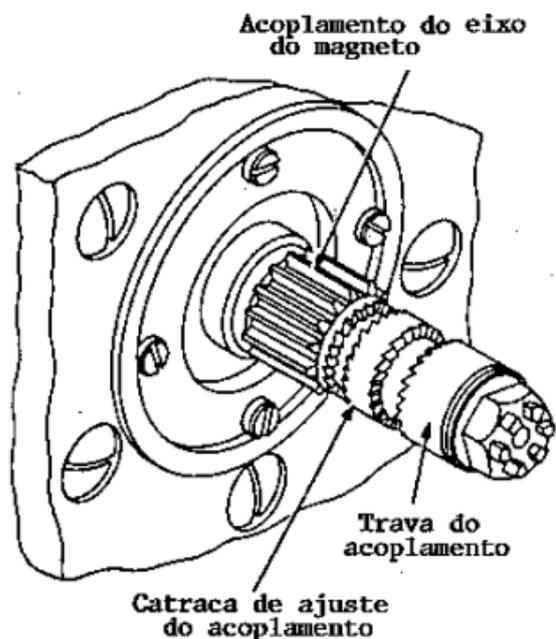
Após os pontos estarem ajustados como necessário, verifica-se os parafusos e a trava dos pontos de ajuste estão firmes. Sempre se verifica a abertura dos contatos após apertar os parafusos de fixação.

### Regulagem do Magneto Usando o Dispositivo de Catraca

Por causa do projeto da cablagem de ignição em alguns motores, não é possível girar o magneto no seu montante e conseguir pequenas alterações para sua regulagem. Provisão para se conseguir regulagem do magneto instalado são proporcionadas por um arranjo de catracas, na extremidade do seu eixo de acionamento (figura 4-43).

“Quando a porca do eixo de acionamento for desrosqueada, aproximadamente 1/8”, a ação de fixação do mecanismo de catraca é eliminada, e o acoplamento acionador é mantido contra as catracas somente por uma mola. Nessa posição, o acoplamento pode ser girado, produzindo um efeito de "estalos" entre as catracas que são mantidas pelas molas.

Uma típica catraca de regulagem possui 24 dentes em um dos lados e 23 no outro. Girando o acoplamento acionador um "estalo" ou dente no sentido horário, move  $15^\circ$  na mesma direção, no sentido anti-horário, o mesmo se movimentará  $15,65^\circ$ . Portanto, alternando o movimento do acoplamento acionador, um "estalo" ou dente, teremos um ganho de  $0,65^\circ$  no sentido anti-horário.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

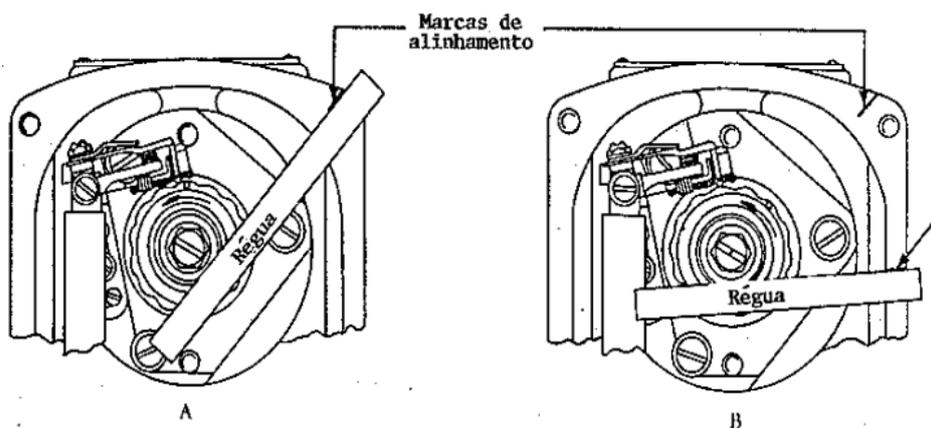
Figura 4-43 Dispositivo de catraca do magneto.

Para regular esse tipo de magneto, ferramentas especiais são geralmente determinadas pelas instruções do fabricante. Por outro lado, as instruções seguem geralmente àquelas discutidas anteriormente, a exceção está nos ajustes finos, que são feitos pela catraca de acoplamento acionadora do magneto.

### **Ajuste de Magneto de Montagem Fixa sem Ferramentas Especiais**

Alguns tipos de magnetos de alta tensão podem ser ajustados ao motor sem ferramentas especiais, usando o seguinte procedimento:

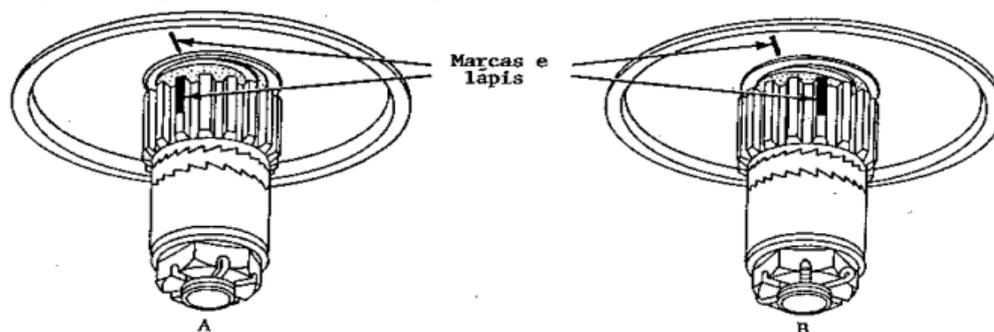
- 1) Instalar o equipamento apropriado para estabelecer a posição do eixo de manivelas;
- 2) Posicionar o eixo de manivelas para o número de graus de avanço predeterminado do ponto morto alto para centelhar, como especificado na instrução aplicável do fabricante;
- 3) Remover a tampa do magneto, e colocar uma régua ou escala longitudinalmente ao came de ressalto (figura 4-44/A). Alinhar a régua com a marca de ajuste na borda da peça fundida;
- 4) Enquanto o ressalto é mantido na posição de centelhamento, colocar o magneto em posição do motor, permitindo que o ressalto se movimente o necessário para que o eixo de acionamento com a chaveta do magneto deslize dentro do acionador do motor;
- 5) Manter o came na direção oposta de rotação, a fim de remover a folga entre o magneto e o trem da caixa de engrenagens. Então, enquanto é mantida sem folga, a caixa de engrenagens, colocar a régua transversalmente no ressalto do came do magneto e fazer uma marca com lápis no alojamento (figura 444/B);



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-44 Régua de alinhamento.

- 6) Remover o magneto do motor e, usando uma régua no ressalto, alinhá-lo no alojamento. Enquanto o ressalto é mantido nessa posição, aplicar força no acionador do magneto na direção de rotação, para remover a folga das engrenagens. Com a folga removida e o ressalto no came alinhado com a marca a lápis, fazer uma marca na chaveta do eixo de acionamento e outra correspondente na carcaça (figura 4-45/A);
- 7) Girar o ressalto do magneto para a posição de centelhamento n° 1, onde a régua alinha com a marca de ajuste (figura 4-44/A). O resultado é um alinhamento do acoplamento acionador similar àquela mostrada na vista B da figura 4-45;
- 8) Enquanto se mantém o ressalto na posição correta de ajuste, catracar o acoplamento acionador até que o dente marcado da chaveta se alinhe com a marca, que foi feita a lápis, na carcaça (figura 4-45/A);
- 9) Apertar a porca do eixo acionador do magneto, e travá-la com contrapino. Instalar o magneto enquanto o came está na posição de centelhamento n° 1;



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-45 Marcação da chaveta do eixo.

- 10) Após o magneto estar instalado, e antes de apertar as porcas de fixação, verificar novamente o alinhamento do ressalto do came com a marca de ajuste. Quando se faz esse "check", geralmente gira-se o ressalto na direção oposta de rotação, para remover a folga do magneto e da caixa de engrenagens do motor;
- 11) Mover a hélice, vagarosamente, uma pá na direção oposta de rotação, até que o eixo de manivelas esteja nos designados números de graus de avanço do ponto morto alto (posição de faiscamento). Verificar novamente o alinhamento da régua com a marca de referência.

Se o alinhamento correto não foi obtido, remover o magneto e substituir o mecanismo catracado no eixo acionador, como necessário;

12) Aterrar o fio preto da luz de sincronismo do motor, conectando um dos fios vermelhos ao platinado. Girar a hélice na direção oposta a de rotação. Com a luz de ajuste ligada, mover a hélice vagarosamente na direção de rotação até que o platinado abra para o cilindro nº 1. Se o platinado não abrir dentro de mais ou menos meio grau do curso do eixo de manivelas, da posição especificada nas instruções do fabricante, repete-se o procedimento de ajuste.

### **Ajuste da Palheta de Contato do Distribuidor no Sistema de Alta Tensão**

As palhetas do distribuidor são partes básicas para os magnetos esquerdo e direito, na maioria dos modelos de motores.

Quando os distribuidores são separados, um ajuste fino é conseguido através da regulagem apropriada de palhetas.

As palhetas, em alguns motores, são ajustadas pela mudança do flange acionador do distribuidor e pela seleção apropriada do furo de fixação. Em qualquer motor que incorpore distribuidores separados, a palheta deve estar alinhada com o eletrodo para o cilindro nº 1, quando o eixo de manivelas estiver no número determinado de graus de avanço do ponto morto alto para o magneto centelhar.

Nos motores, o ajuste apropriado da palheta é obtido, primeiramente, estabelecendo a correta posição do ponto morto alto. Então, o eixo de manivelas é colocado no número pré-determinado de graus de avanço desta mesma posição. Finalmente, a palheta é ajustada para se alinhar com o eletrodo nº 1, quando todas as folgas forem eliminadas entre as engrenagens acionadoras.

Uma vez que há vários tipos diferentes de distribuidores com sistema de alta tensão, as instruções aplicáveis do fabricante devem sempre ser consultadas, antes de ajustar o distribuidor para o motor. Um resumo dos procedimentos usados no ajuste de um determinado tipo de distribuidor está incluído como exemplo.

Para se ajustar o distribuidor ao motor, se solta o alojamento, removendo-se alguns cabos das velas presos ao distribuidor. O alojamento é solto pela remoção do anel fixador da base, então, o alojamento é empurrado, expondo a palheta no distribuidor.

O passo seguinte no procedimento de ajuste do distribuidor é remover a palheta para expor a porca que fixa o acoplamento acionador. Se solta a porca e instala-se a ferramenta de ajuste apropriada. Gira-se a unidade de acoplamento contra a linha normal com a linha traçada na superfície divisória. A porca de acoplamento é presa nesta posição após todas as folgas terem sido eliminadas das engrenagens acionadoras do distribuidor. A ferramenta de ajuste pode, agora, ser removida e a palheta instalada.

Agora, o conjunto de alojamento do distribuidor pode ser colocado na posição da base. Prendem-se todos os anéis de fixação no distribuidor, instalando os cabos de vela que foram removidos.

O distribuidor deve ser protegido como necessário.

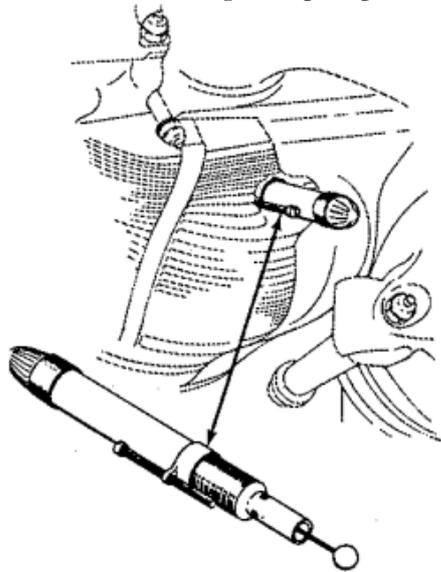
### **Procedimento de Ajuste do Sistema de Magneto de Baixa Tensão**

No ajuste do magneto para o motor, um número de diferentes indicadores pode ser usado para localizar a posição do ponto morto alto do pistão. No exemplo, a luz indicadora (figura 4-46) será usada com um disco fixado ao flange do arranque na caixa de acessórios.

Para se usar a luz indicadora a fim de encontrar o ponto morto alto, gira-se a hélice na direção normal de rotação até que o êmbolo de compressão seja visto e, então, a luz indicadora é instalada no orifício da vela.

Gira-se a hélice na direção normal de rotação até que a luz acenda o que indica que o pistão moveu a haste do indicador. No momento em que a luz acender, pare e anote a leitura do grau do disco de ajuste.

A hélice é movida na direção normal de rotação até que a luz se apague. Neste momento, anote a leitura dos graus que aparecem no disco de ajuste.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-46 Lâmpada indicadora do ponto morto alto.

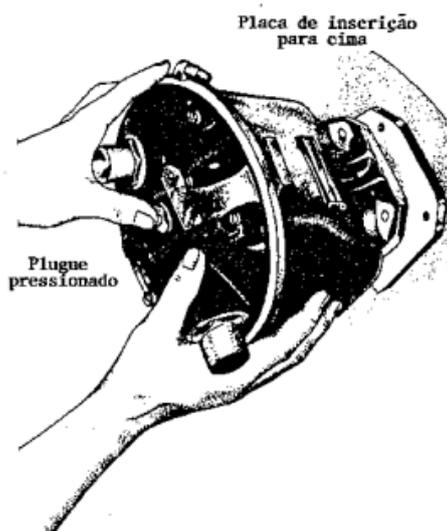
Anote o número de graus do percurso, entre o acender e apagar da luz. A metade do curso entre luz acesa e luz apagada indica o ponto morto alto.

Antes da instalação de qualquer parte do sistema de ignição, a unidade que está sendo instalada já deve ter sido verificada e inspecionada, quanto à correta operação. Examinam-se todos os parafusos externos quanto ao torque correto, observando se os freios foram confeccionados nos devidos lugares. Usa-se uma nova junta no flange de montagem.

Após se localizar o ponto morto alto, retorna-se a hélice aproximadamente 3/4 de volta em direção oposta a de rotação. Então, gira-se a hélice até que o pistão esteja na posição normal de faiscamento.

O eixo acionador do magneto deve estar apertado, e o contrapino instalado. Remova a presilha de mola do êmbolo de ajuste, a qual o mantém na posição "para fora". Existem quatro entalhes no eixo do magneto, o êmbolo se encaixa nesses entalhes durante a operação de ajuste, para manter o eixo do magneto na correta posição de folga "E". Empurre o êmbolo (girando o eixo de acionamento do magneto) até ficar encaixado em um desses entalhes, então, posicione o magneto no flange de montagem do motor (figura 4-47), mantendo o êmbolo na posição, sem que ele deslize.

Se a chaveta no membro acionador não encaixar quando o magneto estiver devidamente posicionado no flange de montagem, move-se o magneto para fora do flange, girando o seu eixo.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-47 Instalação de um magneto em 90°, para que as partes inferiores do êmbolo se encaixem na próxima fenda no eixo de magneto.

O magneto é colocado de volta no flange de montagem, as chavetas e as fendas encaixadas. Se não, repete-se este procedimento até que as chavetas se encaixem, e o magneto esteja posicionado no flange de fixação. Após a correta posição ter sido encontrada, mantém-se o magneto nela, apertando as porcas do prisioneiro para fixá-lo ao flange do motor.

Para determinar que o magneto esteja montado na posição de folga "E", gira-se a hélice lentamente, quando estiver próximo da posição normal de faiscamento para o cilindro nº 1, o êmbolo é comprimido, devendo encaixar no entalhe, assim que a posição for alcançada.

### **Instalação do Distribuidor do Sistema de Baixa Tensão**

O distribuidor em um sistema de baixa tensão, como aquele discutido anteriormente, é instalado como unidade separada. Ele é uma montagem em flange, com fendas alongadas usadas para ajuste.

Antes da instalação do distribuidor, verifica-se a designação da haste "master" na placa de identificação do distribuidor em relação à placa dos dados do motor para ver se o distribuidor possui o platinado correto, correspondendo com a localização da haste "master" no motor.

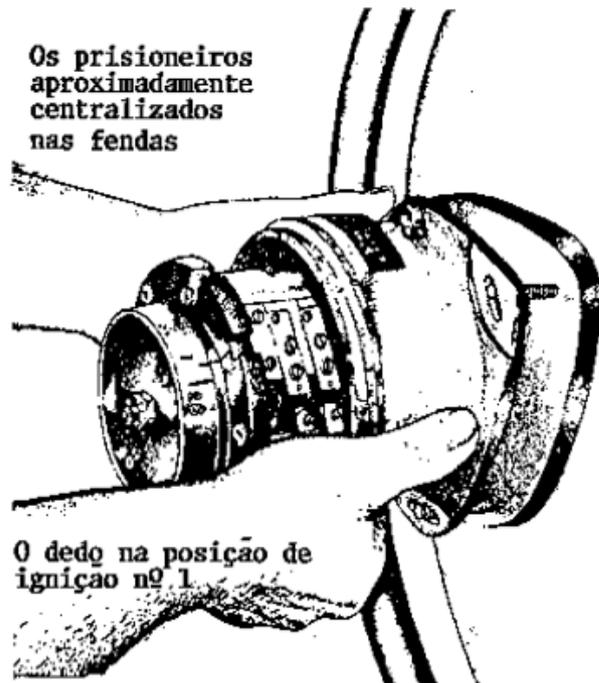
Deixa-se o pistão no número especificado de graus antes do ponto morto alto usado para ajuste do magneto. Para impedir que partículas estranhas entrem na unidade, a tampa protetora não é removida até o momento exato da instalação do distribuidor. Nesta hora, remove-se o anel de fixação e, também, a tampa de proteção do distribuidor.

O eixo de acionamento é girado até que a linha marcada com "1" na palheta esteja alinhada com a linha marcada "time-open" no prato coletor, como mostrado na figura 4-48.

Mantém-se o distribuidor na posição, instalando-o no flange de montagem, a fim de que os prisioneiros fiquem alinhados no centro das fendas alongadas desse flange, como mostrado na figura 4-48.

Se os prisioneiros não estiverem alinhados na parte intermediária nas fendas do flange, remove-se o distribuidor e desloca-se a engrenagem acionadora um dente na chaveta. Então, reinstala-se o magneto para que a palheta seja mantida alinhada com a posição "1". Quando a posição correta for encontrada na engrenagem acionadora, tira-se o distribuidor

do flange de montagem, aperta-se a porca, e instala-se um novo contrapino na porca-castelo.



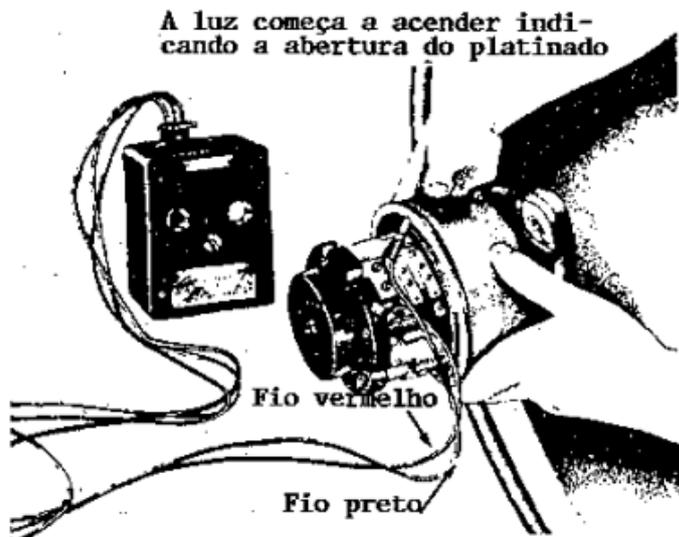
Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-48 Instalação do distribuidor.

O fio vermelho da luz de ajuste é conectado no lado isolado do platinado principal "Nº1", e o fio preto no alojamento (figura 4-49). Gira-se o distribuidor no sentido horário no seu flange de montagem até que a luz acenda, indicando que os contatos estão começando a abrir. Aperta-se a porca de fixação com o distribuidor nesta posição, instala-se o outro distribuidor do motor, usando o mesmo procedimento.

Após estarem ambos os distribuidores instalados, sua operação deve ser sincronizada.

O fio vermelho da luz de ajuste é conectado em cada platinado principal e o fio preto na massa. Retorna-se a hélice pelo menos um quarto de volta, e depois gire-a lentamente na direção normal de rotação até a posição de faiscamento nº 1, - para ver se ambos os platinados principais abrem ao mesmo tempo. Se ambas as luzes de ajuste acenderem simultaneamente, significa que os distribuidores estão sincronizados. Se elas não acenderem ao mesmo tempo, os distribuidores devem ser dessincronizados.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-49 Ajustando o distribuidor de baixa tensão do motor.

Para isto, basta girar o segundo distribuidor lentamente no flange de montagem até que ambos os pares de contatos (um em cada distribuidor) abram no mesmo instante (que deve ser também no mesmo instante em que o cilindro nº 1 atinge o ponto de faiscamento).

As cabeças do distribuidor são substituídas e os anéis de fixação presos. O sistema de ignição está agora pronto para um teste operacional.

### Efetuando um Teste no Sistema de Ignição

Existem, normalmente, três testes de ignição efetuados na aeronave durante a verificação operacional do motor.

O primeiro é efetuado durante o aquecimento, o segundo, pela pressão barométrica do campo e o terceiro, antes do corte do motor.

O primeiro teste de ignição é feito durante o aquecimento por recomendação do fabricante. Realmente, ele é uma combinação do teste do sistema e do interruptor de ignição, e é usado para verificar o sistema quanto ao correto funcionamento antes que outros testes sejam realizados.

O segundo teste é efetuado como no teste do sistema de ignição, e é usado para verificar individualmente os magnetos, as cablagens e as velas. O terceiro é efetuado como o teste do interruptor de ignição, e é usado para testar o interruptor quanto ao devido aterramento para a segurança no solo.

O teste do sistema de ignição é normalmente efetuado com o teste de potência, e é, algumas vezes, referido como barométrico do campo, porque nos motores de grande porte ele é efetuado a uma pressão no distribuidor igual à pressão barométrica do campo. O teste de potência é também efetuado nessa mesma pressão (o de ignição não deverá ser confundido com o teste de alta potência). A exata R.P.M. e a pressão no distribuidor, para fazer esse teste, podem ser encontradas nas instruções do fabricante.

A pressão barométrica usada como referência será a leitura obtida do manômetro da tubulação para o motor envolvido, antes da partida e após o corte.

Após atingida a R.P.M. do motor especificado para o teste do sistema de ignição, aguarda-se a estabilização da mesma.

Coloca-se o interruptor da ignição na posição "right", notando se a R.P.M. cai no tacômetro. O interruptor é retornado para a posição "both", permanecendo nela por alguns segundos até que a R.P.M. se estabilize novamente.

Coloca-se o interruptor para a posição "left" e, novamente, nota-se se a R.P.M. cai. Em seguida retorna-se o interruptor de ignição para "both".

Efetuada este teste, basta bater levemente na borda do tacômetro, para garantir que o ponteiro indicador se mova livremente. Um ponteiro paralisado pode ocultar mau funcionamento da ignição.

Existe uma tendência desse teste ser efetuado rapidamente, o que resulta em erros de indicações.

A operação de ignição simples por mais de um minuto não é considerada excessiva, mas esse intervalo de tempo, geralmente, não deve ser excedido.

A quantidade total da queda de R.P.M., que ocorre, imediatamente, é anotada e, também, a quantidade que ocorre lentamente para cada seleção do interruptor.

A análise na queda de R.P.M. fornece informações úteis. Esse teste do sistema de ignição é normalmente efetuado no início da virada do motor, porque se a queda da R.P.M. não estiver dentro dos limites, ele pode afetar todos os outros testes posteriores.

### Verificação da Chave Seletora de Ignição

A verificação da chave seletora de ignição é normalmente realizada em 700 R.P.M. Nos motores em que a marcha lenta está acima deste valor, a mínima R.P.M. possível é selecionada.

Quando a velocidade para efetuar esse teste é obtida, momentaneamente gira-se a chave de ignição para a posição "off".

A ignição do motor deve ser perdida completamente.

Após uma queda entre 200 a 300 R.P.M. ser observada, retorna-se a chave para a posição "both" o mais rápido possível.



Fonte: [www.maam.org](http://www.maam.org) – [www.free-online-private-pilot-ground-school.com](http://www.free-online-private-pilot-ground-school.com)

Exemplo de chave e tacômetro

Isso é feito rapidamente, para eliminar a possibilidade de pós-explosão, e um retorno de chama quando a chave for retornada para a posição "both".

Se a chave não for retornada rapidamente, a rotação do motor cairá a ponto dele parar. Nesse caso, a chave seletora fica na posição "off", e o controle de mistura é colocado na posição "idle-cut-off", para evitar sobrecarga nos cilindros, e a emissão de combustível não queimado pela descarga do motor.

Quando o motor estiver completamente parado, deve ficar desligado por um curto período antes de ser acionado novamente.

O teste da chave seletora é efetuado para observar se todos os cabos massa do magneto se encontram eletricamente aterrados.

Se o motor não cessar a explosão com a chave na posição "off", indica que o cabo massa do magneto, mais comumente referido como cabo "P", está aberto, e o problema deve ser corrigido.

### **Substituição dos Cabos de Ignição**

Quando um cabo defeituoso é descoberto pelo teste na cablagem de ignição, é preciso saber se são apenas os cabos, ou o bloco distribuidor que está com o defeito. Se o problema se encontra em apenas um cabo, a fuga elétrica pode estar no cotovelo da vela ou em outra parte.

Remove-se o cotovelo, puxando uma parte do cabo para fora do conduíte, e repete-se o teste de cablagem no cabo. Se parar de ocorrer a fuga, corta-se o pedaço defeituoso, instalando o cotovelo, o selo integral, e o "cigarette" (figura 4-50).

Se o cabo estiver muito curto, dificultando o reparo descrito ou se a fuga elétrica for internamente na cablagem, substitui-se o cabo defeituoso.

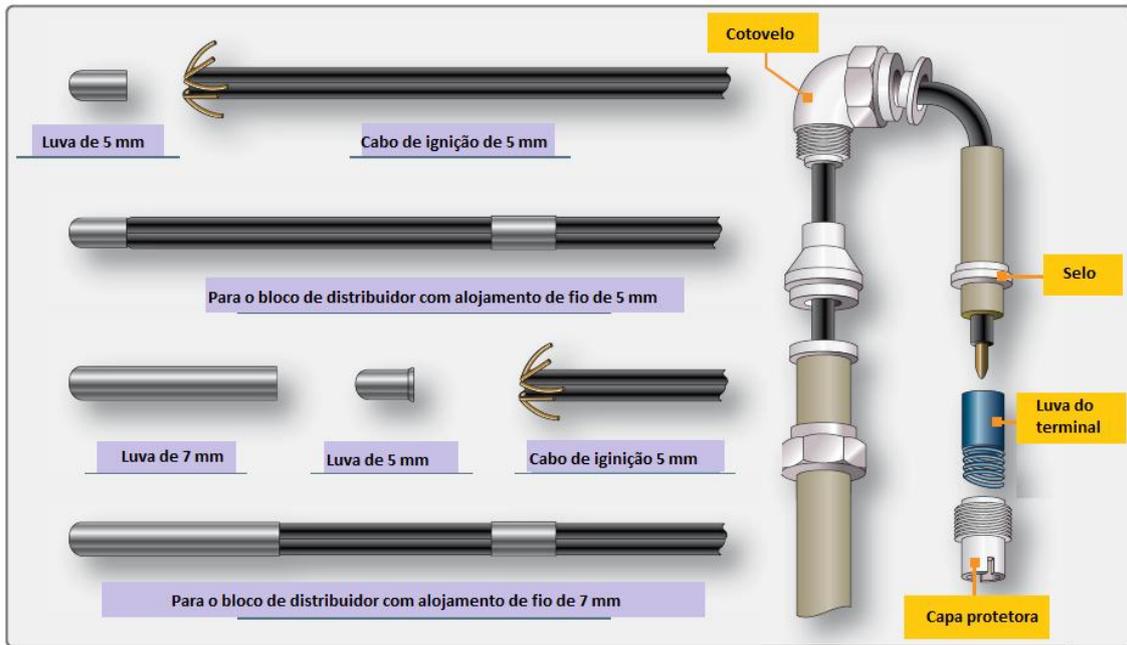
Se a cablagem não for do tipo reparável, a mesma deve ser substituída integralmente. Os procedimentos para substituir os cabos de ignição são os seguintes:

- 1) Desmontar o magneto ou o distribuidor de maneira que o bloco distribuidor fique acessível;
- 2) Soltar o parafuso correspondente ao fio a ser substituído no bloco distribuidor e removê-lo;
- 3) Desencapar as extremidades do fio defeituoso que vem do bloco distribuidor e do fio substituto, aproximadamente 1 polegada. Unir e soldar as extremidades;
- 4) Remover o cotovelo do terminal do cabo ignitor defeituoso, puxar o cabo velho e empurrar o novo na cablagem. Enquanto se puxa os cabos através da cablagem, é importante empurrar o cabo substituto por dentro do conduíte, pela extremidade junto ao terminal distribuidor, para reduzir a força requerida a retirar o cabo completamente;
- 5) Quando o cabo substituto estiver completamente introduzido no conduíte, o cabo de ignição é forçado para dentro do conduíte, de maneira a proporcionar um comprimento extra para futuros reparos, que poderão ser necessários devido ao roçamento com o cotovelo;
- 6) Desencapar aproximadamente 3/8 de polegada do terminal do bloco distribuidor. Dobrar os terminais do fio para trás, e preparar os terminais do cabo para instalação no bloco distribuidor, como mostrado na figura 4-50. Introduzir o cabo no distribuidor, e apertar os parafusos;
- 7) Desencapar aproximadamente 1/4" do cabo na extremidade junto à vela, e instalar o cotovelo, o selo integral e o "cigarette", como ilustrado na figura 4-50.
- 8) Instalar um marcador no terminal do cabo no distribuidor, para identificar o número do cilindro.

Se um novo marcador não estiver disponível, usar o marcador removido do cabo usado.

### **Substituição da Cablagem**

Substitui-se uma cablagem reparável de ignição completa somente quando a blindagem do conduíte estiver danificada, ou quando o número de cabos danificados tornar mais prático a substituição da cablagem do que a dos fios individualmente.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-50 Procedimentos para substituição dos terminais do cabo de ignição.

Substitui-se uma cablagem blindada somente quando ocorre indicação de fuga na porção blindada. Antes de se substituir qualquer cablagem para corrigir um mau funcionamento no motor, efetua-se um teste completo. Os procedimentos típicos para se instalar uma cablagem de ignição são:

- 1) Instalar a cablagem no motor. Apertar e frenar as porcas e os parafusos, instalando e apertando os suportes individuais dos cabos, de acordo com as instruções. A cablagem está, então, pronta para a conexão do cabo individual com o bloco distribuidor. Um colar é preso em cada cabo no terminal junto ao distribuidor para identificação do cilindro. Contudo, cada cabo deve ser verificado individualmente quanto a continuidade, ou através da luz de ajuste antes de conectá-lo;
- 2) Verificar quanto a continuidade, aterrando o cabo ao cilindro e testando o terminal junto ao bloco distribuidor, para confirmar que o aterramento está de acordo com o colar de identificação;
- 3) Após verificar todos os cabos quanto a correta identificação, cortá-los com o comprimento apropriado para a instalação no bloco distribuidor. Entretanto, antes de cortar os cabos, introduzi-los, o quanto possível, no conduíte, proporcionando uma extensão extra de cabo. Esta reserva poderá ser útil mais tarde, no caso do roçamento do cabo com o cotovelo tornar necessário o seccionamento da extremidade para reparos. Após cortar cada cabo no comprimento adequado, desencapá-lo aproximadamente 3/8", e prepará-lo para a inserção no bloco distribuidor. Antes de instalar o cabo, retirar o parafuso do bloco para permitir a introdução do cabo no furo sem forçar. Após introduzido, apertar o parafuso. Conectar os cabos na ordem de fogo, isto é, o primeiro cilindro explode na posição nº 1 no bloco, o segundo na ordem de fogo para a posição nº 2, etc. As conexões do bloco distribuidor com o cilindro para vários motores são mostradas na tabela da figura 4-51.

Após conectar cada cabo, verifica-se a continuidade entre o mesmo e o eletrodo do bloco distribuidor, com uma luz de continuidade ou uma luz de regulagem. Para efetuar este

teste, aterra-se o cabo de ignição (para o motor) no terminal da vela, assim como um dos cabos de teste e encosta-se o outro no eletrodo do bloco distribuidor correspondente. Se a luz não indicar que o circuito está completo, é sinal de que o parafuso não está fazendo contato com o cabo de ignição, ou o mesmo está conectado em local incorreto no bloco. Qualquer falha de conexão deve ser corrigida antes de se instalar o bloco distribuidor.

Número no bloco distribuidor	Radial de 18 cilindros	Radial de 14 cilindros	Radial de 9 cilindros	Radial de 7 cilindros	Em linha 6 cil. opostos	Em linha 4 cil. opostos
1	1	1	1	1	1	1
2	12	10	3	3	4	3
3	5	5	5	5	5	2
4	16	14	7	7	2	4
5	9	9	9	2	3	
6	2	4	2	4	6	
7	13	13	4	6		
8	6	8	6			
9	17	3	8			
10	10	12				
11	3	7				
12	14	2				
13	7	11				
14	18	6				
15	11					
16	4					
17	15					
18	8					

Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-51 Tabela para cabos conectores do bloco distribuidor de vários motores.

### Teste do Sistema de Bobina de Alta Tensão de Ignição

Para se verificar o enrolamento da bobina de alta tensão quanto a correta operação, remove-se o cabo de alta tensão do mesmo.

Uma das extremidades do cabo de teste da ignição de 7mm de comprimento é instalada no enrolamento da bobina de alta tensão, mantendo o outro terminal com 3/8" com uma massa apropriada.

Um ajudante deve verificar se o controle manual de mistura está na posição "idle-cutoff", se a válvula de corte e a bomba de combustível daquele motor estão desligadas, e se o interruptor da bateria está ligado.

Se o motor estiver equipado com um arranque combinado, ou de inércia, o ajudante deve fechar o interruptor de malha ou de engate. Não se deve energizar o arranque antes de engatá-lo. Se o motor estiver equipado com um arranque de acionamento direto, a hélice deverá estar livre e o interruptor de partida fechado.

Quando o interruptor de engate malha ou partida (dependendo do sistema de partida do motor) estiver fechado, deve ocorrer o centelhamento contínuo através do terminal do cabo de teste.

Estas centelhas devem ser abundantes, além de saltarem rapidamente com um luminoso arco azul para serem consideradas satisfatórias. Se a bobina de alta tensão estiver operando satisfatoriamente, é preciso avisar o ajudante que ele deve soltar o interruptor de partida. Então, remove-se o cabo de teste e reinstala-se o cabo de alta tensão da bobina.

Para se testar o vibrador de indução, o controle manual de mistura deve estar em "idlecut-off", a válvula de corte de combustível fechada, a bomba de combustível desligada, e o interruptor da bateria ligado.

Uma vez que o vibrador de indução emite um característico "buzz" se o interruptor de ignição for ligado ou desligado, deixa-se o interruptor desligado durante o teste.

Se o motor estiver equipado com um arranque combinado ou de inércia, o teste é realizado pelo fechamento do interruptor de malha ou de engate. Se o motor está equipado com um arranque de acionamento direto, verifique se a hélice está livre, e acione o interruptor de partida, fechado.

Um ajudante, situado próximo ao vibrador, deve ouvir o som característico produzido. Se isso ocorrer quando o arranque for engatado ou acionado, indica que o vibrador está operando corretamente.

## **2.5 MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO DA VELA**

A operação da vela pode frequentemente ser a maior responsável por um mau funcionamento do motor, devido ao acúmulo de chumbo, grafite, ou carbono, e à erosão do vão entre os eletrodos da vela.

Muitas dessas falhas, que geralmente acompanham uma operação normal da vela, podem ser minimizadas através de boas práticas de manutenção e operação.

### **Carbonização das Velas**

A carbonização (figura 4-52) proveniente do combustível é associada com misturas que são muito ricas para queimar ou misturas que são pobres e causam uma queima intermitente.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA* [www.flyplatinum.com](http://www.flyplatinum.com)

Figura 4-52 Vela carbonizada.

Cada vez que uma vela não centelha, o combustível não queimado e o óleo se acumulam nos eletrodos e na borda dessa vela. Essas dificuldades estão quase invariavelmente associadas com o ajuste incorreto da marcha lenta, um vazamento da injeção (primer), ou um mau funcionamento do carburador, - que provoca o enriquecimento da mistura no tempo de marcha lenta.

Uma mistura combustível/ar muito rica é detectada pelo aparecimento de fuligem ou fumaça preta na descarga, e pelo aumento de R.P.M. quando a mistura combustível/ar é empobrecida para "best power".

A fuligem que se forma é o resultado do excessivo enriquecimento da mistura em marcha lenta que se acumula dentro da câmara de combustão devido ao baixo calor do motor e a baixa turbulência da câmara.

Em altas velocidades e regimes de potência do motor, a fuligem é facilmente eliminada, e não se condensa na câmara de combustão.

Mesmo que a mistura em marcha lenta esteja correta, existe a tendência do óleo ser puxado para dentro do cilindro pelos anéis do pistão, guias de válvula e anéis retentores de óleo do eixo acionador. Em baixas rotações, o óleo se combina com a fuligem no cilindro para formar um sólido, que é capaz de curto circuitar os eletrodos da vela.

As velas, quando molhadas ou cobertas com óleo lubrificante, geralmente estão eletricamente isoladas na partida do motor.

Em alguns casos essas velas podem se tornar limpas e operarem adequadamente após um curto período de operação do motor.

O óleo de motor que foi utilizado durante qualquer duração de tempo manterá em suspensão pequenas partículas de carbono, as quais são capazes de conduzir corrente elétrica. Deste modo, não ocorrerá o arco no vão desta vela entre os eletrodos quando a mesma estiver encharcada.

Em vez disso, o impulso de alta tensão fluirá através do óleo de um eletrodo para o outro sem centelhar, como se fosse colocado um fio condutor entre os dois eletrodos. A

combustão no cilindro afetado não ocorrerá, até que a r.p.m. se torne elevada, aumentando o fluxo de ar que expelirá o excesso de óleo. Então, durante a partida intermitente, a combustão auxilia na emissão do óleo remanescente.

Em poucos segundos o motor está operando livre, com emissão de fumaça branca da evaporação e da queima de óleo pela descarga.

### Depósito de Chumbo nas Velas

O depósito de chumbo nas velas de aviação é uma condição provável em qualquer motor que use combustível com chumbo.

O chumbo é adicionado ao combustível de aviação para melhorar suas qualidades antidetonantes. Contudo, ele tem o efeito indesejável de formação de óxido durante a combustão. Esse óxido de chumbo forma um sólido com vários graus de dureza e consistência.

Depósitos de chumbo nas superfícies da câmara de combustão são bons condutores elétricos em elevadas temperaturas e causam falhas na detonação. Em baixas temperaturas os mesmos depósitos podem se tornar bons isoladores.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-53 Velas com depósito de chumbo.

Em qualquer dos casos, formações de chumbo nas velas das aeronaves, impedem sua operação normal, como mostrado na figura 453. Para minimizar a formação de depósitos de chumbo, dibromido de etileno é adicionado ao combustível como agente limpante (que combina com o chumbo durante a combustão).

Incrustações de chumbo podem ocorrer em qualquer regime de potência, mas provavelmente o mais propício para a formação de chumbo é o de cruzeiro com mistura pobre. Nesse regime, a temperatura na cabeça do cilindro é relativamente baixa, e há um excesso de oxigênio em relação ao necessário para consumir todo combustível da mistura ar/combustível.

O oxigênio, quando aquecido, é muito ativo e agressivo, e quando todo o combustível é consumido, parte do excesso de oxigênio combina com parte de chumbo e parte do agente limpante para formar oxigênio composto de chumbo ou bromo, ou de ambos. Alguns desses compostos de chumbo indesejáveis solidificam e formam camadas, que aderem nas paredes do cilindro e nas velas, que estão relativamente frias.

Apesar da carbonização ocorrer em qualquer regime de potência, a experiência indica que a formação do chumbo é geralmente confinada a uma específica faixa de temperatura de combustão, e que as temperaturas, maiores ou menores que aquelas da faixa especificada, minimizam a tendência de formação de chumbo.

Se a incrustação for detectada antes das velas estarem completamente obstruídas, o chumbo pode normalmente ser eliminado ou reduzido por um aumento ou decréscimo brusco na temperatura de combustão. Isto impõe um choque térmico nas partes do cilindro, causando sua expansão ou contração.

Havendo um grau diferente de expansão entre depósitos e partes de metal onde eles se formam, os depósitos descascam ou soltam, e então são liberados da câmara de combustão pela exaustão, ou são queimados no processo de combustão.

Diversos métodos de produção de choque térmico para partes do cilindro são usados. O método usado, naturalmente, depende do equipamento e acessório instalado no motor.

Um aumento brusco na temperatura de combustão pode ser obtido em todos os motores, operando-os em potência máxima por aproximadamente 1 minuto.

Quando usado esse método para eliminação, o controle de hélice deve ser colocado em passo mínimo (alta r.p.m.) e a manete avançada vagarosamente para obter a rotação de decolagem e pressão de admissão. Um vagaroso movimento do manete de controle evita retorno de chama nos cilindros afetados durante a aplicação de potência.

Outra forma de produção de choque térmico é o uso de misturas ar/combustível excessivamente ricas. Essa forma refrigera repentinamente a câmara de combustão por causa do combustível em excesso que não contribui para a combustão, ao contrário, ele absorve calor da área de combustão.

Alguns carburadores usam controle de mistura manual de 2 posições, que dosa uma mistura pobre em cruzeiro econômico e uma mais rica para todas as potências acima de cruzeiro.

Nenhum controle manual nesse tipo de configuração é capaz de produzir uma mistura excessivamente rica. Mesmo quando o motor é operado em mistura rica automática as potências onde um regime de mistura mais pobre poderia ser completamente satisfatório, ela não é rica o suficiente.

Consequentemente, para obter uma mistura mais rica que o carburador é capaz de dosar, um sistema de injeção é usado para suplementar o fluxo de combustível normal. Enriquecimento da mistura e choque térmico pode ser alcançado pelo sistema de injeção em todas as velocidades do motor, mas esta eficiência na remoção de chumbo diminui à medida que o combustível dosado, através dos canais normais, aumenta. A razão para isto é que toda injeção elétrica envia um fluxo constante a todas as velocidades e potências dos motores em um mesmo período de tempo.

Portanto, comparativamente, a injeção enriquecerá as misturas pobres às baixas velocidades, mais que ela enriqueceria para altas velocidades.

Independente da potência em que a injeção ocorra, ela deverá ser usada continuamente com 2 minutos de intervalo. Se a operação normal do motor não for restabelecida após um intervalo de 2 minutos, deve ser necessário repetir o processo diversas vezes.

Alguns sistemas de injeção injetam somente nos cilindros acima da linha central horizontal do motor, no caso, somente aqueles cilindros que recebem a carga de injeção podem ser limpos.

Em motores equipados com injeção de água, a temperatura pode ser bruscamente diminuída pela operação manual desse sistema.

A injeção de água é normalmente reservada para operações de altas potências, mas quando ela é usada somente para limpeza, o sistema é mais eficaz quando ativado no limite de cruzeiro, sendo ele acompanhado por uma momentânea perda de potência.

Essa perda pode ser traçada pelos seguintes fatores: primeiramente, o jato de empobrecimento não é medido no regime de cruzeiro. Por essa razão, quando a válvula de empobrecimento é fechada pelo sistema de injeção de água, não existe decréscimo no fluxo de combustível do carburador.

O segundo fator é que, quando o regulador de água primeiro começa a dosar, ele dosa o combustível que retornou para dentro da linha de transferência de água durante a operação normal seca. Esse combustível, acrescido de outro fluxo de combustível proveniente do carburador, produz uma mistura extremamente rica, que, temporariamente, encharca o motor.

Tão logo esse combustível seja consumido pelo motor, a potência se normaliza, mas para um valor menor do que foi obtido antes da injeção de água. Quando a injeção é usada para baixas temperaturas de combustão, ela é limitada a um curto intervalo (aproximadamente 1 minuto), mesmo se diversos intervalos forem necessários para livrarem os cilindros dos depósitos de chumbo.

Alguns sistemas de injeção de água são considerados automáticos, isto porque o operador não tem nenhum controle da potência na qual o sistema interromperá o processo. Esses sistemas iniciam injeção de água automaticamente a uma pressão pré-determinada, se a bomba de água tiver sido ligada.

Quando eles são usados para eliminação de chumbo, o benefício total da injeção de água não pode ser obtido por causa das altas potências selecionadas, onde o sistema automático começa a operar, mais calor é gerado pelo motor, a proporção ar/combustível é empobrecida e a temperatura de combustão não pode ser diminuída o suficiente.

Independentemente de como o chumbo é removido das partes do cilindro, se é através de operação de alta potência, pelo uso da injeção, ou pelo uso do sistema de injeção de água, a ação corretiva deve ser iniciada antes que as velas estejam completamente danificadas.

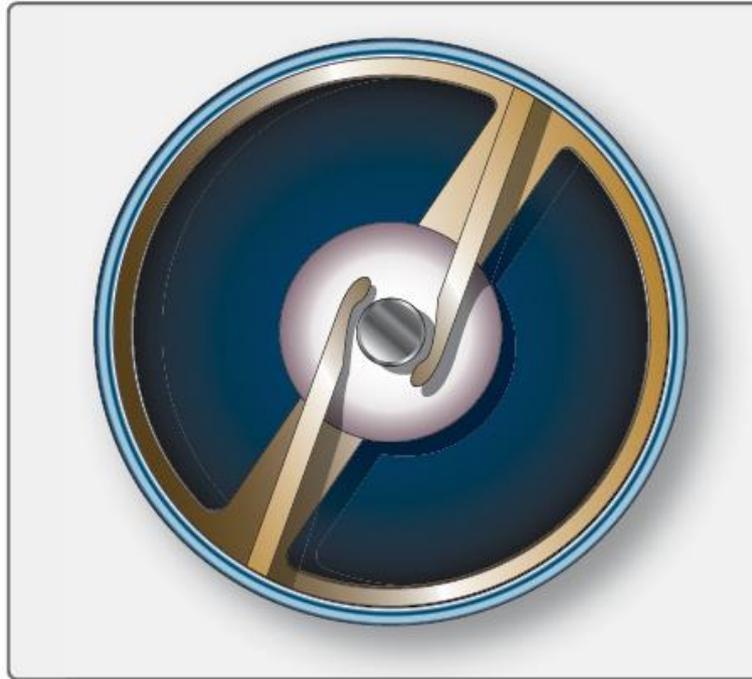
### **Formação de Grafite nas Velas**

Como resultado do descuido e da excessiva aplicação de uma camada de lubrificante nas rosca das velas, o lubrificante fluirá sobre os eletrodos, causando um curto-circuito. Isso ocorre porque o grafite é um bom condutor elétrico. A eliminação das dificuldades causadas pelo grafite depende dos mecânicos de aviação.

Devemos tomar cuidado quando aplicarmos o lubrificante, assegurando que dedos sujos, farrapos ou fios não entrem em contato com os eletrodos ou parte do sistema de ignição, exceto na rosca das velas. Praticamente, nenhum sucesso tem sido experimentado na tentativa de queimar ou expelir a camada de lubrificante da rosca.

### **Folga por Erosão das Velas**

A erosão dos eletrodos acontece em todas as velas de aeronaves quando a faísca salta entre os eletrodos (veja figura 4-54).



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-54 Folga da vela causada pela erosão.

A faísca carrega consigo uma porção do eletrodo, parte do qual é depositada no outro eletrodo, já o remanescente é soprado na câmara de combustão.

Como a folga é alargada pela erosão, a resistência que a faísca deve superar para saltá-la também aumenta. Isso significa que o magneto deve produzir uma voltagem mais elevada para superar aquela resistência.

Devido a grande voltagem no sistema de ignição existe uma grande tendência para descarga da vela em algum ponto de isolamento. Desde que a resistência de uma folga também aumente, quando a pressão nos cilindros do motor aumentar, um duplo perigo existe na decolagem, e durante uma aceleração súbita com alargamento das folgas das velas, a quebra de um isolamento provoca uma faísca prematura e sobras de carbono resultam em falha das velas.

Fabricantes das velas têm parcialmente sobrepujado o problema de folgas de erosão, usando um resistor selado hermeticamente no eletrodo central de algumas velas.

Essa resistência adicionada ao circuito de alta tensão reduz o pico de corrente no instante da ignição. O fluxo de corrente reduzida ajuda na prevenção da desintegração metálica nos eletrodos. Também, devido a razão de alta erosão do aço, ou algumas ligas conhecidas, os fabricantes de velas estão usando tungstênio ou uma liga de níquel para as tomadas dos eletrodos e galvanização de platina para fios finos de tomadas de eletrodo.

### **Remoção de Velas**

As velas devem ser removidas para inspeção ou serviço em intervalos recomendados pelo fabricante.

Uma vez que a razão de falhas de erosão varia com diferentes condições de operação, modelos de motores e tipo de velas, uma provável falha de velas, causando mau funcionamento do motor, pode ocorrer antes que o intervalo de serviço regular seja alcançado. Normalmente, nestes casos, somente as velas que falharam são substituídas.

Cuidadoso manuseio dos cabos usados e substituídos durante a instalação e remoção de velas em um motor não pode ser enfatizado, uma vez que velas podem ser facilmente danificadas.

Para prevenir danos, elas deverão sempre ser individualmente manuseadas e as novas e recondiçionadas, deverão ser armazenados em caixas de papelão separadas.

Um método comum de armazenamento é ilustrado na figura 4-55.

Isto é, uma bandeja furada que previne as tomadas contra choques de umas com as outras, que danificam os frágeis isoladores e roscas.



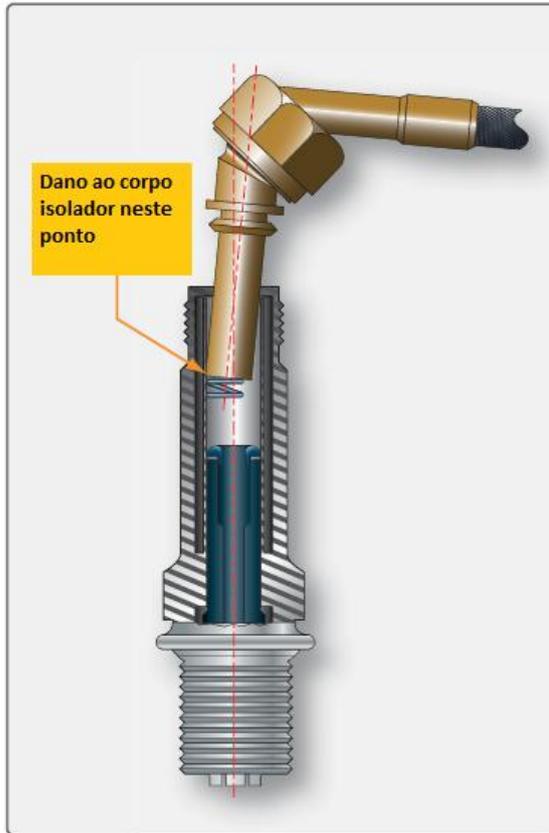
*Fonte: Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-55 Tabuleiro de velas.

Se uma vela cair no chão ou em outra superfície, ela não deverá ser instalada no motor, uma vez que impactos usualmente causam pequenas e invisíveis rachaduras nos isoladores. As velas deverão ser testadas sob condições de pressão antes do uso.

Antes dela ser removida, a cablagem de ignição deve ser desconectada. Usando uma chave especial para o acoplamento tipo cotovelo, remove-se da vela a porca do mesmo. Toma-se cuidado ao puxar o fio dos cabos, alinhando o com a linha de centro do corpo da tomada.

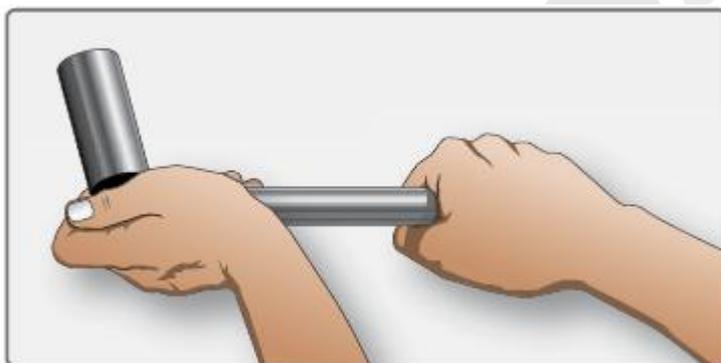
Se uma carga lateral é aplicada, como mostrado na figura 4-56, danos ao corpo isolador e ao terminal de cerâmica podem ocorrer. Se o cabo não puder ser removido facilmente desta maneira, o colar de neoprene deve ser colocado no corpo blindado. Quebra-se o colar de neoprene pela torção do mesmo, como se estivesse desenroscando uma porca de parafuso.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-56 Técnica inadequada para remoção do cabo de vela.

Após o cabo ter sido desconectado, seleciona-se a ferramenta apropriada para remoção das velas. Aplica-se uma pressão com uma das mãos no cabo da ferramenta, mantendo a soquete em alinhamento com a outra mão. Falha nesse alinhamento da ferramenta, como mostrado na figura 4-57, causará um levantamento na ferramenta para um lado e danificará a vela.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-57 Técnica apropriada para remoção.

No curso de operação do motor, carbono e outros produtos de combustão serão depositados através dos ignitores e cilindros, e algum carbono pode penetrar nas extremidades inferiores da rosca. Como resultado, um alto torque é geralmente requerido para soltar a vela. Este fator impõe uma carga de divisão na seção do revestimento do plug,

e, se a carga for grande o suficiente, a vela poderá se partir, fazendo com que a seção do revestimento fique com um orifício.

### **Inspeção e Manutenção Antes da Instalação**

Antes de instalar uma vela nova ou recondicionada no cilindro, limpe a rosca cuidadosamente.

Buchas de velas de latão ou aço inoxidável são usualmente limpas com uma escova. Antes de se inserir a bucha de limpeza no orifício do ignitor, as ranhuras da escova (canais entre as superfícies roscadas) são cheias com graxa limpa para prevenir que o carbono ou outro material removido pela escova caia dentro do cilindro.

Alinha-se a escova com as extremidades da bucha com um sinal qualquer, e inicia-se a escovação com a mão até que não haja possibilidade dela atravessar a bucha. Para iniciar a escovação em algumas instalações, onde os orifícios dos ignitores estão localizados mais profundamente do que se pode direcionar pelo aperto com a mão, deve-se usar uma extensão curta.

Quando se rosqueia a escova no embuchamento, as extremidades dessa devem encontrar o fundo rosqueado do embuchamento. Isto removerá depósitos de carbono proveniente das roscas das buchas sem remoção de metal, a menos que o passo das roscas tenha sido contraído.

Se durante o processo de limpeza das roscas, o embuchamento for encontrado solto no cilindro, ou ainda com elas cruzadas ou, por outro lado, seriamente danificadas, troca-se o cilindro.

Roscas de velas do tipo postiças (HeliCoil) são limpas com escova de fio arredondado, preferencialmente tendo o diâmetro ligeiramente mais largo que o diâmetro do orifício do ignitor.

Uma escova mais larga que o orifício pode causar remoção de material proveniente da rosca helicoidal ou da cabeça do cilindro. Também, a mesma não deverá desintegrar-se com o uso, permitindo a queda dos fios das cerdas para dentro do cilindro.

Limpa-se a rosca postiça girando-se cuidadosamente o fio da escova com uma ferramenta adequada.

Ao usar a escova, nenhum material deve ser removido da superfície da junta da vela, pois, caso contrário, causará uma mudança no limite de aquecimento, vazamento de combustão, e eventual dano ao cilindro.

Nunca se limpa a rosca helicoidal com um macho, pois esse poderá causar danos permanentes.

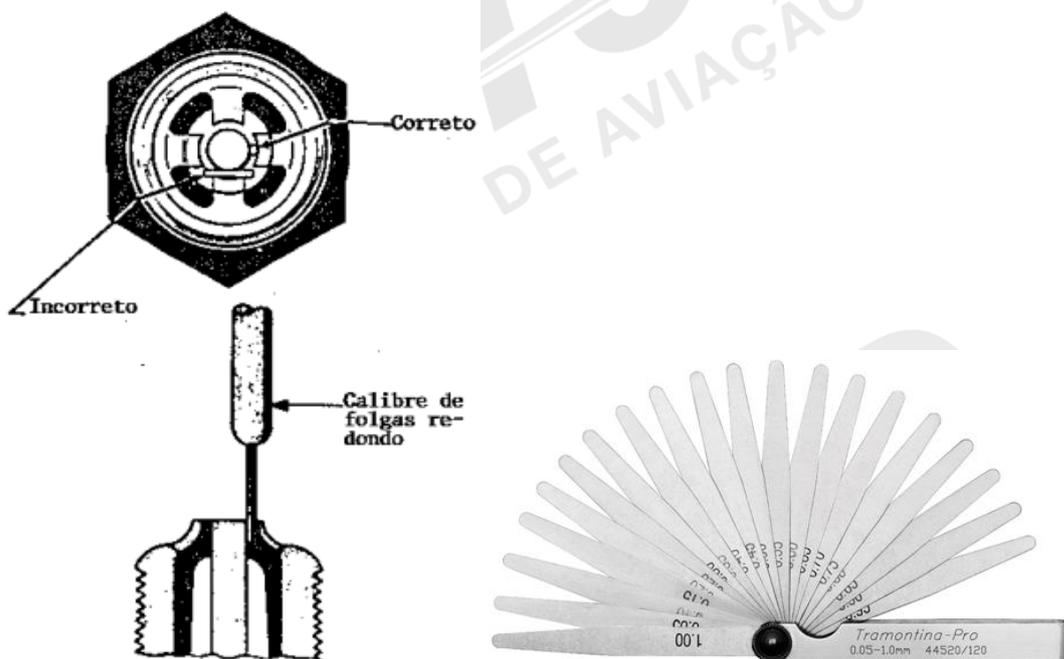
Se uma rosca helicoidal de inserção estiver danificada como resultado de uma operação normal ou enquanto estiver sendo limpa, ela deve ser trocada de acordo com as instruções aplicáveis do fabricante. Usando um pano e solvente para limpeza, na superfície da junta da vela do cilindro, elimina-se a possibilidade de sujeira ou graxa depositada acidentalmente nos eletrodos da vela durante a instalação.

Antes de instalar velas novas ou recondicionadas, elas devem ser inspecionadas para cada uma das seguintes condições:

- 1) Ter certeza de que a vela é do tipo certo, como indicado pelas instruções de aplicação do fabricante;
- 2) Verificar quanto a evidência de composto preventivo da ferrugem no exterior da vela, do isolante e no lado interno da carcaça. Acumulações de composto preventivo da ferrugem são removidas lavando-se a vela com uma escova e solvente para limpeza. Ela deve, então, ser seca com um sopro de ar seco;

- 3) Verificar ambas as extremidades da vela quanto a entalhes ou rachaduras, assim como alguma indicação de rachadura no isolante;
- 4) Inspeccionar o lado interno da carcaça quanto a rachaduras no isolante e o contato central do eletrodo quanto à corrosão e materiais estranhos, os quais podem causar empobrecimento no contato elétrico;
- 5) Inspeccionar a junta da vela. Uma junta que tenha sido excessivamente comprimida, vincada, ou distorcida, não deve ser usada. Quando a junta do termocouple for aplicada, não devem ser usadas juntas adicionais.

A folga dos eletrodos da vela deve ser checada com um calibre de folga redondo, como mostrado na figura 4-58. Um calibre tipo "chato" dará uma indicação incorreta de folga, porque os eletrodos massa acompanham o formato circular do eletrodo central. Quando se usa o calibre, ele é inserido em cada folga paralela à linha central do eletrodo. Se o mesmo estiver ligeiramente inclinado, a indicação estará incorreta. Não se instala uma vela que não tenha a folga especificada.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA – [www.tramontinapro.com.br](http://www.tramontinapro.com.br)

Figura 4-58 Uso de um calibre de folga.

### Instalação da Vela

Antes de se instalar a vela, as primeiras duas ou três roscas do final do eletrodo são cobertas cuidadosamente com um composto à base de grafite. Antes da aplicação, agita-se o composto para assegurar perfeita mistura.

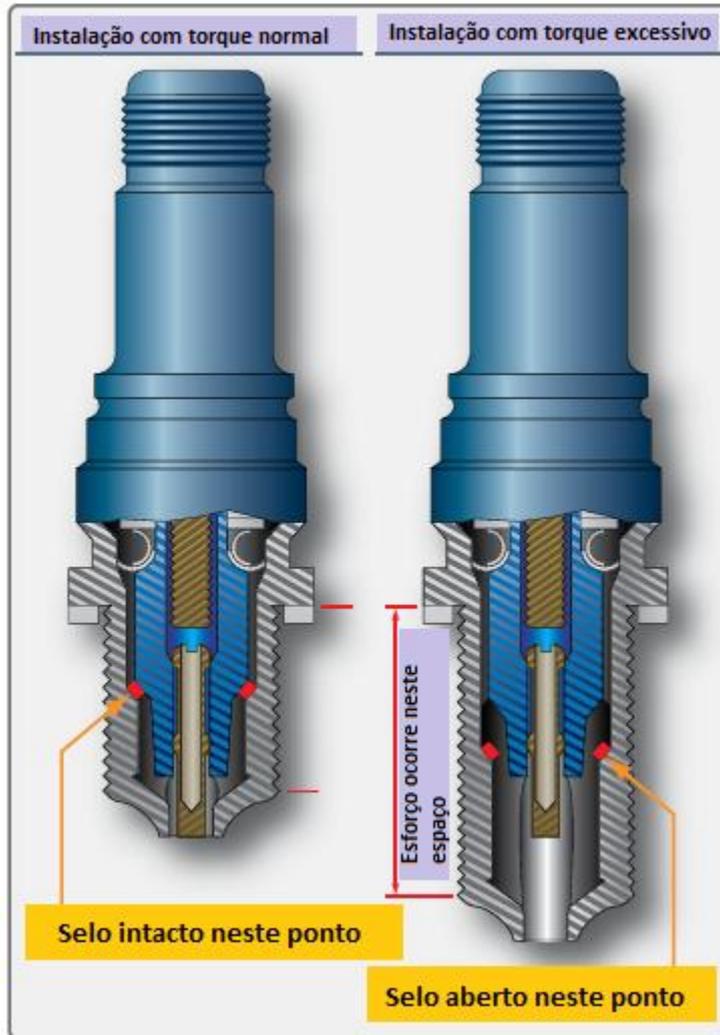
Quando se aplica o composto nas roscas, ele não deve se alojar entre os eletrodos externos e o central, ou na ponta da vela, onde ele possa escorrer para a massa ou eletrodo central durante a instalação. Esta precaução é necessária porque o grafite no composto é um excelente condutor elétrico, e poderia causar uma fuga de corrente.

Para se instalar uma vela, basta enroscá-la sem usar nenhum tipo de ferramenta até que ela assente na junta.

Se a vela puder ser enroscada com facilidade, usando os dedos, isto é uma boa indicação de roscas limpas. Nesse caso, somente será necessário um pequeno aperto para comprimir a

junta, que irá formar um selo vedante. Se, por outro lado, um alto torque for necessário para sua instalação, isso indica que pode haver sujeira ou dano na rosca. O uso de torque excessivo pode comprimir a junta, e distorcê-la.

A dilatação da carcaça da vela ocorrerá enquanto continuar um torque excessivo para rosquear sua extremidade inferior no cilindro, após a parte superior ter sido parada pela junta.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-59 Efeitos de um torque excessivo na instalação de uma vela.

### Instalação do Cabo de Vela

Antes da instalação do cabo de vela, esfrega-se a bucha terminal (algumas vezes chamada de cigarrete) e o selo integral com um pano embebido com acetona, MEK, ou um solvente apropriado. Após a limpeza do cabo de vela, o mesmo deve ser inspecionado quanto a rachaduras e riscos. Se a bucha terminal estiver danificada ou fortemente manchada, deve ser substituída.

A aplicação de uma camada leve de um material isolante na superfície externa da bucha terminal, e o preenchimento do espaço ocupado pela mola de contato, é muitas vezes recomendado. Esses materiais isolantes, através da ocupação do espaço na área de contato elétrico da carcaça, evitam que a umidade entre na área de contato causando um curto-

circuito na vela. Alguns fabricantes recomendam o uso desses compostos isolantes somente quando a umidade no sistema venha a causar problema, enquanto outros desaconselham totalmente o uso desses materiais.

Após a inspeção do cabo de ignição, ele é colocado dentro da carcaça do plugue. Então, aperta-se a porca de acoplamento do ignitor com a ferramenta apropriada.

Muitas instruções de fabricantes especificam o uso de uma ferramenta projetada para evitar o torque excessivo. Após a porca estar apertada, deve ser evitado um teste de aperto, torcendo o conjunto.

Após todas as velas terem sido instaladas e torquadas e os cabos instalados corretamente, aciona-se o motor para efetuar uma verificação completa do sistema de ignição.

### Inspeção do Platinado

A inspeção do magneto consiste essencialmente em uma inspeção periódica do platinado e dielétrico.

Após o magneto ter sido inspecionado quanto à segurança de montagem, remove-se sua tampa, ou a tampa do platinado, e verifica-se o came quanto à lubrificação apropriada.

Sob condições normais, existe uma quantidade suficiente de óleo no feltro de encosto do came acionador para mantê-lo lubrificado entre os períodos de revisão.

Entretanto, durante inspeção de rotina, o feltro de encosto no came acionador deve ser examinado para assegurar que o óleo contido seja suficiente para lubrificação.

Esse teste é feito pressionando-se a unha do polegar contra o feltro de encosto.

Se ficar retido óleo na unha, o feltro contém óleo suficiente para lubrificação do came.

Se aparecer óleo na unha, a quantidade está adequada.

Se não existir evidência de óleo na unha, aplica-se um pouco de óleo de motor embaixo e acima do conjunto, como mostra a figura 4-60.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-60 Lubrificação do came seguidor.

Após a aplicação, aguarda-se pelo menos 15 minutos para que o feltro absorva o óleo. Depois desse tempo, o excesso de óleo deve ser removido com um pano limpo. Durante esta operação, ou a qualquer hora em que a tampa esteja fora, é preciso extremo cuidado para manter o compartimento livre de óleo, graxa ou solventes de limpeza do motor, uma vez que eles têm uma adesividade que retém poeira e fuligem, o que prejudicaria um bom desempenho do platinado.

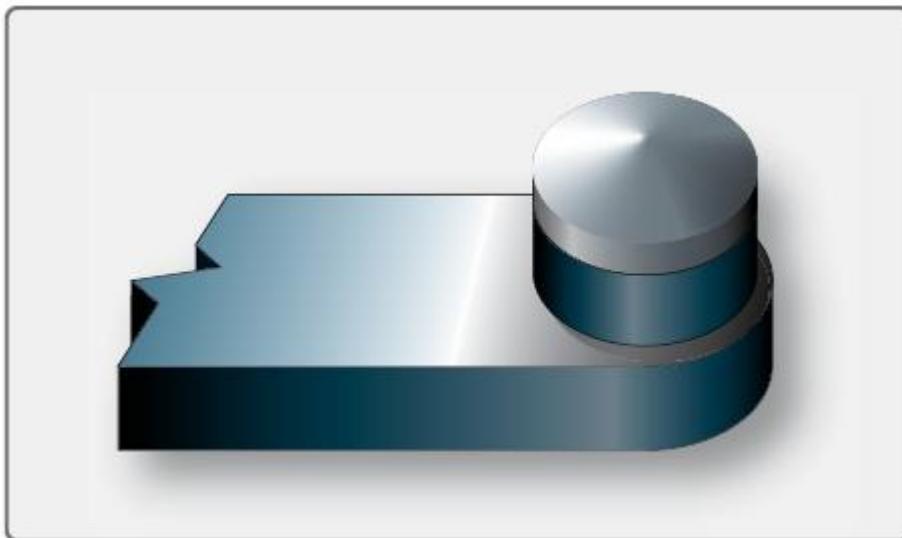
Após o feltro de encosto ter sido inspecionado, abastecido e encontrado satisfatoriamente, inspeciona-se visualmente o platinado quanto a qualquer condição que possa interferir na correta operação do magneto. Se a inspeção revelar uma substância oleosa ou pastosa nas laterais dos contatos, basta esfregá-lo com um pano em um tubo flexível, embebido em acetona ou outro solvente apropriado. Formando um gancho na extremidade do limpador, se ganha acesso à parte traseira dos contatos.

Para limpar as superfícies de contato, o platinado deve ser forçado para abrir o suficiente para admitir um pequeno esfregão. Se a abertura dos pontos for feita com o propósito de limpeza ou teste das superfícies de contato, quanto às suas condições, aplica-se sempre a força de abertura na extremidade externa da mola principal, e nunca se abre os contatos mais que 1/16" (0,0625 pol.). Se os contatos forem abertos mais que o recomendado, a mola principal (a mola pressiona o contato móvel) provavelmente assumirá uma outra tensão. Consequentemente, os contatos perderão parte da tensão de fechamento, então eles saltarão, evitando indução normal do magneto.

Um esfregão pode ser feito enrolando uma tira de linho ou um pequeno pedaço de pano livre de fiapos sobre uma das superfícies de abertura, e embebendo o esfregão em um solvente apropriado. Então, passa-se cuidadosamente o esfregão nas superfícies de contato separadas. Durante toda esta operação, gotas de solvente não devem cair nas partes lubrificadas como o came e o feltro de encosto.

Para se inspecionar as superfícies de contato do platinado, é preciso conhecer o aspecto dos contatos, qual condição de superfície é considerada com desgaste permissível, e quando é necessária sua substituição. A provável causa de uma superfície anormal pode ser determinada pela aparência dos contatos.

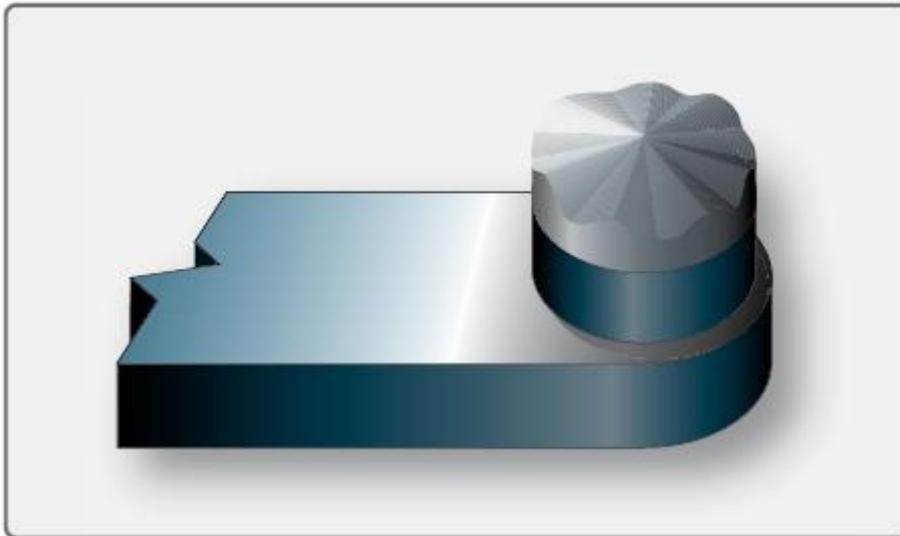
A superfície de contato normal (figura 461) tem aparência áspera e de cor cinza opaca sobre a área onde o contato elétrico é feito. Isso indica que os pontos de contato se acamaram, estão alinhados um com o outro, e estão proporcionando o melhor contato possível.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-61 Superfície normal de contato.

Esta não é a única condição aceitável. Irregularidades pequenas, sem fendas profundas ou picos elevados, como mostrado na figura 4-62, são consideradas desgastes normais, e não é motivo para serem desbastadas ou substituídas.

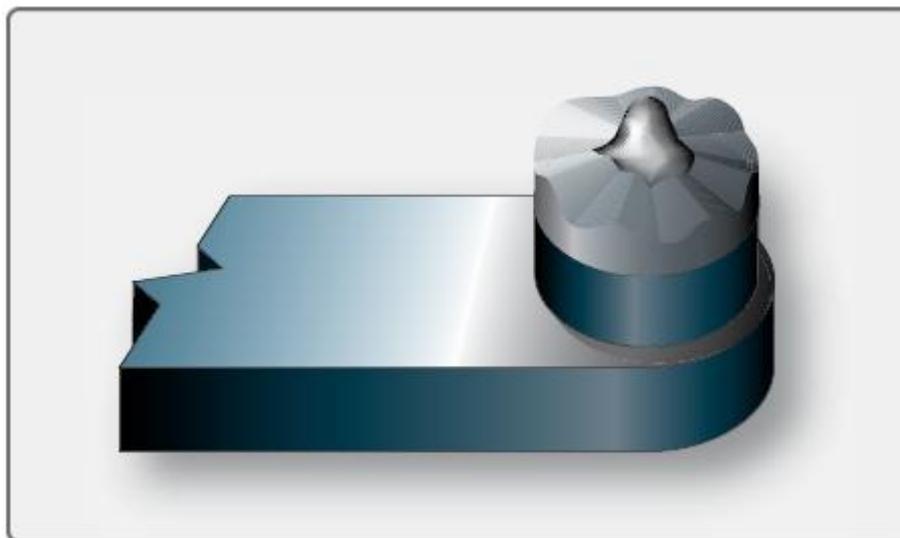


Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-62 Platinado com irregularidade.

Entretanto, quando tiver ressaltos na superfície, como ilustrado na figura 4-63, eles devem ser desbastados ou substituídos. Infelizmente, quando picos se formam em um contato, a junção terá fenda ou orifícios.

Essa fenda é mais problemática que o pico, pois ela penetra na camada de platina da superfície. Isso, algumas vezes, dificulta o julgamento para saber se uma superfície de contato está com uma fenda o suficientemente funda para requerer desbaste, porque, na análise final, isso depende do quanto de platina foi retirado da superfície.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-63 Platinado com "picos" bem definidos.

O risco surge da possibilidade da camada de platina já estar fina como resultado de um longo tempo de uso e prévios desbastes.

Nas revisões, em oficina, um instrumento é usado para medir a espessura remanescente do contato, e não existe nenhuma dificuldade em determinar sua condição.

Mas na manutenção de linha, esse instrumento geralmente não está disponível. Portanto, se o pico é muito alto ou a fenda é muito profunda, não se desbasta esses contatos, em vez disso, eles são removidos e substituídos por uma unidade nova ou recondicionada.

Uma comparação entre as figuras 4-62 e 4-63 ajudará a desenhar a linha entre as "menores irregularidades" e os "picos bem definidos".

Alguns exemplos de condições de superfícies de contatos são ilustrados na figura 4-64. O item "A" ilustra um exemplo de erosão ou desgaste chamado "frosting".

Essa condição é resultante de um condensador com circuito aberto, e é facilmente reconhecida pela superfície cristalina e áspera e o aparecimento de uma fuligem preta nas laterais dos pontos.

A falta da ação efetiva do condensador resulta em um arco de intenso calor, que se forma cada vez que os contatos abrem.

Isto, junto com o oxigênio no ar, rapidamente oxida e desgasta a superfície de platina dos pontos, deixando, então, a superfície com a aparência áspera, cristalina ou de fuligem.

Durante a operação normal é comum o aparecimento de uma fuligem granulada fina ou prateada, que não deverá ser confundida com a grossa, e os pontos de fuligem causados pela falha do condensador.

Os itens "B" e "C" da figura 4-64 ilustram pontos com fendas prejudiciais. Esses pontos são identificados claramente pelas bordas dos contatos (no estágio inicial) e pequenas fendas, ou cavidades, no centro dos contatos ou próximo deles, com uma aparência esfumada. Em estágios mais avançados, a fenda pode se desenvolver na largura, profundidade e eventualmente, o conjunto da superfície de contato tomará a aparência de queimado, escuro e amassado.

Pontos fendados, como regra geral, são causados por poeira e impurezas nas superfícies de contato. Se os pontos estiverem excessivamente fendados, um conjunto novo ou recondicionado deve ser instalado.

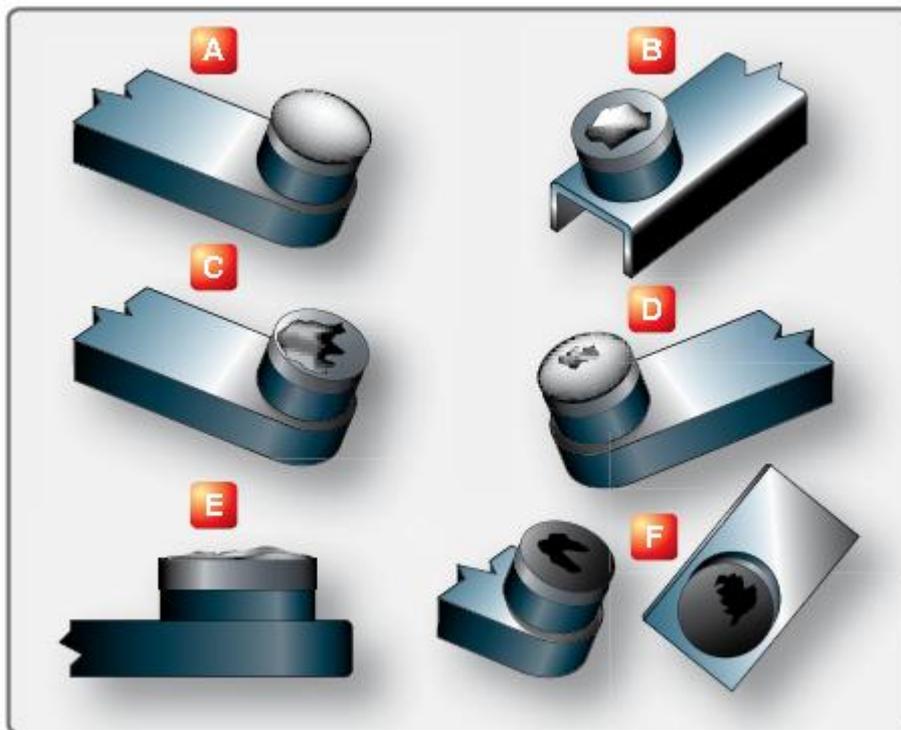
O item "D" da figura 4-64 ilustra um ponto em forma de "coroa", e pode ser rapidamente identificado pelo centro côncavo e a borda convexa na superfície de contato. Essa condição é resultante de um desbaste inadequado, como pode ser o caso de uma tentativa de desbaste, bem com o platinado instalado no magneto.

Em adição a uma superfície desigual e irregular, as partículas minúsculas de material estranho e metálico, que permanecem entre os pontos após a operação de desbaste, se fundem e causam uma queima irregular da superfície interna dos contatos.

Essa queima difere do congelamento, uma vez que um arco menor produz menos calor e menos oxidação. Nesse caso, a razão de queima é mais gradual.

Pontos coroados, desde que ainda estejam em condições podem ser limpos e retomados para serviço. Se tiver sido formado um excessivo coroamento, o platinado deve ser removido e substituído por um conjunto novo ou recondicionado.

O item "E" da figura 4-64 ilustra um ponto formado que pode ser reconhecido pela quantidade de metal que foi transferida de um ponto para outro.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-64 Exemplos de condições de superfícies de contato.

"Formações", tais como outras condições mencionadas, resultam primariamente da transferência do material de contato por meio de arcos separados. Mas, diferente dos outros, não há queimadura ou oxidação no processo por causa da proximidade entre a depressão de um ponto e a formação de outro.

Esta condição pode resultar de tensão de mola excessiva nos pontos do platinado, que retarda a abertura dos contatos ou causa uma lenta ruptura. Isto também pode ser causado por um condensador primário muito usado e precário, ou por uma conexão frouxa na bobina primária. Se uma formação excessiva tiver ocorrido, um conjunto de platinado novo ou recondicionado deve ser instalado.

O item "F" da figura 4-64 ilustra pontos oleosos, os quais podem ser reconhecidos por sua aparência manchada e pela falta de qualquer das irregularidades acima mencionadas. Essa condição pode ser resultante do excesso de lubrificação do came ou de vapores de óleo, os quais podem ser provenientes de dentro ou de fora do magneto.

Um motor expelindo fumaça, por exemplo, poderia produzir vapores de óleo. Esses vapores então entram no magneto através de sua ventilação e passam entre e em torno dos contatos do platinado. Estes vapores condutivos produzem queimaduras nas superfícies dos contatos.

Os vapores também aderem às superfícies do conjunto do platinado, e formam um depósito de fuligem. Pontos oleosos podem ser corrigidos através de um procedimento de limpeza. Entretanto, a remoção das manchas de fumaça pode revelar uma necessidade de desbaste dos pontos. Se preciso, desbasta-se os pontos, ou instala-se um conjunto de platinado novo ou recondicionado.

### Recondicionamento (retífica) dos Contatos do Platinado

Genericamente falando, a desmontagem e a retificação dos contatos do platinado não deveriam ser uma rotina regular da manutenção do magneto.

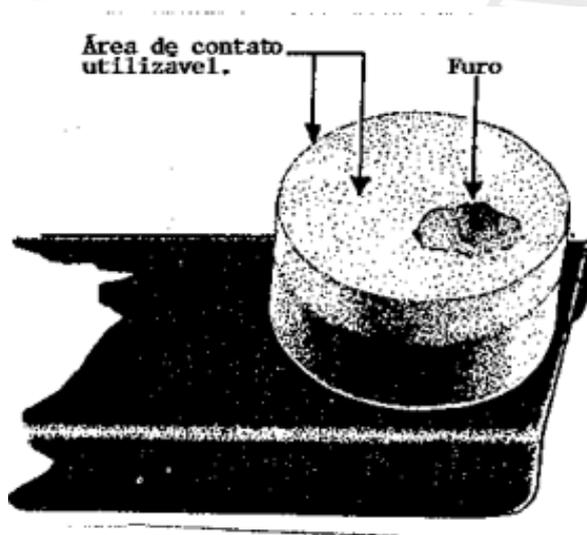
Com a execução de uma manutenção cara e desnecessária, muitos conjuntos de contatos atingem um estado de refugo prematuramente, talvez com dois terços ou três quartos do material das superfícies de contato de platina gastos pelas repetidas operações de retífica.

Na maioria dos casos, os contatos do platinado permanecerão em condições satisfatórias entre os períodos de revisão apenas com inspeção de rotina, limpeza e lubrificação.

Se os contatos do platinado tiverem marcas profundas, elevações ou superfícies queimadas, estes devem ser retificados, ou substituídos, de acordo com as práticas de manutenção recomendadas pelo fabricante.

Se a retífica for aprovada, um conjunto especial de retífica de pontos de contatos estará normalmente disponível. O conjunto inclui: um bloco de retificação, adaptadores para segurar os contatos durante a operação de retífica, uma lima especial para remover picos e elevações e uma lixa muito fina para ser usada no final da operação, para remover qualquer rebarba deixada pela lima.

Por ocasião da retífica de um conjunto de contatos que tenham marcas e elevações, não se deve tentar remover os sulcos completamente. Lima-se somente o material o suficiente para tornar plana a superfície em torno de tais irregularidades. Isto deixará usualmente uma grande área de contato em torno do orifício (figura 4-65) e o conjunto terá desempenho idêntico ao de um novo conjunto de pontos. É óbvio que se o sulco for profundo, um pouco da camada de platina será removida, se houver uma tentativa de remoção de todo o sulco.



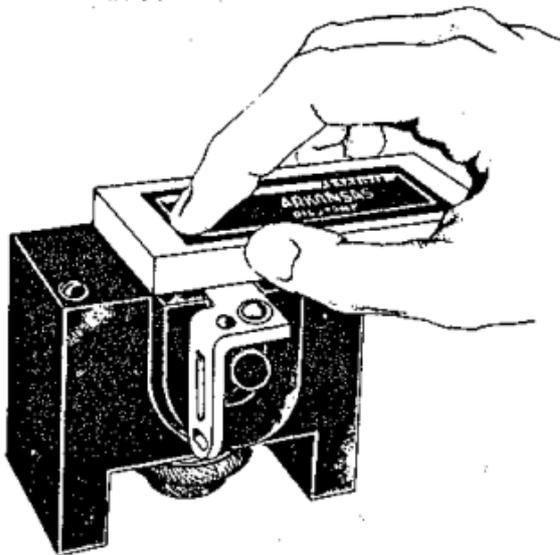
Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-65 Platinado "furado" após retífica.

Na retificação do lado elevado do conjunto de contatos, os picos devem ser limados e removidos.

A superfície dos contatos deve estar perfeitamente plana para promover a maior área possível contra o outro contato, o qual terá agora uma área levemente diminuída devido as marcas remanescentes.

Em complemento à operação de retífica não é necessário obter um acabamento espelhado na área de contato. Apenas algumas passadas são requeridas para remover qualquer rebarba deixada pela lima (Fig.4-66).



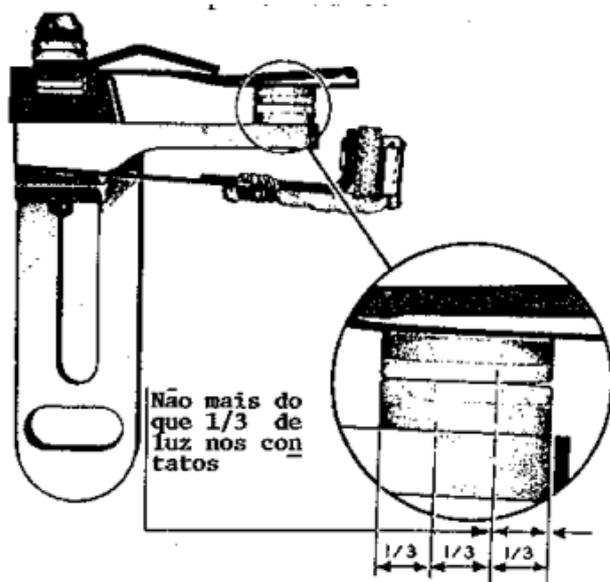
Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-66 Utilização da pedra de retífica dos contatos dos platinados.

O objetivo primário é ter uma superfície de contato plana para promover uma área de contato satisfatória quando montado.

Uma área de contato total para duas superfícies recondicionadas é difícil de ser obtida, pois isso requer um perfeito acabamento das superfícies. Esta dificuldade é um tanto comprometida por uma aproximação, que permite cerca de dois terços do total da área de contato (figura 4-67).

A superfície de contato real pode ser checada mantendo-se o conjunto montado em frente de uma luz e observando o quanto de luz pode ser vista entre as superfícies de contato.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-67 Verificação da área de contato dos platinados.

Se os pontos de contato tiverem sido removidos por alguma razão, os pontos substituídos ou reconicionados devem ser instalados e precisamente regulados para abrir quando o magneto girar e se movimentar dentro da posição de folga "E" para o cilindro número 1.

### Inspeção Dielétrica

Outra fase de inspeção do magneto é a inspeção dielétrica. Essa inspeção é uma checagem visual quanto a rachaduras e limpeza.

Se ela revelar que a carcaça da bobina, os condensadores, o rotor distribuidor ou blocos estão oleosos, sujos ou tenham qualquer sinal de carbono em evidência, tais unidades necessitarão de limpeza e, possivelmente, um polimento para restabelecer suas qualidades dielétricas.

Se limpa todos os condensadores acessíveis e as carcaças de bobina que contenham condensadores, esfregando-os com um tecido sem fiapo embebido com acetona.

Muitas peças desse tipo possuem uma camada protetora. Essa camada não é afetada pela acetona, mas pode ser danificada pela fragmentação ou pelo uso de outros fluidos de limpeza.

Nunca se usa solventes de limpeza inadequados, ou métodos impróprios de limpeza.

Também, quando na limpeza de condensadores ou peças que contenham condensadores, elas não são mergulhadas em qualquer tipo de solução, porque essa pode penetrar no condensador e provocar um curto.

Carcaças de bobinas, blocos distribuidores, rotores distribuidores e outras partes dielétricas do sistema de ignição são tratadas com uma camada de cera quando novos e nas revisões gerais. O polimento dos dielétricos ajuda na sua resistência à absorção de umidade, carbono e depósitos de ácido. Quando essas peças encontram-se sujas ou oleosas, uma parte da proteção original é perdida, o que pode resultar em resistência de carbono.

Se qualquer sinal de carbono ou depósito de ácido estiver presente na superfície do dielétrico, coloca-se a peça mergulhada em solvente de limpeza apropriado, friccionando fortemente com uma escova de cerdas firmes.

Quando os sinais de carbono ou depósitos de ácido tiverem sido removidos, usa-se um pano seco para remover todo o solvente. Então, cobre-se a peça com uma camada de cera especial. Após o tratamento com cera, remove-se o excesso, e reinstala-se a peça no magneto.

## Manutenção dos Cabos de Ignição

Embora os cabos de ignição sejam simples, eles são a ligação vital entre o magneto e a vela de ignição. Devido ao fato deles serem montados no motor, e expostos à atmosfera, eles são vulneráveis ao calor, umidade e aos efeitos das mudanças de altitude. Esses fatores, somados ao desgaste do isolamento e a erosão, trabalham contra uma operação eficiente do motor. O isolamento pode ser avariado dentro da cablagem e permitir uma fuga de alta voltagem, ao invés de fluir para a vela de ignição.

Circuitos abertos podem ser resultantes de fios partidos ou conexões fracas. Um fio descoberto pode estar em contato com a blindagem, ou dois fios podem estar em curto.

Qualquer defeito sério evitará que a alta tensão atinja a vela de ignição, a qual está conectada ao cabo. Como resultado, essa vela não funcionará. Quando somente uma vela de ignição estiver funcionando no cilindro, a mistura não será consumida tão rapidamente quanto poderia ser se ambas as velas de ignição estivessem funcionando. Este fator faz com que o pico da pressão de combustão ocorra atrasado.

Se esse pico ocorrer mais tarde que o normal, resultará em perda de potência no cilindro.

Entretanto, a perda de potência para um cilindro simples torna-se um fato menor quando o efeito de um tempo longo de queima é considerado. Um longo tempo de queima superaquece o cilindro afetado, causando detonação, possível pré-ignição e, talvez, uma danificação permanente.

O fio isolado que transporta o impulso elétrico é um tipo especial de cabo projetado, para prevenir excessivas perdas de energia elétrica. Esse fio é conhecido como cabo de ignição de alta tensão, sendo confeccionado em três diâmetros.

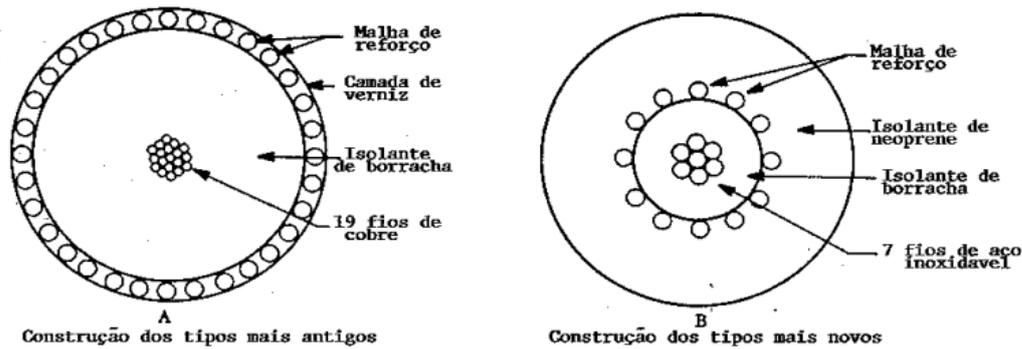
Os diâmetros externos dos cabos em uso corrente são de 5, 7 ou 9mm. A razão para diferentes diâmetros de cabos é que a quantidade e o tipo de isolamento em torno do fio determina a perda elétrica durante a transmissão de alta voltagem.

Uma vez que o núcleo condutor transporta apenas baixas correntes, esse condutor é de menor diâmetro.

O cabo de 9 mm tem uma aplicação limitada, porque é de projeto antigo e tem uma camada relativamente grossa de isolamento.

Para muitas partes, os motores de hoje usam cabos de 7mm, mas há poucos sistemas que são projetados para usar cabos de 5 mm. O uso crescente de cabos de menor tamanho é largamente utilizado devido as melhorias no material de isolamento, o qual permite um revestimento mais superficial. O adaptador de conexões tem sido projetado para as pontas de cabos mais finos, podendo assim ser usado em armadura (cablagem) trançada, onde o distribuidor foi originalmente projetado para cabos mais grossos.

Um tipo de construção de cabo utiliza um núcleo consistindo em 19 fios finos de cobre, cobertos por um revestimento de borracha. Isso é coberto por uma fita entrelaçada e uma camada na parte externa (A da figura 4-68). Um novo tipo de construção (B da figura 4-68) tem um núcleo de 7 fios de aço inox coberto com um revestimento de borracha. Além disso, é usada uma trança de reforço e uma camada de neopreme para completar o conjunto. Esse tipo de construção é superior aos tipos mais antigos, principalmente porque o neopreme melhorou a resistência ao calor, ao óleo e à erosão.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-68 Vista em corte de um típico cabo de ignição de alta tensão.

### Falhas das Cablagens de Ignição de Alta Tensão

Talvez, a mais comum e mais difícil falha de sistemas de ignição de alta tensão a ser detectada, seja o vazamento de alta voltagem. Isto é uma fuga do condutor através do isolamento para a massa do distribuidor blindado. Uma pequena fuga de corrente existe até em cabos de ignição novos, durante a operação normal.

Vários fatores se combinam para produzir primeiro uma alta razão de perda e, então, a completa interrupção.

Desses fatores, umidade em qualquer forma é provavelmente o pior. Sob alta voltagem, um arco se forma e queima a trilha através do isolador onde existe a umidade. Se houver gasolina, óleo ou graxa presente, isto irá interromper o circuito e formar carbono.

A trilha queimada é chamada de marca de carbono, já que realmente é uma trilha de partículas de carbono.

Com alguns tipos de isolamento, pode ser possível remover a trilha de carbono e restabelecer o isolador para sua condição total de uso. Isto é conseguido com a porcelana, cerâmica e alguns plásticos, pois esses materiais não são hidrocarbonos, e qualquer trilha de carbono formada nos mesmos é resultado de sujeira, podendo ser limpo.

Diferenças na localização e quantidade de perda produzirão diferentes indicações de mau funcionamento durante a operação do motor.

As indicações são geralmente falta de centelha ou centelha cruzada. A indicação pode ser intermitente, mudando com a pressão do duto ou com condições climáticas.

Um aumento na pressão do duto aumenta a pressão de compressão e a resistência do ar através da folga da vela de ignição. Um aumento na resistência da folga de ar (na vela de ignição) opõe à descarga da centelha, e produz uma tendência ao disparo desta num dado ponto fraco do isolamento. Um ponto fraco na cablagem pode ser agravado pela coleta de umidade no distribuidor da cablagem.

Com a presença de umidade, a operação contínua do motor causará falhas intermitentes e tornará permanentes as trilhas de carbono. Desta maneira, a primeira indicação de cablagem de ignição sem condições de serviço pode ser a falta de centelha para o motor, causada pela perda parcial da voltagem de ignição.

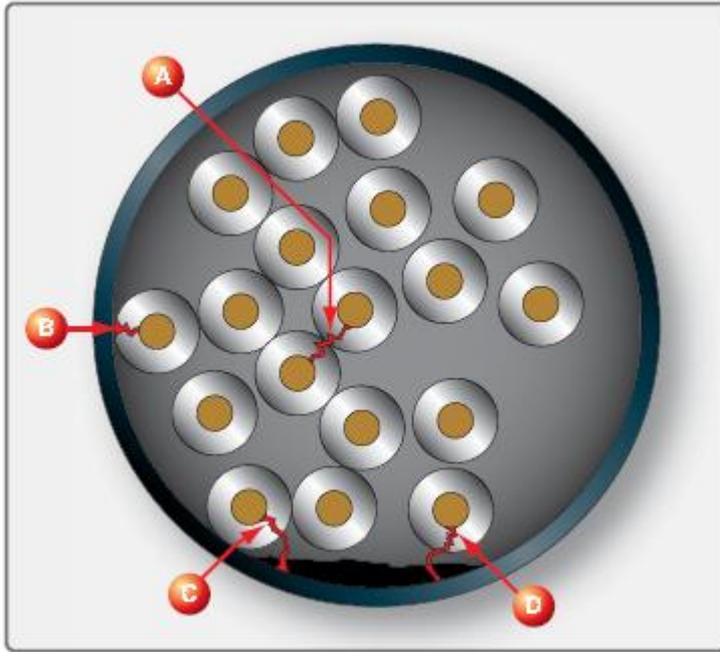
A figura 4-69 mostra uma seção em corte de uma cablagem, e demonstra 4 falhas que podem ocorrer.

A falha (A) mostra um curto de um cabo condutor para outro. Essa falha usualmente causa falta de centelha, visto que a vela está curto circuitada no cilindro, onde a pressão no mesmo é baixa.

A falha (B) mostra um cabo com uma parte do isolamento desgastado. Embora o isolamento não esteja completamente rompido, existe uma perda de força maior que a normal, e a vela de ignição, que está conectada a este cabo, pode ser perdida durante a decolagem, quando a pressão do distribuidor de admissão é muito elevada.

A falha (C) é o resultado da condensação coletada no ponto mais baixo do distribuidor de ignição. Essa condensação pode evaporar completamente durante a operação do motor, mas a trilha de carbono, que é formada pelo centelhamento inicial, permanece para permitir um centelhamento contínuo toda vez que existir uma alta pressão do distribuidor.

A falha (D) pode ser causada por um alto fluxo de ar no isolamento ou pelo resultado de um ponto fraco na isolação, o qual é agravado pela presença de umidade.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-69 Seção reta de uma cablagem.

Entretanto, visto que a trilha de carbono é um contato direto com a childragem de metal, provavelmente resultará no centelhamento sob todas as condições de operação.

### Teste de Cablagem

O teste elétrico das cablagens de ignição checa a condição do isolamento em torno de cada cabo da cablagem. O princípio desse teste envolve a aplicação de uma voltagem definida para cada cabo e, então, a medida muito sensível da quantidade de corrente de fuga entre o cabo e o distribuidor da cablagem aterrado.

Esta leitura, quando comparada com especificações conhecidas, torna-se um guia para análise das condições de serviço do cabo. Como mencionado anteriormente, há uma deterioração gradual do material de isolamento flexível.

Quando novo, o material terá uma baixa razão de condutividade, tão baixa de fato, que sob uma voltagem de alguns milhares de volts de pressão elétrica, a fuga de corrente será de apenas alguns milésimos de ampère. O envelhecimento natural causará uma mudança na resistência do material de isolamento, permitindo um aumento da corrente de fuga.

## Teste de Cablagem de Ignição de Alta Voltagem

Muitos tipos diferentes de dispositivos de testes são usados para determinar o estado de uma cablagem de ignição de alta tensão. Um tipo comum de teste, ilustrado na figura 4-70, é capaz de aplicar uma corrente contínua em qualquer tensão, de 0 até 15.000 volts, com uma entrada de 110 volts, 60 Hz.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-70 Teste de cablagem de ignição de alta tensão.

A fuga de corrente entre o cabo de ignição e o tubo de distribuição é medida em duas escalas de um microamperímetro, graduadas para leituras de 0 a 1000 microampères.

Desde que 1000  $\mu$ a seja igual a 1ma (miliampère), a escala de 0 a 1000 é chamada "escala de miliampère", e a outra "escala de microampère".

Leituras podem ser obtidas em qualquer escala através do uso da chave de ajuste de alta ou baixa resistência, localizada à direita do amperímetro.

Resistores limitadores de corrente são usados em ambas as escalas para evitar danos aos circuitos de teste, através de aplicação acidental de tensões excessivas.

A tensão aplicada ao cabo testado é indicada em um voltímetro calibrado para ler de 0 a 15000 volts. Um botão de controle à esquerda do voltímetro permite um ajuste de

voltagem para a tensão recomendada. Em adição ao amperímetro e voltímetro, uma luz neon indica centelhamento que pode ser tão rápido a ponto de causar significativa deflexão da agulha do microamperímetro.

Os botões de controle para o teste (figura 4-70) incluem um interruptor de filamento, interruptor de placa e interruptor remoto. O interruptor de filamento completa um circuito entre a entrada do circuito C.A. e o elemento do filamento da válvula retificadora. O fluxo de corrente pelo filamento o aquece e prepara a válvula para operação. A função da válvula, entretanto, não estará completa até que a placa da mesma esteja energizada.

A tensão da placa do retificador depende de dois interruptores: o da chave de controle de placa e do botão remoto. A chave de controle de placa arma ou prepara o circuito da mesma para operar. Com as chaves da placa e do filamento ligadas, pressionando-se o botão remoto, a válvula estará em operação e, soltando-o, verifica-se a tensão dos cabos de ignição se os cabos de testes estiverem conectados.

O botão remoto de calcar deve ser ligado a um soquete no canto inferior esquerdo do painel de instrumentos.

Esta configuração permite uma operação de teste a distâncias de até 5 pés. Os parágrafos seguintes ilustram o uso desse tipo de unidade de teste. Estas instruções são apresentadas somente como um guia geral. Consultam-se as instruções aplicáveis do manual do fabricante antes de efetuar um teste da cablagem de ignição.

A cablagem não necessita ser removida do motor para o teste. Se o mesmo for efetuado com a cablagem no motor, todos os cabos de vela devem ser desconectados das mesmas, visto que a tensão aplicada durante o teste é alta o suficiente para provocar o centelhamento entre os eletrodos.

Após cada cabo ser desconectado, o seu terminal, exceto o que vai ser testado, deve estar encostado contra o cilindro, de modo a garantir o seu perfeito aterramento. A razão do aterramento de todos os cabos de vela durante o teste é a necessidade de se verificar e detectar excessiva fuga ou ruptura, resultante de um curto-circuito entre dois cabos de ignição.

Se os cabos estiverem sem massa durante o teste, o curto-circuito não poderá ser detectado, devido a todos os cabos se encontrarem como um circuito aberto e somente à fuga, através do isolamento para a massa do conduto da cablagem, poderá ser indicada. Entretanto, quando todos os cabos estão aterrados, exceto o que receberá o teste de tensão, é formado um circuito completo através dos cabos curto circuitados e qualquer fuga ou sobre corrente para a massa é indicada pelo micro amperímetro ou pelo acendimento da luz néon do indicador de ruptura.

Quando todos os cabos de vela estiverem desconectados das mesmas e aterrados ao motor, prepara-se o equipamento para teste da cablagem. Inicia-se pela conexão do cabo de aterramento na parte traseira do equipamento a algum objeto bem aterrado. Conecta-se o cabo vermelho de alta tensão (figura 4-70) para o terminal de alta tensão do equipamento. Conecta-se a outra extremidade desse cabo para a cablagem de ignição a ser testada.

Prende-se uma das extremidades do cabo massa (preto), no receptáculo de aterramento na parte da frente do equipamento de teste e a outra extremidade ao motor ou qualquer outro ponto comum de massa. Fixa-se o cabo do botão remoto no painel de teste de ignição. Todas as chaves devem estar desligadas, e o botão de controle de alta tensão em zero, então se conecta o cabo de alimentação para uma fonte de 110 volts, 60 Hz de C.A. Liga-se a chave de controle do filamento, aguardando pelo menos 10 segundos para que o filamento da válvula se aqueça. Após este intervalo, liga-se a chave da placa. Com as chaves da placa e do filamento ligados, ajusta-se a tensão que será aplicada para cada cabo de ignição durante o teste.

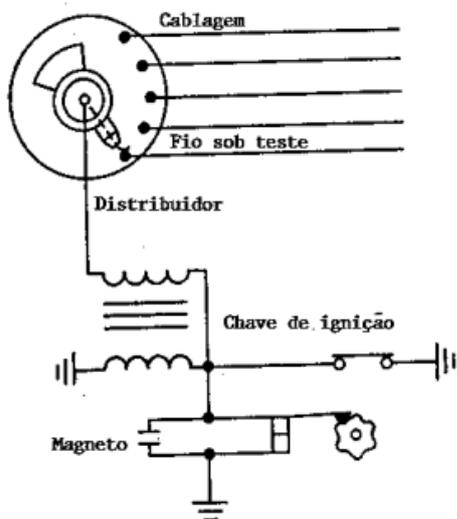
O ajuste é efetuado pressionando-se o botão remoto e girando-se o botão de controle de alta tensão no sentido horário, até que o voltímetro registre 10.000 volts. Assim que a tensão recomendada for atingida, se solta o botão e automaticamente o suprimento de alta tensão é interrompido.

Uma vez que a tensão seja ajustada para o valor recomendado, não será mais necessário o ajuste da mesma durante o teste. O passo final é o posicionamento do seletor de alcance de resistência para "high", de maneira que qualquer fuga de corrente poderá facilmente ser detectada no micro amperímetro.

Esse teste é normalmente iniciado pelo cilindro nº 1. Visto que todos os cabos de vela já se encontram aterrados e o cabo vermelho de alta tensão está conectado ao cabo do cilindro nº 1, testa-se esse cabo simplesmente pressionando o botão remoto e observando o micro amperímetro. Após obter a indicação, se solta o botão, remove-se o cabo de teste de alta tensão, aterrando o cabo seguinte a ser testado, e procedendo da mesma maneira na ordem numérica dos cilindros.

É importante que cada cabo, bom ou ruim, seja novamente aterrado antes de se testar o seguinte. Conforme o teste progride em torno do motor, anotam-se somente aqueles cabos pelo número que deram uma indicação de fuga excessiva (mais que 50  $\mu$ a) ou de ruptura indicada pelo acendimento da lâmpada.

Na conclusão do teste, pelo menos dois cabos em qualquer cablagem provavelmente apresentam falhas. Isto pode ser explicado pela referência da figura 4-71, e notando-se a posição do rotor do distribuidor. Quando a tensão de teste é aplicada para o cabo inferior da ilustração, um centelhamento pode ocorrer através do pequeno vão do distribuidor e pela bobina primária do magneto ou da chave de ignição para a massa.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-71 Ruptura não atribuída à falha do isolamento.

Esta aparente falha será mostrada em ambos os cabos da vela de ignição, dianteira e traseira, para um cilindro em particular. Para se determinar se existe realmente uma interrupção nesses cabos, gira-se a hélice de um quarto a meia volta, repetindo neles o teste. Isto afastará o rotor do distribuidor do terminal de cabo testado, dando uma indicação precisa de suas condições.

A hélice não deve ser girada imediatamente após a localização de um cabo aparentemente em mau estado, pois o rotor do distribuidor pode parar em posição oposta à de outro cabo que não tenha sido testado, sendo necessário girar a hélice novamente.

Sempre que a maioria deles apresentar fuga excessiva, a falha pode ser por sujeira ou tratamento inadequado dos contatos do distribuidor. Se esse for o caso, se limpa os contatos do distribuidor com os procedimentos descritos no manual do fabricante.

### **Teste de Isolamento de Corrente Contínua**

Existem vários testes pequenos, leves e portáteis, que podem operar com alimentação de 115 volts, 60 Hz C.A., ou 28 v C.C. da fonte de alimentação da aeronave.

Esses testes usam essencialmente os mesmos medidores e interruptores que os testes de cabos de ignição de alta tensão já discutidos. Além disso, as indicações de fuga e interrupção são praticamente as mesmas. Esse tipo de teste é um instrumento geralmente portátil.

### **2.6 ANALISADOR DE MOTORES**

O analisador de motores é uma adaptação do osciloscópio. É um instrumento portátil ou permanentemente instalado, cuja função é detectar, localizar e identificar anomalias na operação de motores, como as que são causadas por falha do sistema de ignição, detonação, válvulas, mistura pobre, etc.

A necessidade de meios de detecção e localização de problemas operacionais mais eficazes se tornou evidente com a introdução de maiores e mais complexos motores de aeronaves.

A maioria dos problemas operacionais de aeronaves é devido à falha no sistema de ignição, e normalmente se manifestam em baixas altitudes, ou durante a operação no solo. Entretanto, muitos problemas de motores, principalmente aqueles relacionados ao sistema de ignição, ocorrem em elevadas altitudes de voo.

Já que as condições de elevadas altitudes não podem ser simuladas no solo, é desejável uma unidade que, a qualquer momento, possa indicar uma anormalidade na operação dos motores.

Analisadores de motores são classificados em 2 tipos: um produz somente evidência da condição do sistema de ignição, e o outro revela vibrações anormais durante a operação, como as causadas pela explosão, válvulas, ou mistura pobre de combustível, como também o mau funcionamento na ignição.

Os analisadores são projetados para serem usados como portáteis, ou permanentemente instalados na aeronave. A maioria dos modelos comuns contém o controle de voltagem de ignição e seletoras que permitem o uso de captadores de indução, conjunto de retardo ou gerador de 3 fases para sincronização.

Os pesos do portátil e do instalado na aeronave variam com a forma de instalação envolvida.

Em uma aeronave típica de 2 motores equipada com sistema de ignição de baixa tensão, a instalação portátil pesa aproximadamente 22 Lbs (incluindo fios, conectores e equipamento). A instalação a bordo pesa aproximadamente 45,5 Lbs.

Uma instalação a bordo é aquela em que a unidade analisadora de ignição e seus associados estão permanentemente instalados na aeronave. Nenhum fixador de cabos é usado, neste caso.

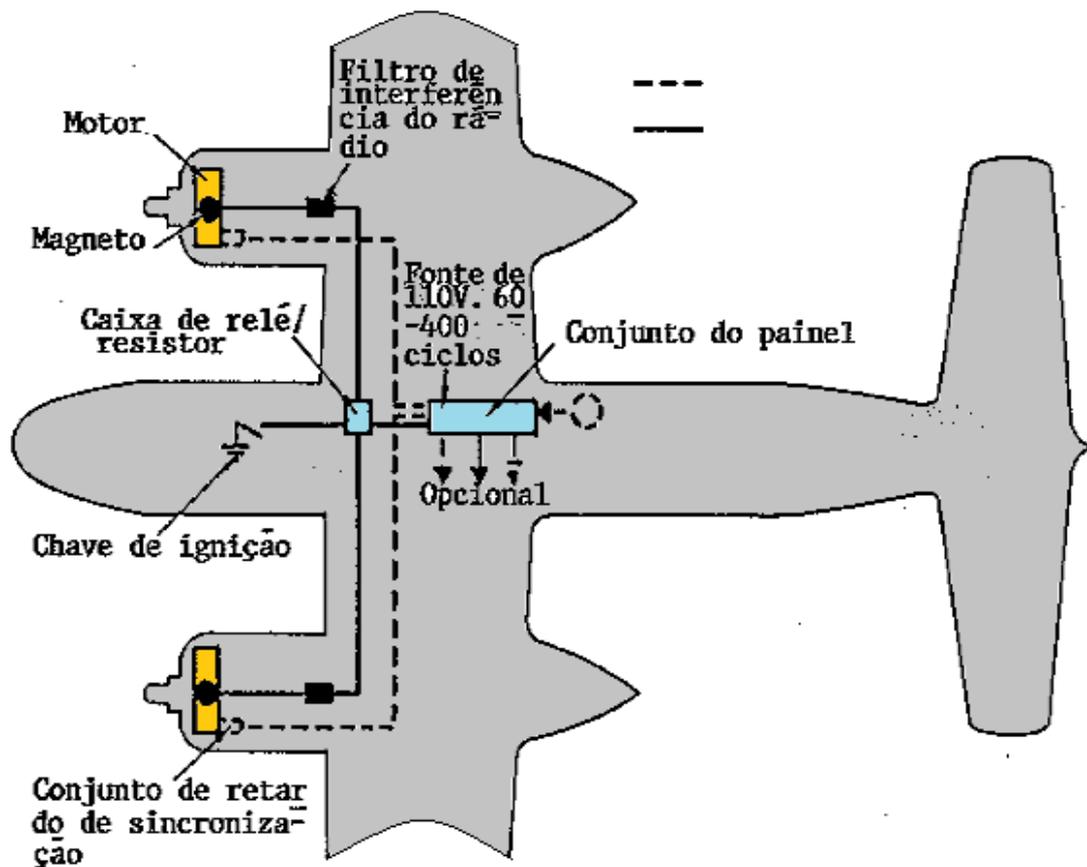
Uma instalação portátil é aquela na qual o equipamento associado é permanentemente instalado no avião, porém, o analisador é eliminado. Neste caso, um fixador de cabos é utilizado.

Mais tarde, o analisador é levado de avião para avião para fazer testes de ignição, ou vai nele para fazer testes de ignição em altitudes.

O analisador instalado a bordo tem uma grande vantagem, está sempre com o avião. Fazer tal instalação envolve custos adicionais do analisador.

Obviamente isto requer que se tenha pessoal a bordo capaz de operar o instrumento em voo, permitindo que esse pessoal teste o sistema de ignição antes do pouso e, assim, torne possível resolver prontamente as dificuldades após o pouso.

O diagrama na figura 4-72 ilustra uma instalação do analisador de ignição a bordo em um avião típico. A figura mostra que um conjunto de retardo e filtro é requerido pelo motor. Somente uma caixa relé/resistor é requerida por avião. Uma exceção à regra são os aviões que têm certos tipos de instalação de ignição de alta tensão. Essas instalações requerem uma caixa relé/resistor por motor.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-72 Instalação do analisador em bimotores.

O conjunto de retardo de sincronização "dispara" o circuito de varredura horizontal do tubo de raios catódicos. Ele opera à metade da velocidade do eixo de manivelas do motor e é temporizado de 3° a 4° antes da explosão do cilindro nº 1.

O filtro de interferência do rádio é montado na parede de fogo e no circuito primário de ignição.

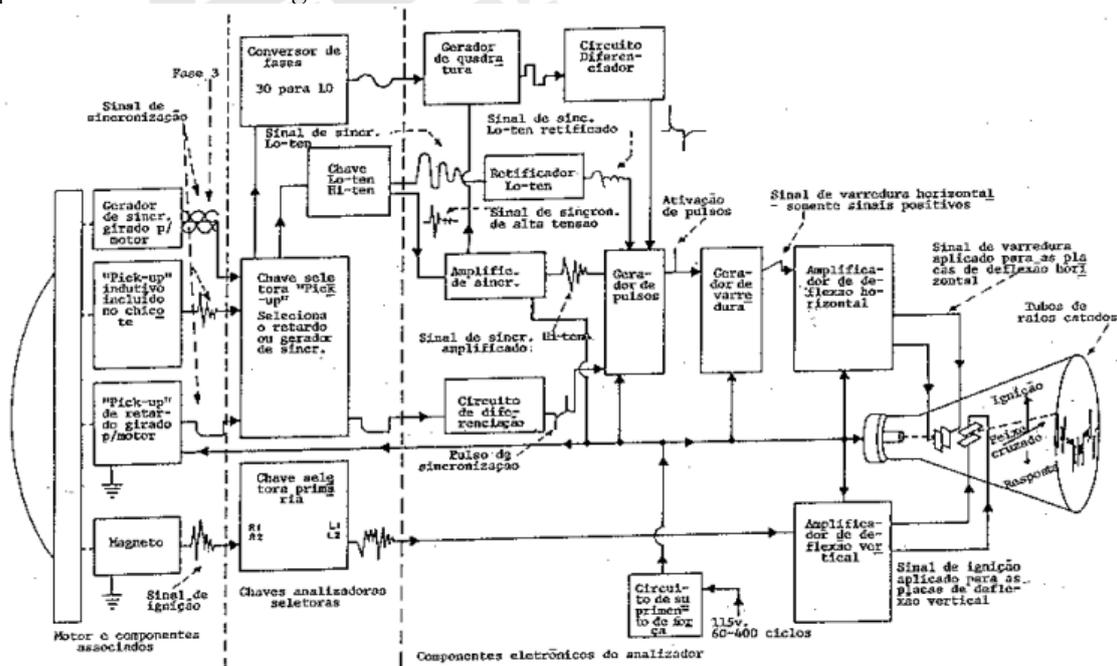
O número de unidades por filtro depende do número de fios massa em cada circuito primário de ignição.

Uma unidade normalmente consiste em uma bobina de reatância e um ou dois condensadores ligados em paralelo com o condensador primário do magneto. O filtro é requerido porque o equipamento analisador não é blindado. Ele também permite que a fiação do circuito analisador primário não seja blindada. A caixa de relé/resistor contém um resistor isolante para cada motor. Ela também contém relés selados hermeticamente, que permitem a derivação seletiva e individual dos resistores para qualquer motor. Os resistores de isolamento são para prevenir qualquer curto no circuito analisador. Os relés de derivação permitem o uso do controle de voltagem de ignição.

O conjunto do painel contém um motor e um interruptor seletor de condição, um relé individual de operação por interruptores para cada motor (proteções são instaladas para prevenir acidentes na operação do interruptor), e um conjunto interruptor de força com fusível e luz de indicação. Isso constitui o centro de controle para o analisador.

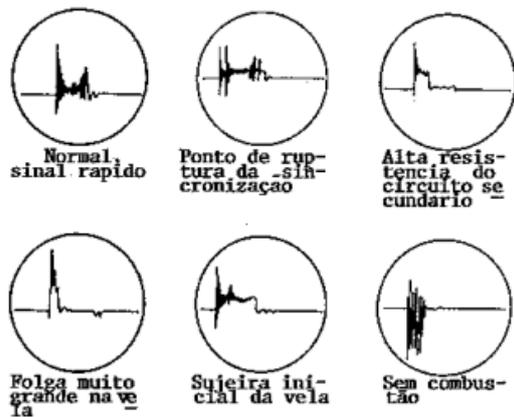
Um diagrama de bloco de um analisador de ignição está mostrado na figura 4-73. Sinais podem ser tracejados através de três tipos possíveis de dispositivos sensores, os quais serão apresentados na face do tubo de raios catódicos.

A figura 4-74 ilustra seis imagens típicas de um analisador de motores. Apesar de ser requerido treinamento adicional para que se possa interpretar com exatidão o significado de cada sinal, a configuração dos sinais na figura 4-74 mostra que todo mau funcionamento é apresentado através de figuras distintas e reconhecíveis.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-73 Diagrama do analisador de ignição.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-74 Imagens típicas de um analisador de motor.

## 2.7 SISTEMAS DE IGNIÇÃO EM MOTORES A TURBINA

Como os sistemas de ignição de motores a turbinas são operados por um curto período durante o ciclo de partida do motor, eles são, via de regra, menos passíveis de problemas em relação aos sistemas de ignição em motores convencionais.

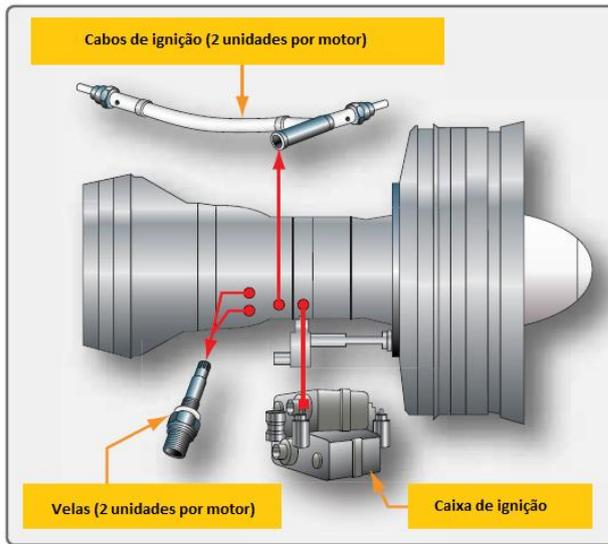
A maioria dos motores turbojato é equipada com um sistema de ignição do tipo capacitivo de alta energia. Ambos os motores do tipo turboélice e turbojato podem ser equipados com um sistema de ignição tipo eletrônico, o qual é uma variação do sistema tipo capacitivo simplificado.



Fonte: *championaerospace.com*

### Sistema de Ignição de Motores Turbojato

O motor turbojato típico é equipado com um sistema de ignição do tipo capacitivo (descarga capacitiva), consistindo em duas unidades idênticas e independentes de ignição, operando a partir de uma fonte elétrica de corrente contínua de baixa tensão comum, que é a bateria de bordo da aeronave.



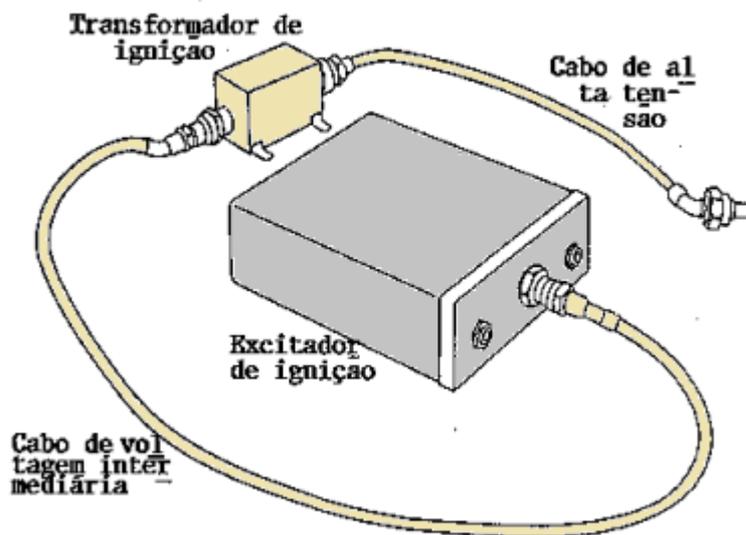
Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Os sistemas de ignição dos motores turbojato podem ser rapidamente operados em condições atmosféricas ideais, mas uma vez que frequentemente eles operam em condições de grandes altitudes e baixas temperaturas, é imperativo que o sistema seja capaz de fornecer centelhas de alta intensidade de calor.

Com isso, uma alta tensão é fornecida ao terminal da vela de ignição, fornecendo ao sistema um alto grau de confiabilidade em condições variáveis de altitude, pressão atmosférica, temperatura, vaporização de combustível e tensão de entrada.

Um sistema de ignição típico inclui duas unidades excitadoras, dois transformadores, dois cabos de ignição intermediários e dois cabos de ignição de alta tensão.

Com isso, como um fator de segurança, o sistema de ignição é realmente um sistema duplo, projetado para ativar duas velas de ignição. A figura 4-75 apresenta parte de um sistema típico de ignição.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-75 Parte de um sistema típico de ignição.

A figura 4-76 apresenta um diagrama esquemático de um sistema de ignição do tipo capacitor utilizado em motores turbojato.

Uma tensão de entrada de 24 vcc é fornecida ao conector da unidade excitadora.

Esta alimentação inicialmente passa através de um filtro de energizar a unidade excitadora, tal filtro tem a função de evitar que sinais de ruído sejam induzidos no sistema elétrico da aeronave.

A baixa tensão de entrada opera um motor C.C., o qual aciona um sistema excêntrico singelo e um sistema excêntrico múltiplo. Ao mesmo tempo, a tensão de entrada é fornecida a um conjunto interruptor, que é acionado pelo sistema excêntrico múltiplo.

No conjunto de interruptores, uma corrente que é rapidamente interrompida, é enviada a um autotransformador.

Quando o interruptor é fechado, o fluxo de corrente através da bobina primária do transformador gera um campo magnético.

Quando o interruptor abre, o fluxo de corrente cessa e a queda do campo induz uma tensão no secundário do transformador.

Essa tensão causa um pulso de corrente que flui para o capacitor de carga através do retificador que limita o fluxo em uma única direção.

Com pulsos repetitivos no capacitor de carga, este se carrega com uma carga máxima aproximada de 4 joules (1 joule por segundo equivale a 1 watt).

O capacitor de carga é conectado a vela de ignição através de um transformador de disparo e de um contactor, normalmente abertos.

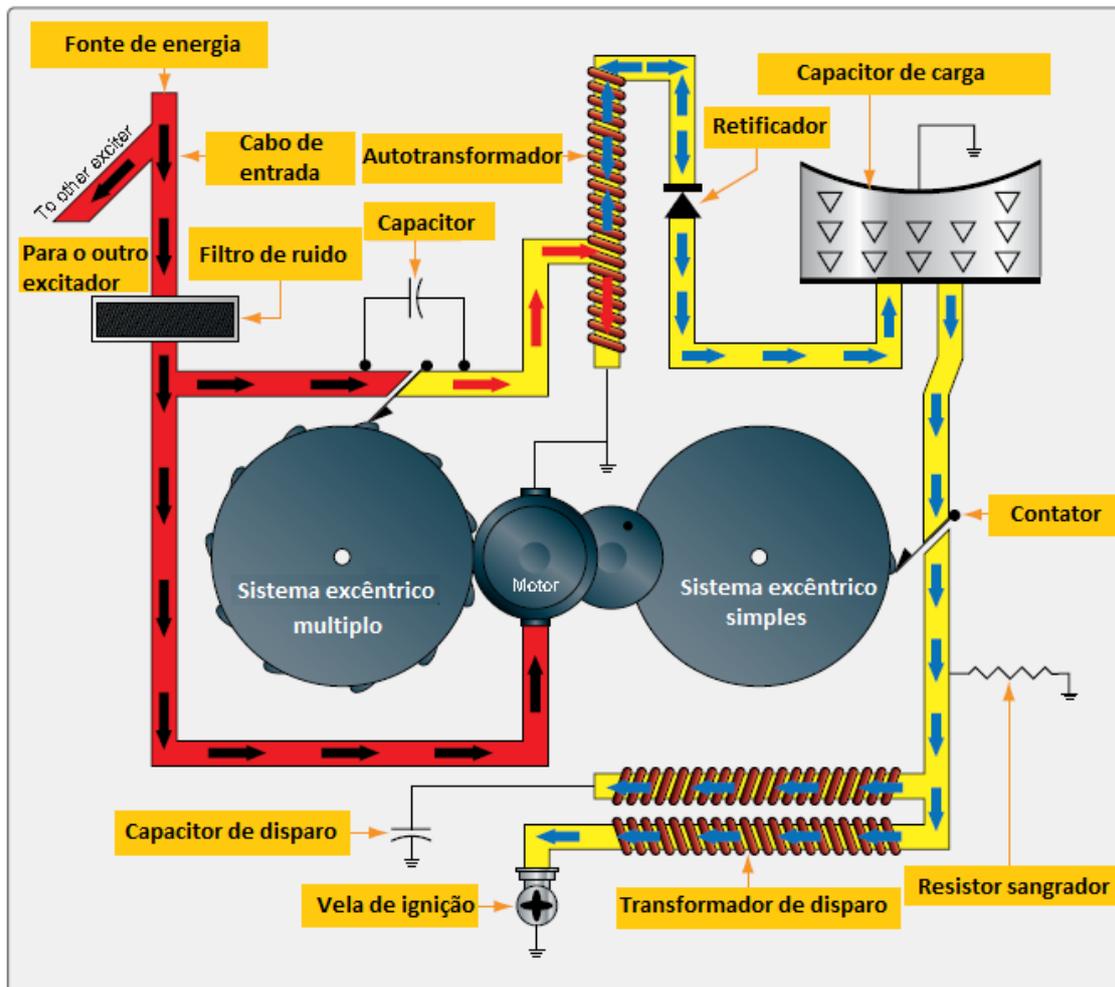
Quando a carga do capacitor é elevada, o contactor é fechado pela ação mecânica do sistema excêntrico singelo.

Uma parte da carga flui através do primário do transformador de disparo, e o capacitor é conectado em série com esses. Esta corrente induz uma alta tensão no secundário do transformador, o qual ioniza a vela de ignição.

Quando a vela se torna condutiva, o capacitor de carga descarrega o restante de sua energia acumulada juntamente com a carga do capacitor, que está em série com o primário do transformador de disparo.

A razão de centelhamento na vela de ignição terá uma variação que será proporcional à tensão da fonte de alimentação C.C., a qual afeta a rotação do motor.

Uma vez que ambos os sistemas excêntricos são atuados pelo mesmo eixo, o capacitor de carga acumulará sempre a sua energia com o mesmo número de pulsos antes do ciclo de descarga. A aplicação do transformador de disparo de alta frequência, com um secundário de baixa reatância, mantém o tempo de disparo em um valor mínimo.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-76 Esquema de um sistema de ignição do tipo capacitor.

Esta concentração de máxima energia em um mínimo de tempo fornece uma ótima centelha para o propósito de ignição, capaz de eliminar a carbonização e vaporizar os glóbulos de combustível.

Toda a alta tensão nos circuitos de disparo é completamente isolada dos circuitos primários. O excitador é completamente selado, protegendo com isto todos os componentes de condições adversas de operação, eliminando a possibilidade de perda de centelha em altitudes devido à mudança de pressão. Isto também assegura uma blindagem que evita a fuga de tensão de alta frequência, a qual interfere na recepção de rádio da aeronave.

### Sistema Eletrônico de Ignição

Este sistema tipo capacitivo modificado fornece ignição para os motores turboélice e turbojato. Como os outros sistemas de ignição, este é requerido apenas durante o ciclo de partida do motor. Uma vez iniciada a combustão, a chama é contínua. A figura 4-77 mostra os componentes de um sistema eletrônico de ignição típico.

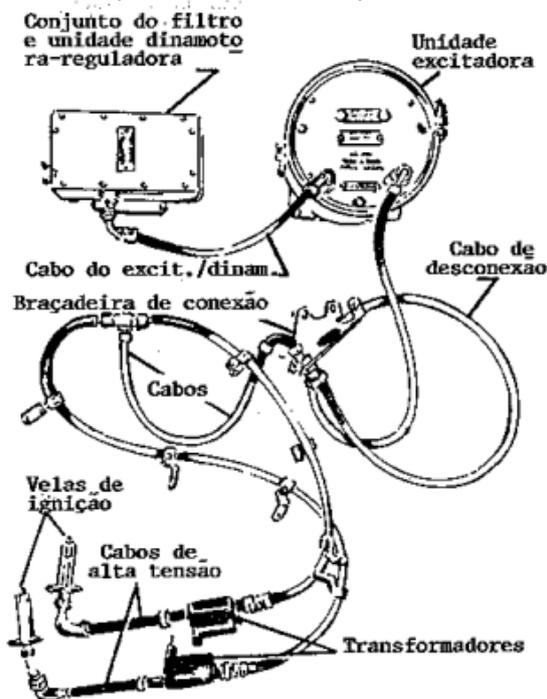
O sistema consiste em uma unidade dinamotora/reguladora/filtro, um excitador, dois transformadores de alta tensão, dois cabos de alta tensão e duas velas de ignição. Além

desses componentes são também usados cabos de interconexão, terminais, chaves de controle e o equipamento necessário para sua operação na aeronave.

O dinamotor é utilizado para elevar a corrente contínua que é extraída da bateria de bordo ou da fonte externa, para a tensão de operação do excitador.

Essa tensão é utilizada para carregar dois capacitores, os quais armazenam a energia que será utilizada durante a ignição.

Nesse sistema, a energia requerida para ativar a vela de ignição na câmara de combustão não é armazenada em uma bobina de indução, como acontece nos sistemas convencionais de ignição. No sistema eletrônico, a energia é armazenada em capacitores. Cada circuito de descarga inclui dois capacitores, ambos localizados na unidade excitadora. A tensão através desses capacitores é elevada por meio de transformadores.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4 -77 Sistema de ignição eletrônico.

No instante de ativação da vela de ignição, a resistência do eletrodo é reduzida o suficiente para permitir que o capacitor maior descarregue sua energia através do eletrodo.

A descarga do segundo capacitor é de baixa tensão, porém com alta energia.

O resultado é uma centelha de alta intensidade de calor, capaz não somente de causar a ignição de misturas anormais de combustível, mas também de eliminar quaisquer depósitos de material estranho nos eletrodos da vela.

O excitador é uma unidade dupla, e esse produz centelhas em cada uma das duas velas de ignição.

Uma série contínua de centelhas é produzida até que o motor acenda. A corrente da bateria é então interrompida, e as velas de ignição não mais emitem centelha enquanto o motor estiver operando.

## Velas de Ignição de Turbina

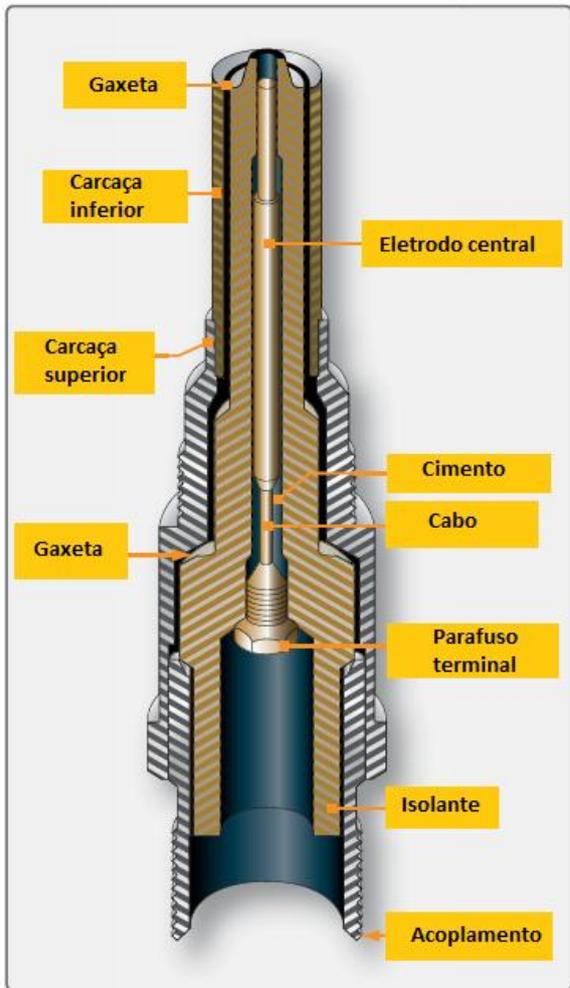
A vela de um sistema de ignição de turbina é consideravelmente diferente daquelas utilizadas nos sistemas de ignição dos motores convencionais. O seu eletrodo deve ser capaz de resistir a uma corrente de muito maior energia, em relação ao eletrodo de velas para motores convencionais.



Fonte: [championaerospace.com](http://championaerospace.com)

Essa corrente de alta energia pode rapidamente causar a erosão do eletrodo, mas os pequenos períodos de operação minimizam a manutenção da vela. O espaço do eletrodo de uma vela de ignição típica é muito maior do que aquela das velas de centelha, uma vez que as pressões de operação são muito menores, e as centelhas podem ser mais facilmente conseguidas do que nas velas comuns.

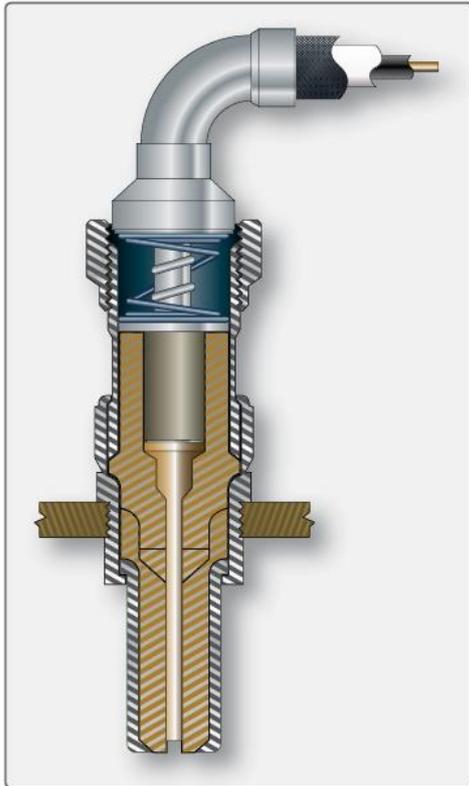
Finalmente, a sujeira nos eletrodos, tão comum nas velas de motores convencionais, é minimizada pelo calor das velas de alta intensidade.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-78 Vela de ignição do tipo angular.

A figura 4-78 mostra uma ilustração em corte de uma vela de ignição típica com espaçamento anular do eletrodo, por vezes conhecida como de "longo alcance", em função de projetar-se na câmara de combustão, produzindo uma centelha mais efetiva.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-79 Vela de ignição do tipo confinado.

Outro tipo de vela de ignição, a vela confinada (figura 4-79), é usada em alguns tipos de turbinas. Essa opera em condições de temperaturas muito mais frias e é por esta razão que não se projetam diretamente na câmara de combustão.

Isto é possível porque a centelha não permanece muito próxima da vela, mas produz um arco além da face da câmara de combustão.

## 2.8 INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE IGNIÇÃO DE MOTORES A TURBINA

A manutenção de um sistema típico de ignição de turbinas consiste primariamente em inspeção, teste, pesquisa de problemas, remoção e instalação.

### Inspeção

A inspeção de um sistema de ignição normalmente inclui o seguinte:

<b>Inspeção / cheque</b>	<b>Reparo</b>
Fixação dos componentes, parafusos e braçadeiras	Reaperto e fixação como requerido
Curtos e arcos de alta tensão	Substituição dos componentes em falha e fiação.
Conexões soltas	Fixação e aperto como requerido

Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

## **2.9 REMOÇÃO, MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO DOS COMPONENTES DO SISTEMA DE IGNIÇÃO**

As instruções seguintes constituem em procedimentos típicos sugeridos pela maioria dos fabricantes de turbinas. Essas instruções são aplicáveis aos componentes do sistema de ignição do motor (ilustrado na figura 4-77).

As instruções fornecidas pelo fabricante devem sempre ser consultadas antes de se executar manutenção em qualquer sistema de ignição.

### **Cabos do Sistema de Ignição**

- 1) Remover as braçadeiras que fixam os cabos de ignição ao motor;
- 2) Remover os freios e soltar os conectores elétricos da unidade excitadora (caixa de ignição);
- 3) Remover freio e desconectar o cabo da vela de ignição;
- 4) Descarregar qualquer carga elétrica armazenada no sistema através da massa, e remover os cabos do motor;
- 5) Limpar os cabos com solvente seco aprovado;
- 6) Inspeccionar os conectores quanto as roscas danificadas, corrosão, isoladores quebrados e pinos do conector amassados ou quebrados;
- 7) Inspeccionar os cabos quanto as áreas queimadas ou gastas, cortes, desgaste e deterioração de modo geral;
- 8) Executar o teste de continuidade dos cabos;
- 9) Reinstalar os cabos, obedecendo o procedimento inverso ao da remoção.

### **Velas de Ignição**

- 1) Desconectar os cabos de ignição das velas;
- 2) Remover as velas de seus suportes;
- 3) Inspeccionar a superfície do eletrodo da vela;
- 4) Inspeccionar a haste da vela quanto ao desgaste;

- 5) Substituir velas de ignição cuja superfície esteja granulada, lascada, ou danificada de forma generalizada;
- 6) Substituir velas sujas ou carbonizadas;
- 7) Instalar as velas de ignição nos suportes;
- 8) Verificar a distância adequada entre a câmara de combustão e a vela de ignição;
- 9) Apertar as velas de ignição de acordo com o torque especificado pelo fabricante.



## 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, veremos algumas técnicas de manutenção no sistema elétrico dos motores aeronáuticos.

Espero você!



## Anotações

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



Fonte: [www.morguefile.com](http://www.morguefile.com)

## MÓDULO III

### SISTEMAS ELÉTRICOS DO MOTOR

#### INTRODUÇÃO

Caro aluno,

No módulo anterior nosso olhar esteve voltado para técnicas de manutenção e inspeção no sistema de ignição.

Agora, vamos estudar algumas técnicas e padrões para a manutenção do sistema elétricos dos motores aeronáuticos.

Fique atento!

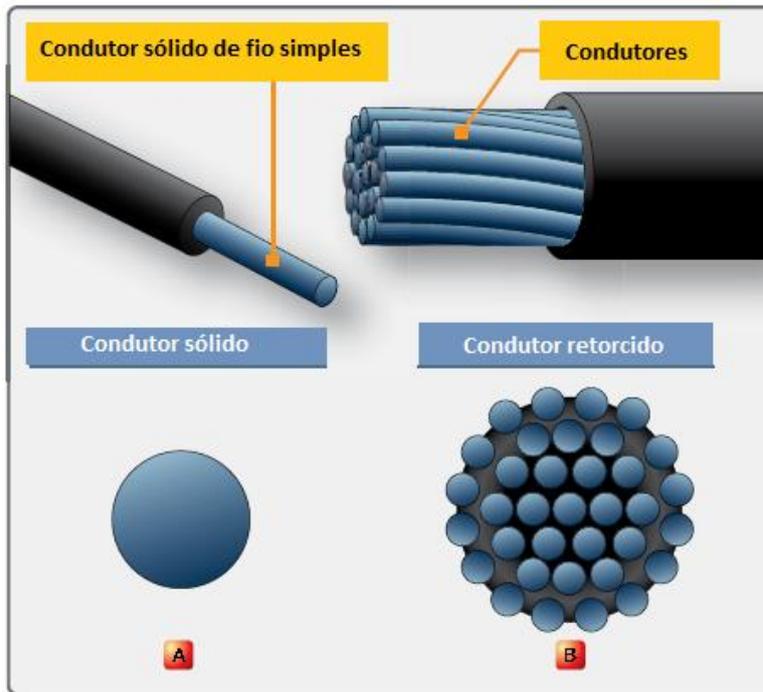
#### 3.1 SISTEMAS ELÉTRICOS DO MOTOR

O desempenho satisfatório de qualquer avião moderno depende em grande parte da confiabilidade contínua nos sistemas e subsistemas elétricos. A instalação ou manutenção incorreta ou descuidada da fiação pode ser fonte de perigo imediato e potencial.

O funcionamento adequado e contínuo dos sistemas elétricos depende do conhecimento e da técnica do mecânico que os instala, inspeciona e mantém os fios e cabos do sistema elétrico.

Os procedimentos e as práticas apresentadas neste manual são recomendações gerais e não pretendem substituir as instruções e práticas aprovadas pelo fabricante.

Para efeito desse manual, um fio é apresentado como um condutor simples e rígido, ou como um condutor retorcido, ambos revestidos com um material isolante.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

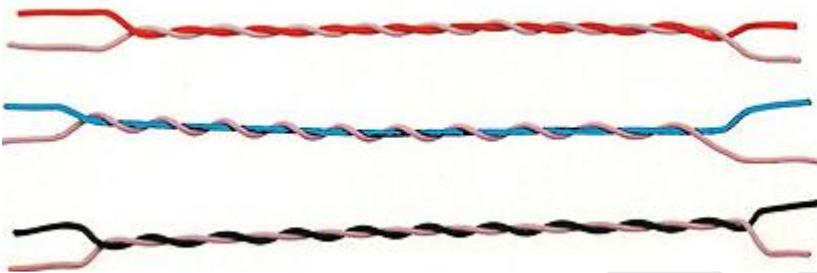
A figura 4-80 ilustra estas duas definições de um fio.

O termo cabo, como é usado nas instalações elétricas do avião inclui:

1) Dois ou mais condutores isolados separadamente e no mesmo invólucro (cabo multicondutor);



2) Dois ou mais condutores isolados separadamente e torcidos juntos (par torcido);



3) Um ou mais condutores isolados, revestidos com uma blindagem trançada metálica (cabo blindado);



Fonte: <http://www-mp3.us/shielded-cable>

4) Um condutor central simples, isolado com um condutor externo de revestimento metálico (cabo de radiofrequência). A concentricidade do condutor central e do condutor externo é cuidadosamente controlada durante a fabricação para assegurar que eles sejam coaxiais (cabo coaxial).



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

## Bitola de Fio

O fio é fabricado em bitola de acordo com o modelo padrão especificado pelo AWG (American Wire Gage).

Como apresentado na figura 4-81, os diâmetros dos fios tornam-se menores à medida que os números do calibre tornam-se maiores.

A maior bitola do fio mostrado na figura 4-81 é o número 0000, e a menor é o número 40. As bitolas maiores e menores são fabricadas, mas não são comumente usadas.

Um calibre de fio é apresentado na figura 4-82. Esse tipo de calibre medirá os fios variando em bitola do 0 até o número 36. O fio a ser medido é colocado na fenda menor que só medirá o que estiver desencapado.

O número do calibre, correspondente à fenda, indica a bitola do fio. A fenda possui lados paralelos e não deve ser confundida com a abertura semicircular na sua extremidade. A abertura simplesmente permite o movimento livre do fio em direção e através da fenda.

Os números do calibre são úteis na comparação da bitola dos fios, mas nem todos os tipos de fio ou cabo podem ser medidos precisamente com um calibre.

Secção em corte			Ohms por 1000 pés		
Bitola	Diâmetro	Mils Circular	Pol 2	25 C (77 F)	65 C (149 F)
0000	460.0	212,000.0	0.166	0.0500	0.0577
000	410.0	168,000.0	0.132	0.0630	0.0727
00	365.0	133,000.0	0.105	0.0795	0.0917
0	325.0	106,000.0	0.0829	0.100	0.166
1	289.0	83,700.0	0.0657	0.126	0.146
2	258.0	66,400.0	0.0521	0.159	0.184
3	229.0	52,600.0	0.0413	0.201	0.232
4	204.0	41,700.0	0.0328	0.253	0.292
5	182.0	33,100.0	0.0260	0.319	0.369
6	162.0	26,300.0	0.0206	0.403	0.465
7	144.0	20,800.0	0.0164	0.508	0.586
8	128.0	16,500.0	0.0130	0.641	0.739
9	114.0	13,100.0	0.0103	0.808	0.932
10	102.0	10,400.0	0.00815	1.02	1.18
11	91.0	8,230.0	0.00647	1.28	1.48
12	81.0	6,530.0	0.00513	1.62	1.87
13	72.0	5,180.0	0.00407	2.04	2.36
14	64.0	4,110.0	0.00323	2.58	2.97
15	57.0	3,260.0	0.00256	3.25	3.75
16	51.0	2,580.0	0.00203	4.09	4.73
17	45.0	2,050.0	0.00161	5.16	5.96
18	40.0	1,620.0	0.00128	6.51	7.51
19	36.0	1,290.0	0.00101	8.21	9.48
20	32.0	1,020.0	0.000802	10.40	11.90
21	28.5	810.0	0.000636	13.10	15.10
22	25.3	642.0	0.000505	16.50	19.00
23	22.6	509.0	0.000400	20.80	24.00
24	20.1	404.0	0.000317	26.20	30.20
25	17.9	320.0	0.000252	33.00	38.10
26	15.9	254.0	0.000200	41.60	48.00
27	14.2	202.0	0.000158	52.50	60.60
28	12.6	160.0	0.000126	66.20	76.40
29	11.3	127.0	0.0000995	83.40	96.30
30	10.0	101.0	0.0000789	105.00	121.00
31	8.9	79.7	0.0000626	133.00	153.00
32	8.0	63.2	0.0000496	167.00	193.00
33	7.1	50.1	0.0000394	211.00	243.00
34	6.3	39.8	0.0000312	266.00	307.00
35	5.6	31.5	0.0000248	335.00	387.00
36	5.0	25.0	0.0000196	423.00	488.00
37	4.5	19.8	0.0000156	533.00	616.00
38	4.0	15.7	0.0000123	673.00	776.00
39	3.5	12.5	0.0000098	848.00	979.00
40	3.1	9.9	0.0000078	1.070.00	1,230.00

Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-81 Bitola de fio americano, padrão sólido, de cobre.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-82 Calibre para fio.

Os fios maiores são geralmente trançados para aumentar sua flexibilidade. Em tais casos, a área total pode ser determinada multiplicando-se a área de um fio trançado (geralmente computado em milipolegadas circulares quando o diâmetro ou número da bitola é conhecido) pelo número de fios no cabo trançado.

### Fatores que Afetam a Seleção da Bitola do Fio

Diversos fatores devem ser considerados na seleção da bitola do fio para transmissão e distribuição de força elétrica.

O primeiro fator é a perda da energia permitida (perda  $I^2R$ ) na linha. Essa perda representa a energia elétrica transformada em calor.

O uso de condutores maiores reduzirá a resistência e, portanto, a perda de  $I^2R$ . Entretanto, os condutores maiores, em princípio, são mais caros do que os menores, eles são mais pesados e necessitam de suportes mais substanciais.

Um segundo fator é a queda de voltagem permitida (queda  $IR$ ) na linha. Se a fonte mantiver uma voltagem constante na entrada para as linhas, qualquer variação na carga da mesma provocará uma variação na corrente e, conseqüentemente, uma variação da queda  $IR$ .

Uma variação extensa da queda  $IR$  provoca uma regulagem deficiente de voltagem na carga. A solução óbvia é reduzir a corrente ou a resistência. Uma redução na corrente de carga diminui a potência de saída da energia que está sendo transmitida, enquanto que uma redução na resistência da linha aumenta o tamanho e o peso dos condutores necessários.

Geralmente é alcançado um ponto de equilíbrio, por meio do qual a variação de voltagem na carga permanece dentro dos limites toleráveis, e o peso dos condutores na linha não é excessivo.

Um terceiro fator é a capacidade do condutor de corrente. Quando a corrente passa através do condutor há produção de calor. A temperatura do fio aumenta até que o calor irradiado, ou dissipado, seja igual ao calor gerado pela passagem de corrente através da linha. Se o condutor for isolado, o calor gerado nele não será logo removido, como seria se esse não fosse isolado. Dessa forma, para proteger o isolante de calor excessivo, a corrente através do condutor deve ser mantida abaixo de certo valor.

Quando os condutores elétricos se acham instalados em locais onde a temperatura ambiente é relativamente alta, o calor gerado pelas fontes externas constitui uma parte apreciável do aquecimento total do condutor.

Deve ser feita uma compensação pela influência do aquecimento externo sobre a corrente permitida no condutor, e cada caso possui suas próprias limitações específicas. A temperatura máxima de operação permitida nos condutores isolados varia com o tipo de isolante que está sendo utilizado.

Existem tabelas que relacionam os valores de segurança de corrente para as várias bitolas e tipos de condutores, revestidos com diversos tipos de isolantes. A figura 4-83 mostra a capacidade dos condutores simples de cobre em conduzir corrente, em ampères, numa temperatura ambiente abaixo de 30°C. Este exemplo fornece medidas somente para uma relação limitada de bitolas de fios.

### Fatores que Influenciam a Seleção do Material Condutor

Embora a prata seja o melhor condutor, seu custo limita seu uso a circuitos especiais, onde é necessário um material com alta condutibilidade. Os dois condutores mais comumente usados são o cobre e o alumínio. Cada um possui características próprias que tornam seu uso vantajoso sob certas circunstâncias, porém, possuem também suas desvantagens. O cobre possui maior condutibilidade que o alumínio. Ele é mais dúctil (pode ser estirado), possui relativamente alta resistência à tração e pode ser facilmente soldado. É mais caro e pesado do que o alumínio.

Bitola	Borracha ou plástico	Plástico, asbestos ou Varcam	Asbestos impregnado	Asbestos	Queima lenta ou a prova do tempo
0000	300	385	475	510	370
000	280	330	410	430	320
00	225	285	355	370	275
0	195	245	305	325	235
1	165	210	285	280	205
2	140	180	235	240	175
3	120	155	195	210	150
4	105	135	170	180	130
6	80	100	125	135	100
8	55	70	90	100	70
10	40	55	70	75	55
12	25	40	50	55	40
14	20	30	40	45	30

Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-83 Capacidade dos fios no transporte de corrente.

Embora o alumínio possua apenas cerca de 60% da condutibilidade do cobre, é usado extensivamente.

Sua leveza torna possíveis vãos extensos e seu diâmetro, relativamente grande para uma dada condutibilidade, reduz a corona (a descarga de eletricidade do fio quando ele possui um alto potencial). A descarga é maior quando é usado um fio de diâmetro menor ao invés de um de diâmetro maior.

CARACTERÍSTICAS	COBRE	ALUMÍNIO
Resistência a tensão	55.000	25.000
Resistência a tensão para a mesma condutividade (lb)	55.000	40.000
Peso para a mesma condutividade (lb)	100	48
Secção para a mesma condutividade (C.M)	100	160
Resistência específica ( $\Omega$ /mil ft.)	10,6	17

Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Tabela 2 - Características do cobre e do alumínio

Algumas barras de ligação são feitas de alumínio ao invés de cobre, onde existe uma superfície de radiação maior para a mesma condutância. As características do cobre e do alumínio são comparadas na tabela 2.

### Queda de Voltagem nos Fios e nos Cabos de um Avião

É recomendado que a queda de voltagem nos cabos principais da fonte de força de geração do avião, ou da bateria para a barra, não exceda 2% da voltagem regulada quando o gerador estiver conduzindo uma corrente nominal, ou a bateria estiver sendo descarregada na razão de 5 minutos.

A tabela 3 mostra a queda de voltagem máxima recomendada em circuitos em carga entre a barra e o equipamento de utilização.

QUEDA DE VOLTAREM PERMISSÍVEL		
VOLTAGEM NOMINAL DO SISTEMA	OPERAÇÃO CONTÍNUA	OPERAÇÃO INTINERANTE
14	0,5	1
28	1	-----
115	4	8
200	7	14

Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Tabela 3 - Queda de voltagem máxima recomendada nos circuitos de carga.

A resistência do circuito de retorno de corrente à massa, através da estrutura do avião, é sempre considerada desprezível.

Entretanto, isto se baseia na suposição de que tenham sido proporcionadas adequadas ligações à estrutura ou circuito especial de retorno da corrente elétrica à massa, e que sejam capazes de conduzir a corrente elétrica necessária com uma queda mínima de voltagem.

Uma medida de resistência de 0,005 ohm de um ponto massa do gerador ou da bateria até o terminal massa de qualquer componente elétrico é considerada satisfatória.

Outro método satisfatório de determinar a resistência do circuito é o de verificar a queda de voltagem através do circuito.

Se essa queda não exceder os limites estabelecidos pelo fabricante do componente ou do avião, o valor da resistência para o circuito será considerado satisfatório.

Quando se usar o método de queda de voltagem para verificar um circuito, a voltagem de entrada deverá ser mantida num valor constante.

### Instruções para Usar o Gráfico de Fios Elétricos



*Evandro Ferreira*

O gráfico da figura 4-84 aplica-se a condutores de cobre conduzindo corrente contínua. As curvas 1, 2 e 3 são traçadas para mostrar a máxima amperagem nominal para o condutor, especificado sob as condições apresentadas.

Para selecionar a bitola correta do condutor, dois requisitos principais devem ser obedecidos: 1) A bitola do fio deve ser suficiente para evitar queda de voltagem excessiva, enquanto estiver conduzindo a corrente devida na distância necessária; 2) A bitola deve ser suficiente para evitar superaquecimento do cabo durante o transporte da corrente devida.

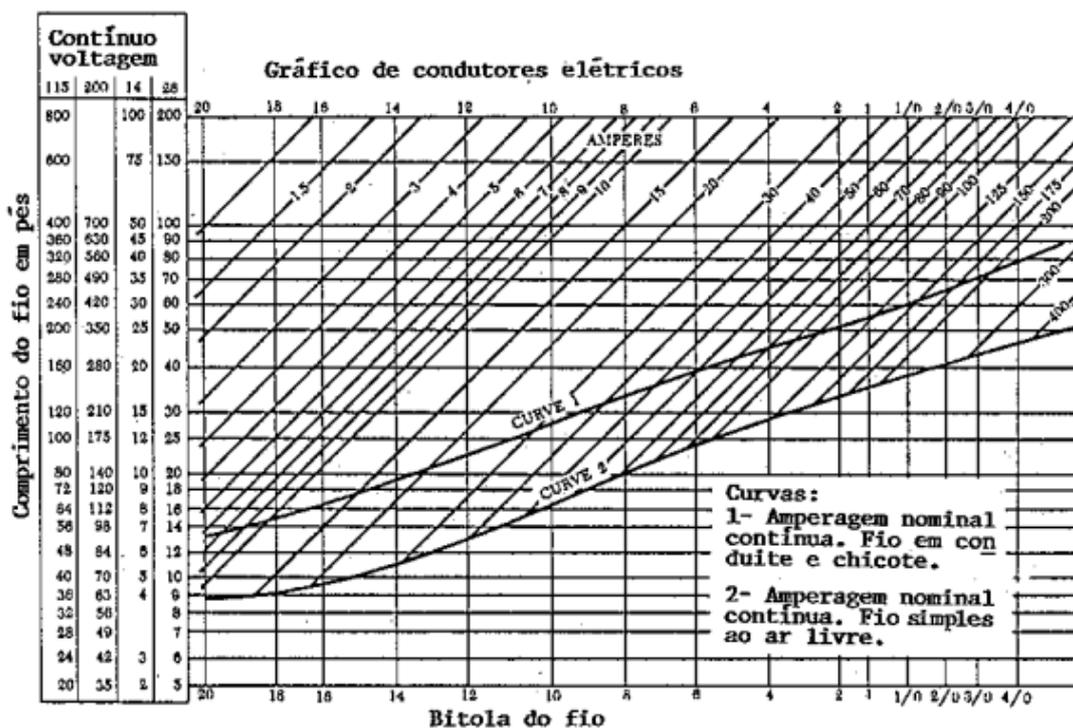
Os gráficos das figuras 4-84 e 4-85 podem simplificar essas determinações.

Para usar esses gráficos a fim de selecionar a bitola apropriada do condutor, deve-se conhecer o seguinte:

- 1 - O comprimento do condutor em pés;
- 2 - A quantidade de ampères da corrente a ser conduzida;
- 3 - O valor da queda de voltagem permitida;
- 4 - Se a corrente a ser conduzida é intermitente ou contínua e, se contínua, se o condutor é simples ao ar livre, em conduíte ou em chicote.

Suponha-se que seja desejado instalar um condutor a 50 pés da barra do avião para um equipamento num sistema de 28 volts. Para essa distância, uma queda de 1 volt é permitida para operação contínua.

Consultando-se o gráfico da figura 4-84, pode-se determinar o número máximo de pés que um condutor pode ter conduzindo uma corrente específica com uma queda de 1 volt. Nesse exemplo, é escolhido o número 50.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-84 Gráfico de condutor fluxo contínuo (aplicável aos condutores de cobre).

Suponha-se que a corrente requerida pelo equipamento seja de 20 ampères. A linha que indica o valor de 20 ampères deve ser selecionada pelas linhas diagonais. Segue-se essa diagonal para baixo até que ela intercepte a linha horizontal de nº 50.

Deste ponto, basta ir direto para baixo do gráfico, para verificar que um condutor entre as bitolas 8 e 10 é necessário para evitar uma queda maior do que 1 volt.

Sendo o valor indicado entre dois números, o de maior bitola, o de nº 8, deve ser selecionado. Esse é o condutor de menor bitola que pode ser usado para evitar uma queda de voltagem excessiva.

Para determinar a bitola do condutor suficiente para evitar superaquecimento, desprezam-se ambos os números ao longo do lado esquerdo do gráfico e das linhas horizontais.

Suponha-se que o condutor seja um fio simples exposto ao ar livre que conduz corrente contínua. Localiza-se um ponto no alto do gráfico na diagonal numerada de 20 ampères.

Segue-se esta linha até interceptar a diagonal marcada "curva 2". Agora é só descer desse ponto diretamente até o fundo do gráfico. Esse ponto está entre os números 16 e 18.

A bitola maior de nº 16 deve ser a selecionada. Este é o condutor de menor bitola aceitável para conduzir uma corrente de 20 ampères num fio simples ao ar livre, sem superaquecimento.

Se a instalação se aplicar ao equipamento tendo apenas uma necessidade intermitente (máximo de 2 minutos) de energia, o gráfico da figura 4-84 será usado da mesma maneira.

### Isolamento do Condutor

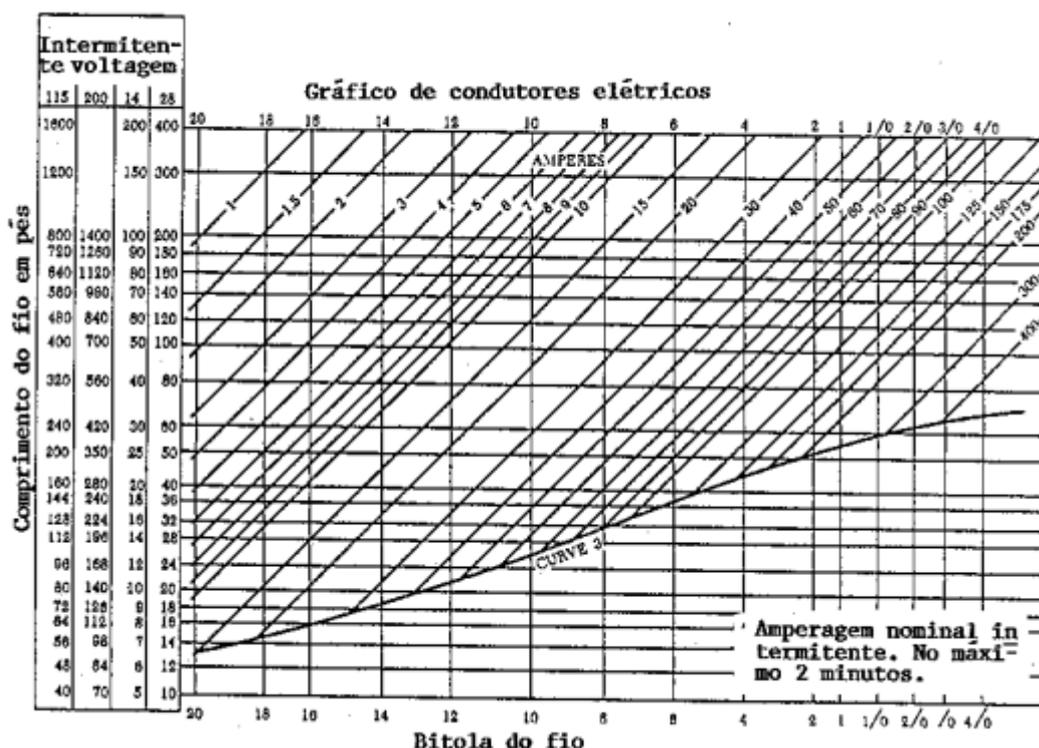
As duas propriedades fundamentais dos materiais isolantes (por exemplo, borracha, vidro, amianto ou plástico) são: resistência do isolamento e força dielétrica. Estas são propriedades inteiramente diferentes e distintas.

A resistência do isolamento é a resistência à passagem de corrente, através e ao longo da superfície dos materiais isolantes.

A resistência do isolamento pode ser medida com um megôhmetro sem danificar o isolamento, de modo que a informação obtida sirva como guia para determinar as condições gerais do isolamento.

Entretanto, a informação obtida desta maneira não será um retrato fiel da condição do isolamento.

Isolamento limpo e seco, contendo fendas ou defeitos, pode mostrar um alto valor de resistência, mas não seria adequado para uso.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-85 Gráfico de condutor fluxo intermitente.

Resistência dielétrica é a propriedade que o isolante possui de suportar a diferença de potencial, e é geralmente expressa em termos de voltagem na qual o isolamento não funciona devido à tensão eletrostática.

A resistência dielétrica máxima pode ser medida aumentando-se a voltagem de uma amostra de teste, até que o isolamento seja rompido.

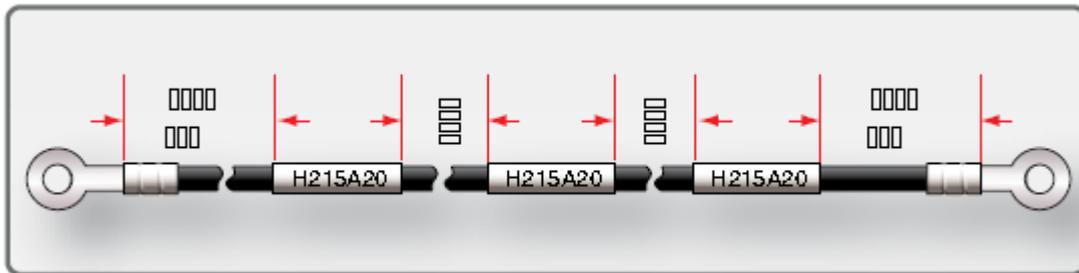
Devido ao custo do isolamento e seu efeito de endurecimento junto a grande variedade de condições físicas e elétricas, sob as quais os condutores são operados, somente o isolamento mínimo necessário é aplicado para qualquer tipo específico de cabo destinado a desempenhar uma determinada tarefa.

O tipo de material de isolamento do condutor varia com o tipo de instalação. Tais tipos de isolantes como a borracha, seda e papel não são mais usados extensivamente em sistemas de avião. Os mais comuns hoje em dia são o vinil, algodão, náilon, teflon e amianto mineral.

## Identificação de Fios e Cabos

A fiação e os cabos do sistema elétrico de avião podem ser estampados com uma combinação de letras e números para identificar o fio, o circuito a que ele pertence, o número da bitola e, também, outra informação necessária para relacionar o fio ou cabo com um diagrama elétrico. Essas marcas são denominadas código de identificação.

Não há nenhum procedimento padronizado para estampar e identificar a fiação, cada fabricante normalmente desenvolve seu próprio código de identificação. Um sistema de identificação (figura 4-86) mostra o espaçamento usual na marcação de um fio. O número 22 no código refere-se ao sistema no qual o fio se acha instalado, isto é, o sistema de VHF. O conjunto de números seguinte indica que 013 é o do fio e o 18, sua bitola.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

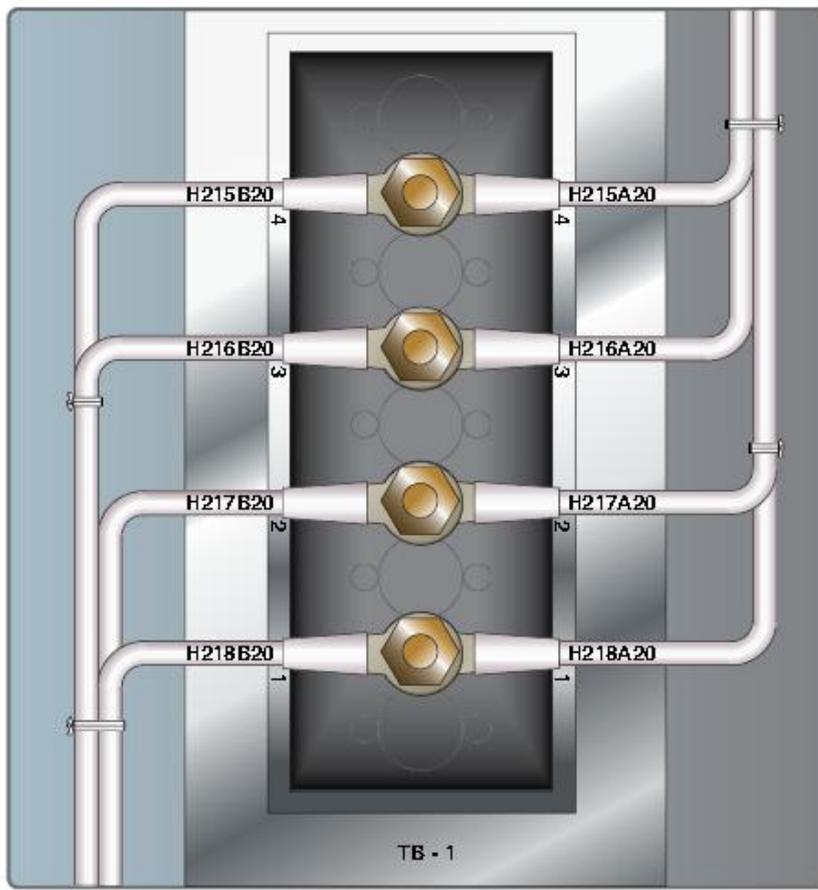
Figura 4-86 Código de identificação de fios.

Alguns componentes do sistema, especialmente os plugues e as tomadas, são identificados por uma letra ou grupo de letras e números, adicionados ao número básico. Essas letras e números podem indicar a localização do componente no sistema.

Os cabos interconectados são também marcados em alguns sistemas para indicar a localização, a terminação correta e a utilização. Em qualquer sistema a marca deve ser legível e a cor da estampagem deve contrastar com a cor do isolante do fio. Por exemplo, a estampagem preta deve ser usada com um fundo de cor clara, e a branca com um fundo de cor escura.

Os fios são geralmente estampados com intervalos de até 15 polegadas de extensão, e dentro de 3 polegadas de cada junção ou ponto terminal. A figura 4-87 mostra a identificação de fios numa barra de ligação de terminais. Cabos coaxiais e fios nas barras de ligação de terminais e caixas de junção são geralmente identificados pela estampagem de uma luva nos fios.

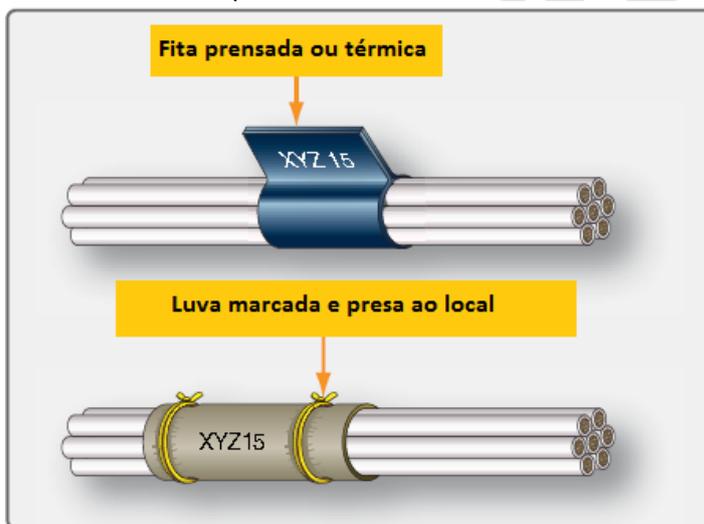
Para fiação de um modo geral, é geralmente usada uma luva flexível de vinil, que pode ser clara ou branca opaca. Para aplicações em alta temperatura, é recomendada a luva de borracha de silicone ou de fibra de vidro de silicone. Se a resistência a fluidos hidráulicos sintéticos ou solventes for necessária, a luva de náilon clara ou branca opaca pode ser usada.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-87 Identificação de fios numa barra de terminais.

Embora o método preferido seja estampar a marca de identificação diretamente sobre o fio ou sobre a luva, outros métodos são frequentemente empregados. A figura 4-88 mostra dois métodos alternativos: um utiliza uma luva estampada amarrada no lugar, o outro utiliza uma fita de pressão.



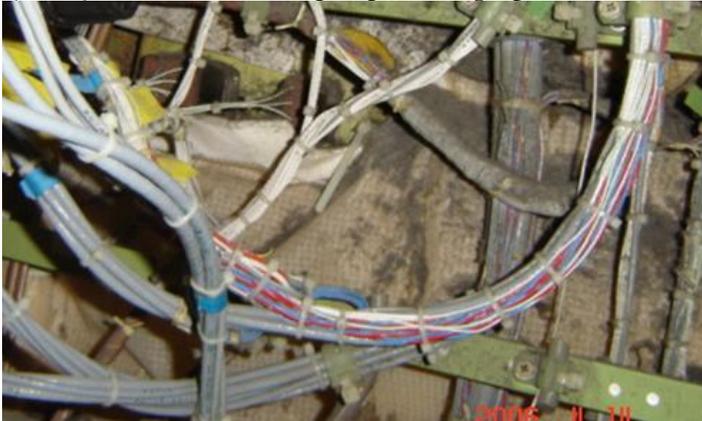
Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-88 Métodos alternativos para identificar chicotes.

## Instalação de Fiação Elétrica

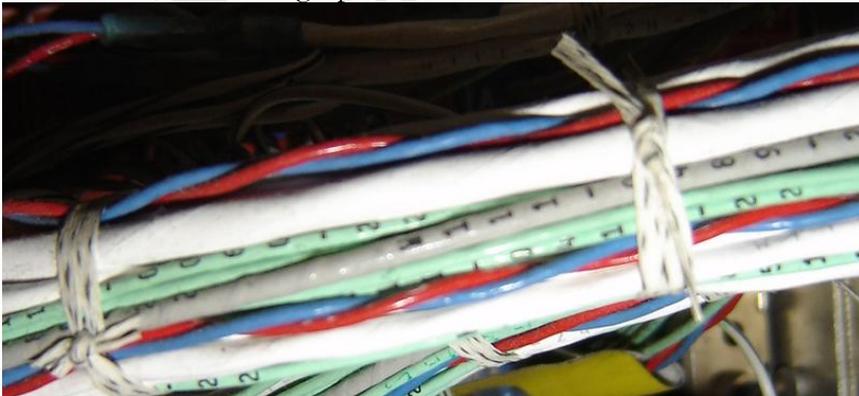
Os seguintes procedimentos recomendados para a instalação da fiação elétrica nos aviões são típicos daqueles usados na maioria dos casos. Para propósito desta descrição, as seguintes definições são aplicáveis:

1) **Fiação descoberta** - qualquer fio, grupo de fios ou chicote não envolvido por conduíte;



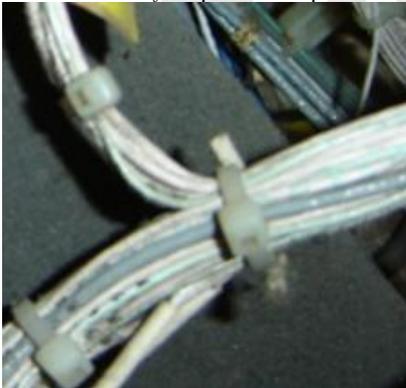
*Evandro Ferreira*

2) **Grupo de fios** - dois ou mais fios indo para o mesmo local amarrados juntos para manter a identidade do grupo;



*Evandro Ferreira*

3) **Chicote** - dois ou mais grupos de fios amarrados juntos, porque eles estão indo na mesma direção para um ponto onde a amarração está localizada;



*Evandro Ferreira*

**4) Fiação protegida eletricamente** - fios que incluem (no circuito) proteção contra sobrecarga, tais como fusíveis, disjuntores ou outros dispositivos de limitação;



*Evandro Ferreira*

**5) Fiação sem proteção elétrica** - fios (geralmente dos geradores até os pontos de distribuição da barra principal), que não possuem proteção, tais como fusíveis, disjuntores ou outros dispositivos.



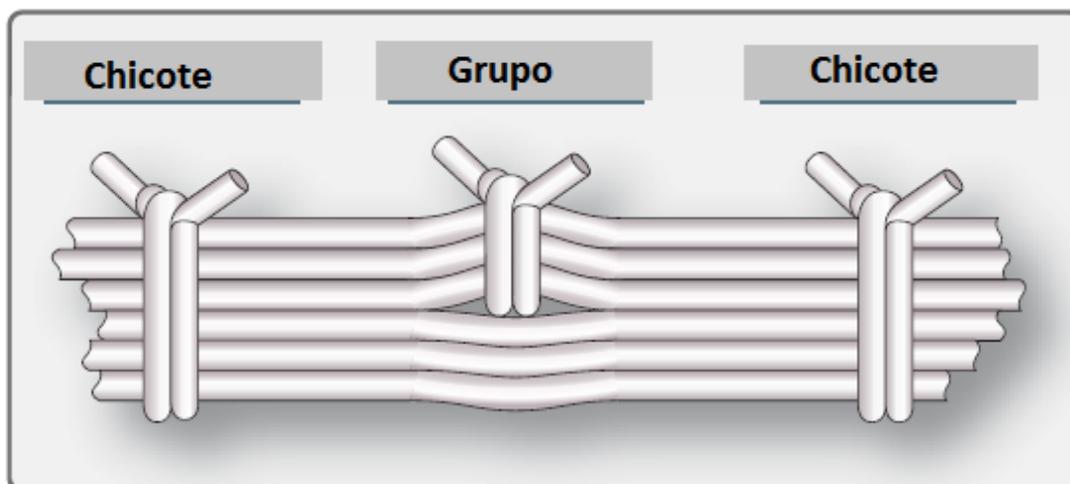
*Evandro Ferreira*

### **Grupos de Fios e Chicotes**

Deve-se evitar a formação de chicote ou grupos com certos fios, tais como fiação de força elétrica desprotegida e fiação para duplicação de equipamento vital.

Os chicotes geralmente devem ser limitados em 75 fios, ou 2 polegadas de diâmetro, onde possível.

Quando diversos fios estiverem agrupados em caixas de junção, barras de terminais, painéis, etc., a identidade do grupo de fios no chicote (figura 4-89) pode ser mantida.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-89 Amarrações de grupo de fios e chicotes.

### Fios Trançados

Quando especificados em desenhos de engenharia, ou quando realizados como uma prática local, os fios paralelos devem, às vezes, ser trançados. Os exemplos que se seguem são os mais comuns:

- 1) Fiação nas vizinhanças de bússola magnética ou da válvula de fluxo;
- 2) Fiação de distribuição trifásica;
- 3) Outros fios (geralmente na fiação para o sistema rádio) como especificado nos desenhos de engenharia.

Trançar os fios de modo que eles se acomodem entre si, formando aproximadamente o número de voltas por pés como mostrado na tabela 4.

Verificar sempre se o isolamento dos fios foi danificado depois de trançados. Se o isolamento estiver rompido ou com desgaste, substitui-se o fio.

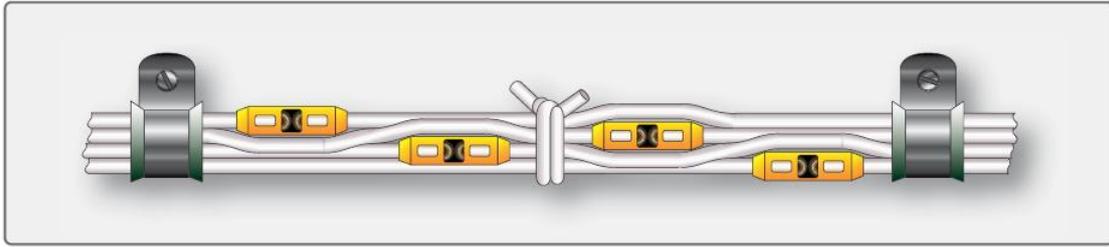
	#22	#20	#18	#16	#14	#12	#10	#8	#6	#4
2 Wires	10	10	9	8	7 1/2	7	6 1/2	6	5	4
3 Wires	10	10	8 1/2	7	6 1/2	6	5 1/2	5	4	3

Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Tabela 4 - Número recomendado de voltas por pé.

### Emendas nos Chicotes

As emendas em grupos de fios ou chicotes devem ser localizadas, de modo que elas possam ser inspecionadas facilmente. As mesmas devem ser afastadas umas das outras (figura 4-90), de modo que o chicote não se torne excessivamente grosso. Todas as emendas não isoladas devem ser revestidas com plástico e presas firmemente nas duas extremidades.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-90 Emendas de cabos em um chicote.

### Chicotes Frouxos

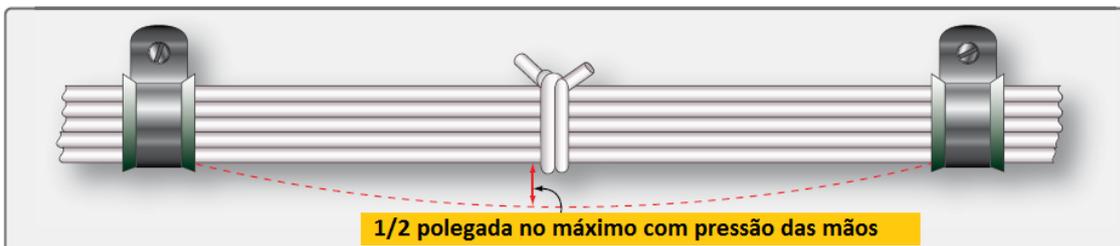
Os fios simples, ou chicotes, não devem ser instalados com frouxidão excessiva.

A frouxidão entre os suportes não deve, normalmente, exceder uma deflexão máxima de 1/2 polegada com pressão manual (figura 4-91).

Entretanto, esta pode ser excedida se o chicote for fino e as braçadeiras estiverem muito separadas.

A frouxidão nunca deverá ser tão grande que o chicote possa roçar contra qualquer superfície. Uma quantidade suficiente de frouxidão deve ser permitida próxima a cada extremidade de um chicote para:

- 1) Permitir fácil manutenção;
- 2) Permitir a substituição dos terminais;
- 3) Evitar a fadiga mecânica nos fios, junções dos fios e suportes;
- 4) Permitir livre movimento do equipamento montado contra choque e vibração;
- 5) Permitir a remoção do equipamento para fins de manutenção.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-91 Frouxidão do chicote entre os suportes.

### Raio de Curvatura

As curvaturas nos grupos de fios ou chicotes não devem ser inferiores a 10 vezes do diâmetro externo do grupo.

Entretanto, nas barras de terminais, onde o fio está adequadamente suportado em cada extremidade da curvatura, o diâmetro externo do grupo de fios ou do chicote igual a 3 vezes o diâmetro externo é normalmente aceitável.

Existem, é claro, exceções a estas orientações. É o caso de certos tipos de cabo, como por exemplo, o cabo coaxial que nunca pode ser curvado num raio inferior a 10 vezes do diâmetro externo.

## Instalação e Encaminhamento

Toda fiação deve ser instalada de modo a ficar firme e com boa aparência. Sempre que possível, os fios e os chicotes devem correr paralelos ou em ângulos retos com as nervuras ou longarinas da área envolvida.

Como exceção desta regra, temos o cabo coaxial que deve ser orientado em linha reta tanto quanto possível.

A fiação deve ser fixada adequadamente em toda sua extensão. Um número suficiente de suportes deve ser instalado para evitar vibração indevida dos trechos sem sustentações.

Todos os fios e grupos de fios devem ser direcionados e instalados contra:

- 1) Fricção ou roçamento;
- 2) Alta temperatura;
- 3) Ser usado como alças ou como suporte de pertences pessoais e equipamento;
- 4) Danos pela movimentação de pessoal no interior do avião;
- 5) Danos por armazenamento ou movimentação da carga;
- 6) Danos por vapores, borrifos ou salpicos de ácido da bateria;
- 7) Danos por solventes ou fluidos.

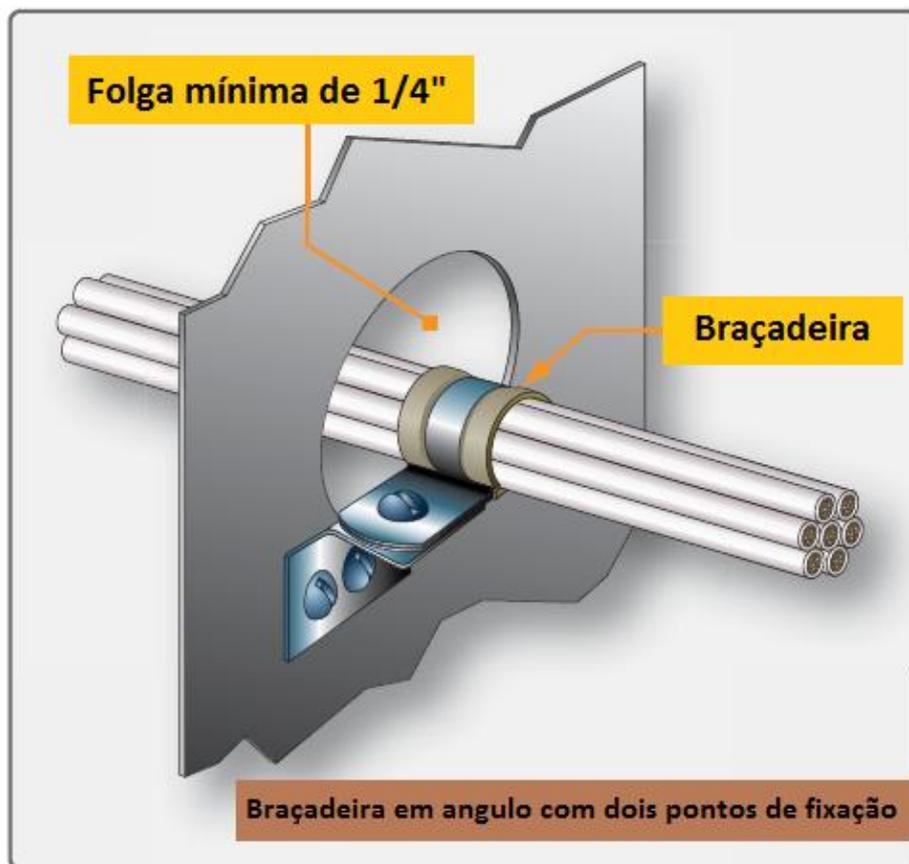
### Proteção Contra Fricção

Os fios e os grupos de fios devem ser protegidos contra fricção ou roçamento nos locais onde o contato com superfícies pontiagudas ou outros fios possam danificar o isolamento.

Os danos ao isolamento podem provocar curto-circuito, mau funcionamento ou operação indevida do equipamento.

Braçadeiras devem ser usadas para sustentar os chicotes em cada orifício através de um anteparo (figura 4-92).

Se os fios se aproximarem mais de  $\frac{1}{4}$  de polegada da borda do orifício, usa-se um ilhós adequado (figura 4-93).

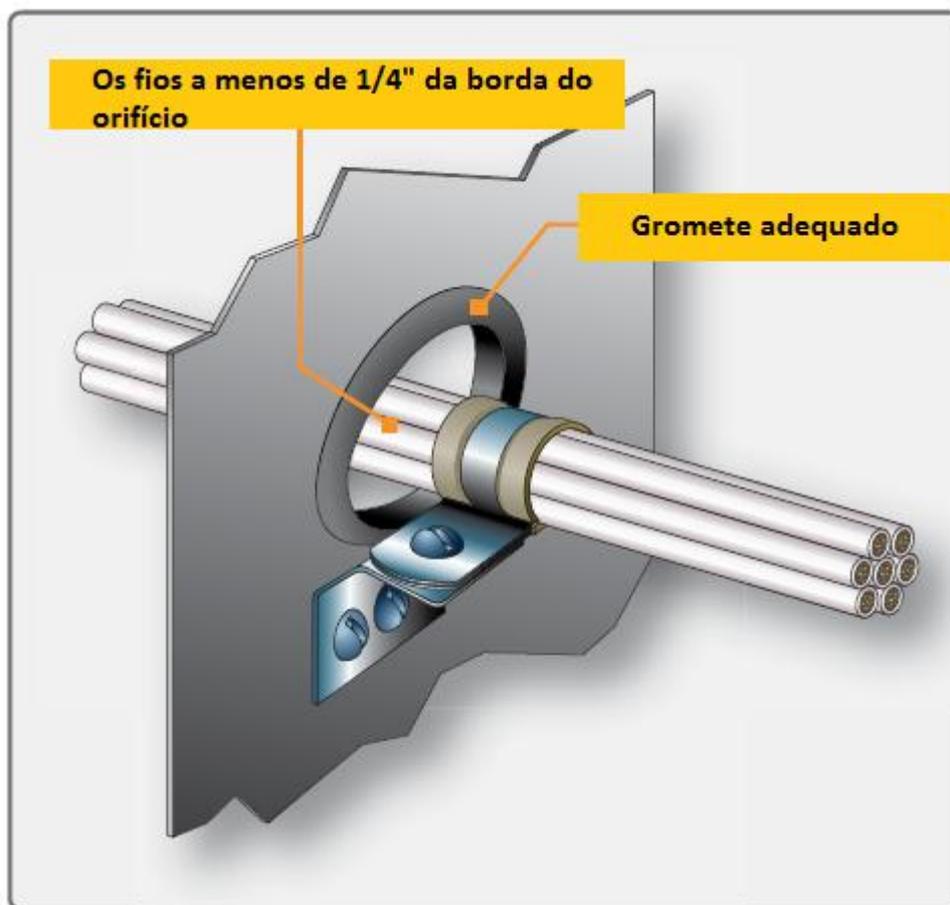


Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-92 Braçadeira de cabo no orifício do anteparo.

Às vezes é necessário cortar o ilhós de náilon ou borracha para facilitar a instalação. Nestas circunstâncias, depois de colocado, o ilhós pode ser mantido no lugar com cola de uso geral. O corte da emenda dele deverá estar na parte superior do orifício, e feito num ângulo de 45° com o eixo do orifício do chicote.

Aeromex  
ESCOLA DE AVIAÇÃO CIVIL



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-93 Braçadeira de cabo e gromete no orifício de passagem.

### Proteção Contra Alta Temperatura

Para evitar deterioração do isolamento, os fios devem ser mantidos afastados de equipamentos de alta temperatura, tais como resistores, tubos de descarga ou dutos de aquecimento. A distância de separação é normalmente especificada pelos desenhos de engenharia.

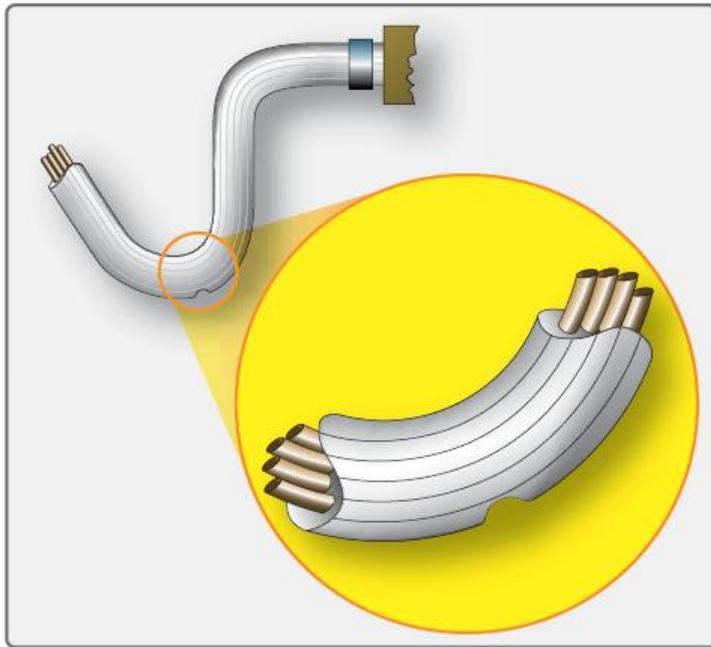
Alguns fios devem invariavelmente passar através de áreas quentes. Esses fios devem ser isolados com material resistente a altas temperaturas, tal como amianto, fibra de vidro ou teflon. Proteção adicional é também frequentemente necessária sob a forma de conduítes. Um fio com isolamento de baixa temperatura não deve ser usado para substituir um fio com isolamento de alta temperatura.

Muitos cabos coaxiais possuem isolamento de plástico mole tal como polietileno, o qual está especialmente sujeito a deformações e deterioração a temperaturas elevadas. Todas as áreas sujeitas a temperaturas elevadas devem ser evitadas ao se instalar esses tipos de cabos. Proteção adicional contra fricção deve ser fornecida aos fios de amianto envolvidos por um conduíte. Pode ser usado um conduíte com revestimento de borracha de alta temperatura, ou os fios de amianto podem ser envolvidos, individualmente, em tubos plásticos de alta temperatura antes de serem instalados no conduíte.

## Proteção Contra Solventes e Fluidos

Os fios não devem ser instalados em áreas onde fiquem sujeitos a estragos por fluidos, ou a menos de 4 polegadas da parte mais baixa da fuselagem do avião, com exceção daqueles que devem atingir aquela área.

Se houver possibilidade do fio ser molhado com fluidos, deverá ser usada uma tubulação plástica para protegê-lo. Essa tubulação deve estender-se através da área em ambos os sentidos, e deve ser amarrada em cada extremidade. Se o fio possuir um ponto baixo entre as extremidades da tubulação, um orifício de dreno de 1/8 de polegada deverá ser feito nessa área (figura 4-94).



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-94 Orifício de dreno no ponto baixo da tubulação.

Esse orifício deve ser perfurado na tubulação após completar-se a instalação e o ponto baixo, estabelecido pelo uso do perfurador para cortar um meio círculo.

Toma-se cuidado para não danificar qualquer um dos fios no interior da tubulação quando se usa o perfurador.

O fio nunca deve passar por baixo da bateria do avião.

Todos os fios nas proximidades da bateria devem ser inspecionados frequentemente, e os fios descoloridos pelos gases prejudiciais da bateria devem ser substituídos.

## Proteção dos Fios na Área do Alojamento das Rodas

Os fios localizados nos alojamentos das rodas estão sujeitos a diversos problemas adicionais em serviço, tais como: exposição a fluidos, apertos e acentuada flexibilidade.

Todos os chicotes devem ser protegidos por luvas de tubulação flexível, presas firmemente em cada extremidade, e não deve existir nenhum movimento relativo nos pontos onde a tubulação flexível estiver presa.

Esses fios e a tubulação isolante devem ser inspecionados cuidadosamente a intervalos frequentes e, tanto os fios quanto a tubulação, devem ser substituídos ao primeiro sinal de desgaste.

Não deve haver nenhum esforço nas fixações quando as partes estiverem completamente estendidas, mas a frouxidão não deverá ser excessiva.

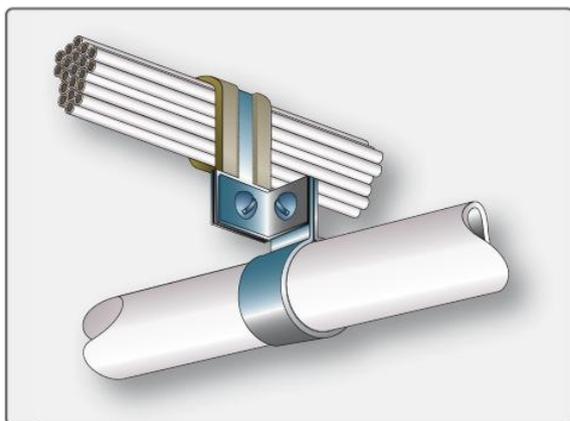
### Precauções na Instalação

Quando a fiação tiver que ser instalada paralelamente a linhas de fluidos combustíveis ou de oxigênio em curtas distâncias, a separação deverá ser mantida tanto maior quanto possível.

Os fios devem estar nivelados com ou acima das tubulações.

As braçadeiras devem ser espaçadas de modo que, se um fio for quebrado em uma braçadeira, ele não entrará em contato com a linha. Onde não for possível uma separação de 6 polegadas, o chicote e a tubulação podem ser fixados na mesma estrutura para impedir qualquer movimento relativo.

Se a separação for menor do que 2 polegadas, porém maior do que ½ polegada, uma luva de polietileno pode ser usada sobre o chicote para proporcionar maior proteção. Além disso, duas braçadeiras de cabo, costas com costas (figura 4-95), podem ser usadas somente para manter uma separação rígida, e não para suportar o chicote.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

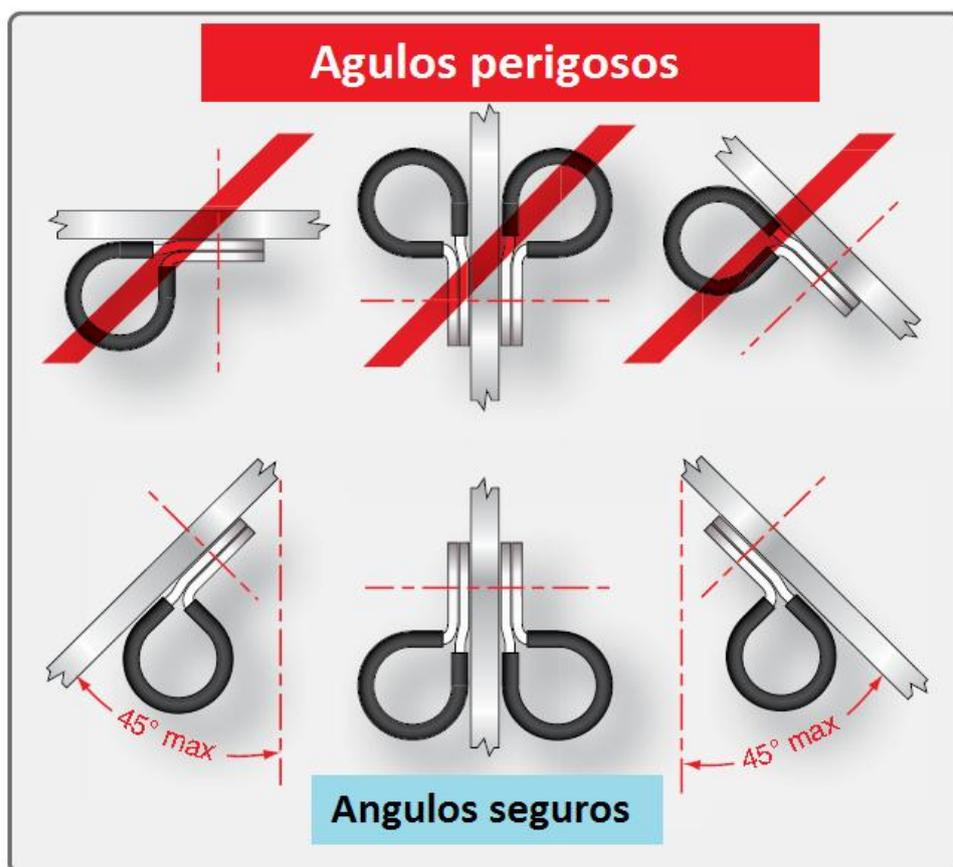
Figura 4-95 Separação entre a fiação e a tubulação.

Nenhum fio pode ser direcionado de modo que fique localizado mais próximo do que ½ polegada de uma tubulação. Nem mesmo um fio ou um chicote pode ser sustentado por tubulação que conduza fluidos inflamáveis ou oxigênio.

A fiação deve ser instalada para manter uma folga mínima de pelo menos 3 polegadas dos cabos de controle. Se isso não puder ser observado, guardas mecânicas deverão ser instaladas para evitar o contato entre a fiação e os cabos de controle.

### Instalação das Braçadeiras de Cabos

As braçadeiras de cabo devem ser instaladas considerando-se o ângulo adequado (figura 4-96).

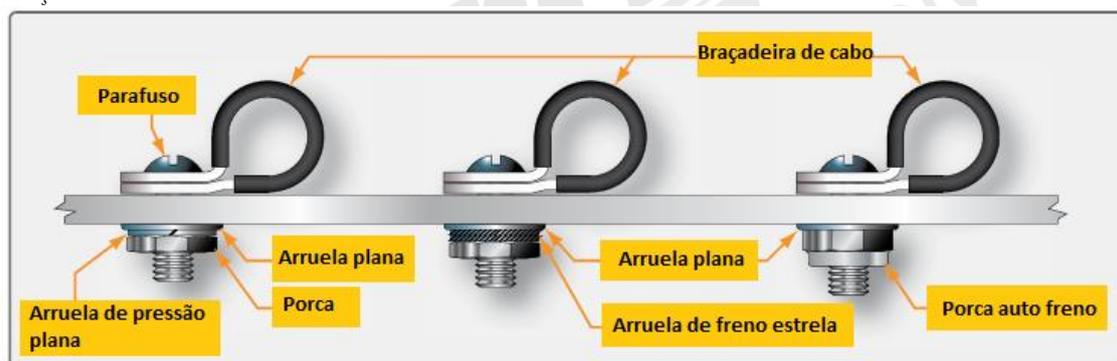


Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-96 Ângulos de montagem adequados para braçadeiras de cabo.

O parafuso de montagem deve estar acima do chicote. É também conveniente que a parte traseira da braçadeira de cabo se apoie contra um membro estrutural, onde e quando for prático.

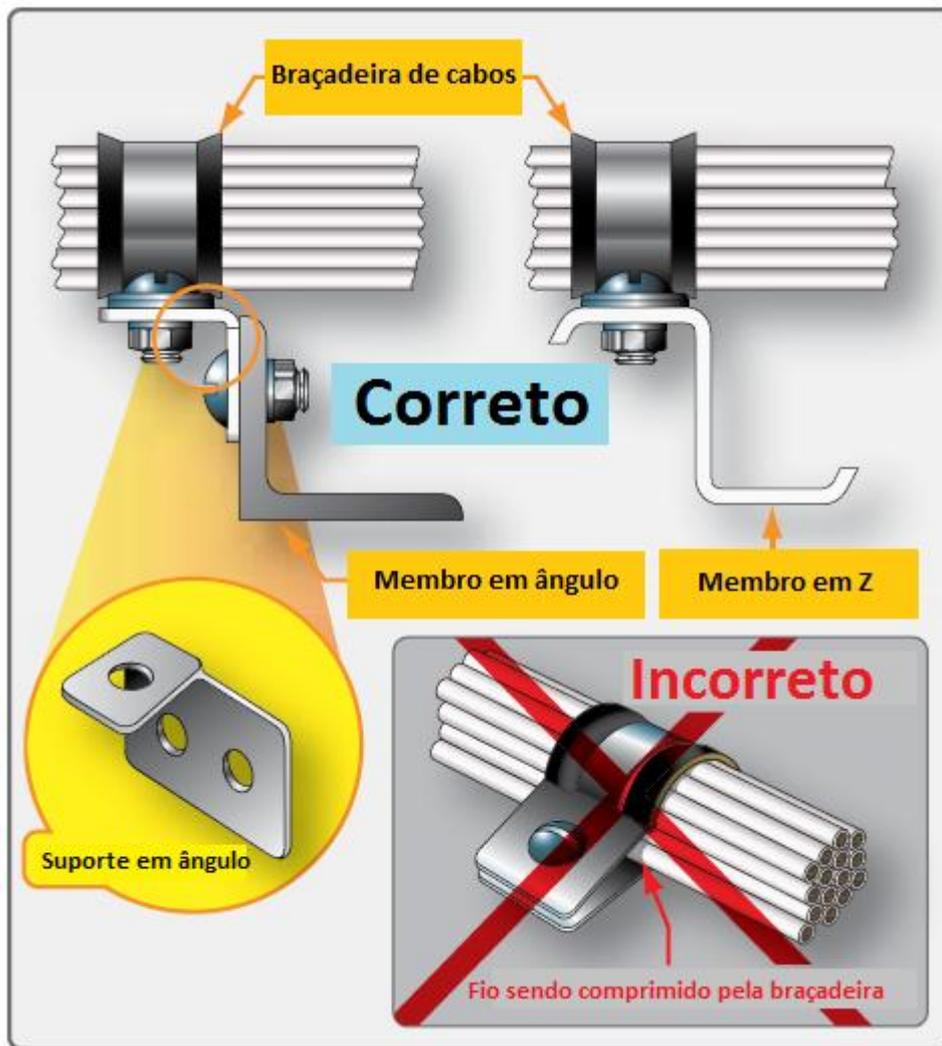
A figura 4-97 mostra algumas ferragens típicas de montagens usadas na instalação das braçadeiras de cabo.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-97 Ferragens típicas de montagem para braçadeiras de cabo.

É preciso atenção para que os fios não fiquem comprimidos nas braçadeiras de cabo. Onde possível, instala-se os cabos diretamente aos membros estruturais (figura 4-98).



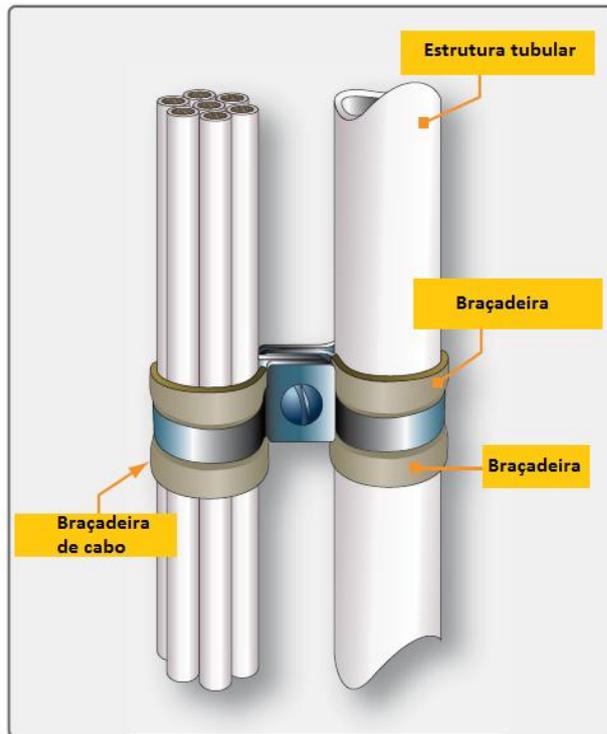
Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-98 Montagem da braçadeira de cabo na estrutura.

As braçadeiras podem ser usadas com proteção de borracha, para prender os chicotes às estruturas tubulares (figura 4-99).

Essas braçadeiras devem se adaptar firmemente, mas não devem ser deformadas quando fixadas no lugar.

Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-99 Instalação da braçadeira de cabo na estrutura tubular.



## 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 nos aprofundar nas técnicas e padrões para manutenção do sistema elétrico de motores aeronáuticos.

Espero você!



Fonte: [www.morguefile.com](http://www.morguefile.com)

## MÓDULO IV

### SISTEMAS ELÉTRICOS DO MOTOR (continuação)

#### INTRODUÇÃO

Caro aluno,

No módulo anterior iniciamos o estudo das técnicas usadas na manutenção do sistema elétrico dos motores aeronáuticos, vimos a diferença de fio para cabo e detalhes da correta manutenção neste sistema tão complexo.

Agora iremos nos aprofundar um pouco mais nessas técnicas.

Vamos Lá!

#### 4.1 AMARRAÇÃO E LAÇAGEM DOS CHICOTES

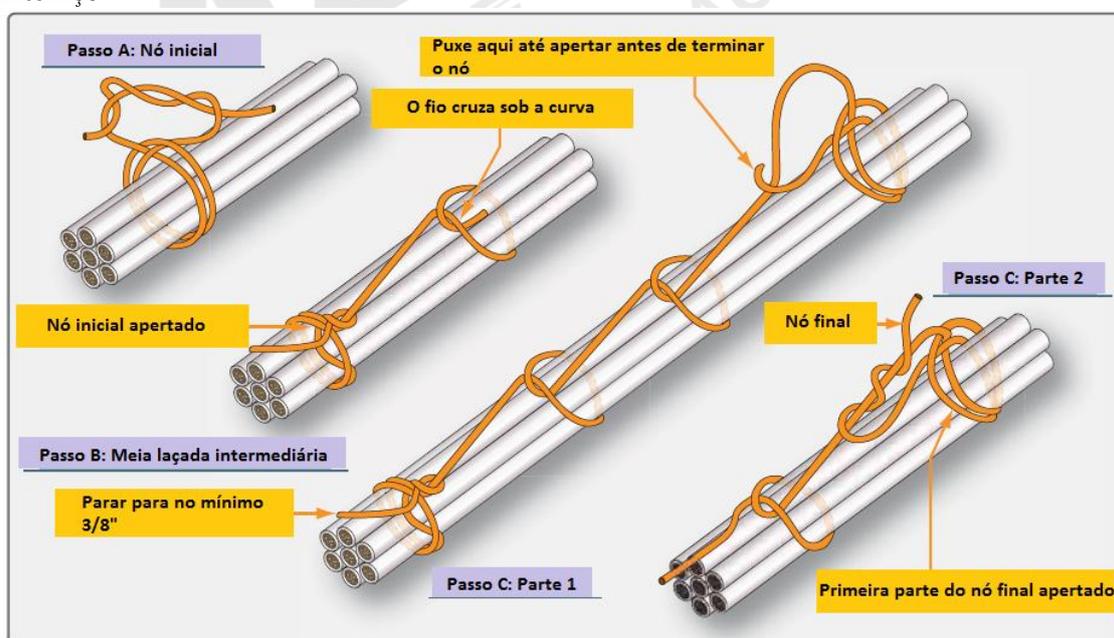
Os grupos de fios e chicotes são amarrados, ou laçados, com cordão para tornar mais fácil a instalação, manutenção e inspeção. Esta seção descreve e ilustra os procedimentos recomendados para amarrar e laçar os fios com nós, que se manterão firmemente sob todas as condições. A finalidade dessa apresentação definiu os seguintes termos:

- 1) **Laçagem** é prender junto um grupo de fios ou um chicote através de pedaços individuais de cordão, amarrados em volta daqueles em intervalos regulares;
- 2) **Amarração** é prender junto um grupo de fios ou um chicote por um pedaço contínuo de cordão, formando laços em intervalos regulares em volta daqueles;
- 3) **Um grupo de fios** é constituído de dois ou mais fios amarrados ou laçados juntos para identificar um sistema individual;
- 4) **Um chicote** é constituído de dois ou mais grupos de fios amarrados ou laçados juntos para facilitar a manutenção.

O material usado para laçar ou amarrar é um cordão de náilon ou de algodão. O cordão de náilon é resistente à umidade e fungos, mas o cordão de algodão deve ser encerado antes de ser usado, para que adquira as características necessárias de proteção.

### Amarração com Cordão Inteiro

A figura 4-100 mostra o processo gradual de amarração do chicote com um cordão inteiro.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-100 Amarração com cordão inteiro.

A amarração é iniciada na extremidade espessa do grupo de fios ou chicote com nó, denominado "nó de porco" com um laço extra. A amarração é então continuada com meias laçadas em intervalos regulares ao longo do chicote e a cada ponto onde um fio ou um grupo de fios se ramificam.

As meias laçadas devem ser espaçadas, de modo que o chicote apresente bom aspecto e segurança. A amarração termina com um "nó de porco" e um laço extra. Após apertar o nó, as extremidades livres do cordão devem ser aparadas em aproximadamente 3/8 de polegada.

### Amarração com Cordão Duplo

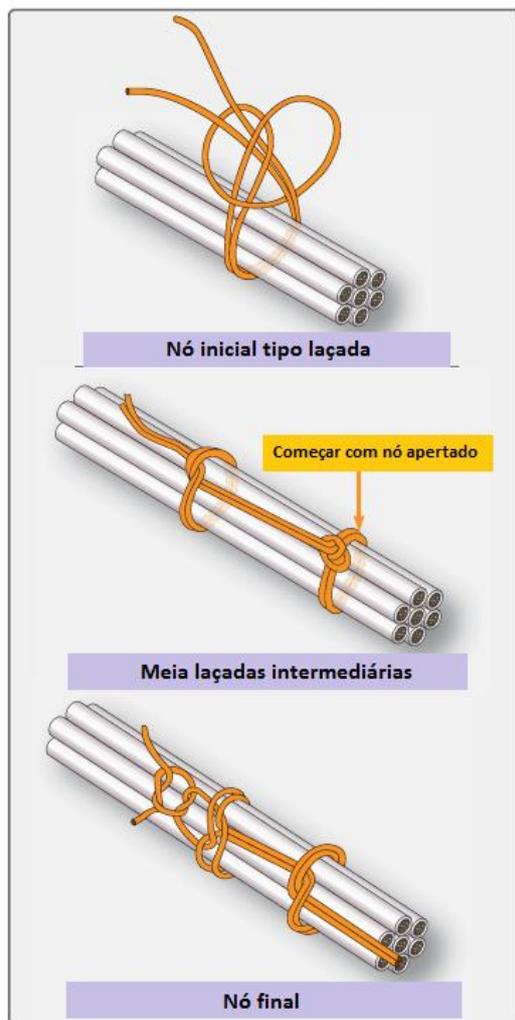
A figura 4-101 ilustra o processo de amarração com cordão duplo.

A amarração é iniciada na extremidade mais espessa do chicote com um nó tipo "laçada" ("A" da figura 4-101).

Em intervalos regulares ao longo do chicote, e em cada ponto onde um fio se ramifica, a amarração continua usando meias-laçadas, com ambos os cordões firmemente juntos.

As meias-voltas devem ser espaçadas de modo que o chicote apresente bom aspecto e segurança.

A amarração termina com um nó de meia-volta, continuando um dos cordões no sentido horário e o outro no sentido anti-horário, e amarram-se as extremidades com um nó quadrado. As extremidades livres dos cordões de amarração devem ser aparadas em aproximadamente 3/8 de polegada.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-101 Amarração com cordão duplo.

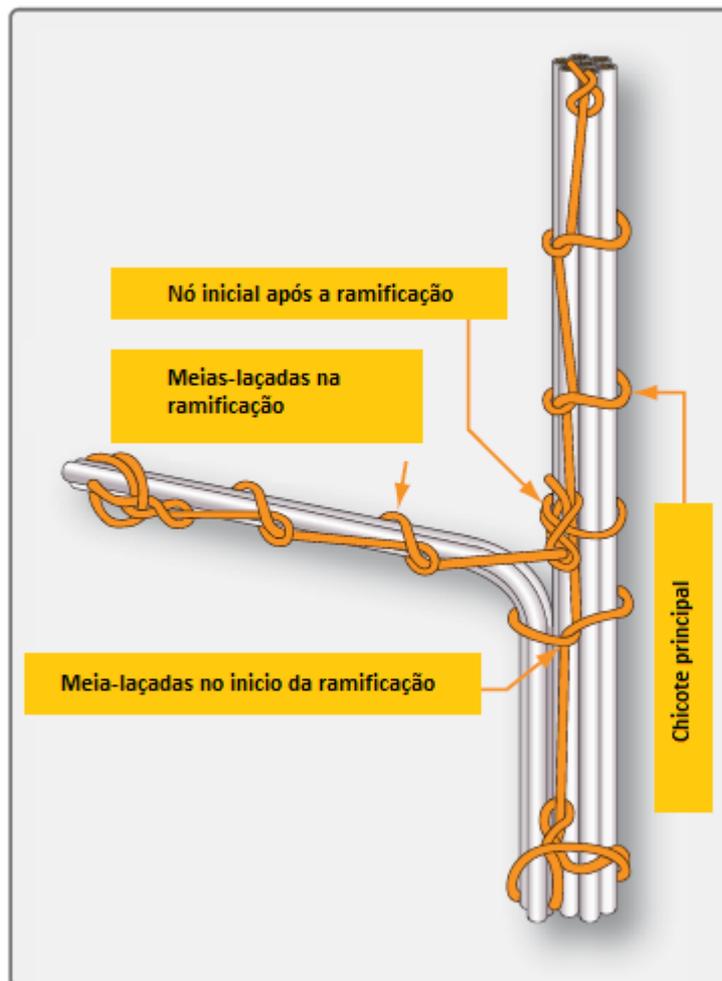
### **Amarração de Ramificações**

A figura 4-102 ilustra um procedimento recomendado para amarrar um grupo de fios que ramifica do chicote principal.

A amarração do grupo de fios começa com um nó localizado no chicote logo após o ponto de ramificação.

Ela é continuada ao longo do grupo de fios ramificados, usando meias-voltas regularmente espaçadas.

Se for usado o cordão duplo, ambos os cordões devem ser mantidos apertados juntos.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-102 Amarração de uma ramificação.

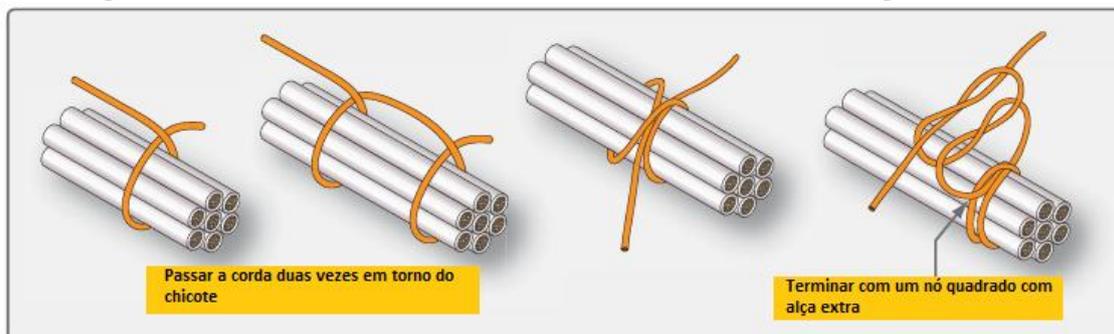
As meias-voltas devem ser espaçadas para amarrar o grupo de fios com bom aspecto e segurança. A amarração é terminada com o nó final regular usado na amarração de cordão inteiro ou duplo. As extremidades livres do cordão devem ser aparadas corretamente.

### Enlaçe

Todos os grupos de fios ou chicotes devem ser enlaçados onde os suportes estiverem com mais de 12 polegadas de distância. As laçadas são feitas usando-se cordão de algodão encerado, cordão de nylon ou de fibra de vidro.

Alguns fabricantes permitem o uso de uma fita de vinil, sensível à pressão e própria para equipamentos elétricos. Quando for possível, a fita deverá ser enrolada três voltas em torno do chicote, e o final deve ser selado para evitar que a fita desenrole.

A figura 4-103 ilustra um procedimento recomendado para laçar um chicote. O laço é iniciado passando-se o cordão em volta do chicote fazendo um "nó de porco".



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-103 Laçando um chicote.

Depois de um nó quadrado com uma alça extra é amarrado, e as extremidades livres do cordão são aparadas.

Laços temporários são, às vezes, usados para formar e instalar grupos de fios e chicotes. O cordão colorido é normalmente usado para fazer laços temporários, visto que eles serão retirados assim que a instalação estiver completa.

Sejam laçados ou amarrados, os chicotes devem estar seguros para evitar deslizamento, mas não tão fortemente que o cordão chegue a cortar ou deformar o isolamento. Isto se aplica especialmente ao cabo coaxial, que possui um isolamento dielétrico mole entre o condutor interno e o externo.

A parte de um chicote localizada no interior de um conduíte não é amarrada ou laçada, mas os grupos de fios ou chicotes dentro de partes fechadas tais como caixas de junção, devem ser apenas laçados.

## 4.2 CORTE DE FIOS E CABOS

Para tornar mais fácil a instalação, manutenção e o conserto, os cabos e fios instalados num avião são interrompidos em locais específicos por junções, tais como conectores, blocos terminais ou barras. Antes de serem instalados nestas junções, os fios e cabos devem ser cortados no comprimento adequado.

Todos os fios e cabos devem ser cortados na extensão especificada nos desenhos ou nos diagramas elétricos.

O corte deve ser feito cuidadosamente e, o fio ou o cabo, não devem ser deformados. Se necessário, um fio de bitola grande deve ser retocado depois do corte.

Bons cortes podem ser feitos somente se as lâminas das ferramentas estiverem afiadas e sem dentes.

Uma lâmina cega (sem corte) deformará e deslocará as extremidades do fio.

## 4.3 DESENCAPAMENTO DE FIOS E CABOS

Praticamente todos os fios e cabos utilizados como condutores elétricos possuem algum tipo de isolamento.

Antes que o fio possa ser instalado nos conectores, terminais, emendas, etc., o isolamento deve ser desencapado nas extremidades de conexão para expor o fio nu.

O fio de cobre pode ser desencapado de várias maneiras, dependendo da bitola e do isolamento.

A tabela 5 apresenta alguns tipos de ferramentas desencapadoras recomendadas para várias bitolas de fios e tipos de isolamento.

DESCASCADOR	BITOLA	ISOLANTE
Térmico	#26---#4	TODOS MENOS AMIANTO
Elétrico	#26---#4	TODOS
Debaricata	#20---#6	TODOS
Manual	#26---#8	TODOS
Tipo faca	#2---#0000	TODOS

Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Tabela 5 - Desencapadores de fio de cobre.

O fio de alumínio deve ser desencapado muito cuidadosamente, usando cuidado extremo, visto que as pernas quebrar-se-ão facilmente após terem sido apertadas.

As seguintes precauções são recomendadas quando é desencapado qualquer tipo de fio:

- 1) Ao se usar qualquer tipo de desencapador, segure o fio de modo que fique perpendicular às lâminas de corte;
- 2) Ajustar as ferramentas desencapadoras automáticas cuidadosamente. Seguir as instruções do fabricante para evitar incisões, cortes ou, de algum modo, danificar as pernas dos fios. Isto é muito importante para os fios de alumínio e para os fios de cobre de bitola menor do que a nº 10. Examinar os fios desencapados quanto a avarias. Cortar e desencapar novamente (se a extensão for suficiente), ou rejeitar e substituir qualquer fio tendo mais do que o número permitido de incisões ou pernas quebradas, como mencionado na lista de instruções do fabricante;
- 3) Ter a certeza de que o isolamento possui um corte definido sem bordas esgarçadas ou ásperas. Aparar se necessário;
- 4) Ter a certeza de que todo o isolamento foi retirado da área desencapada. Alguns tipos de fio são fornecidos com uma camada transparente de isolante entre o condutor e o isolamento primário. Se este estiver presente, retirá-lo;
- 5) Ao fazer uso de alicates desencapadores para retirar extensões de isolamento maiores do que  $\frac{3}{4}$  de polegada, é mais fácil executá-lo em duas ou mais operações;
- 6) Retorcer as pernas de cobre manualmente ou com um alicate, se necessário, para restaurar a camada natural e a rigidez das pernas.

A figura 4-104 mostra um alicate desencapador de fio. Esta ferramenta é usada geralmente para desencapar a maior parte dos tipos de fio.

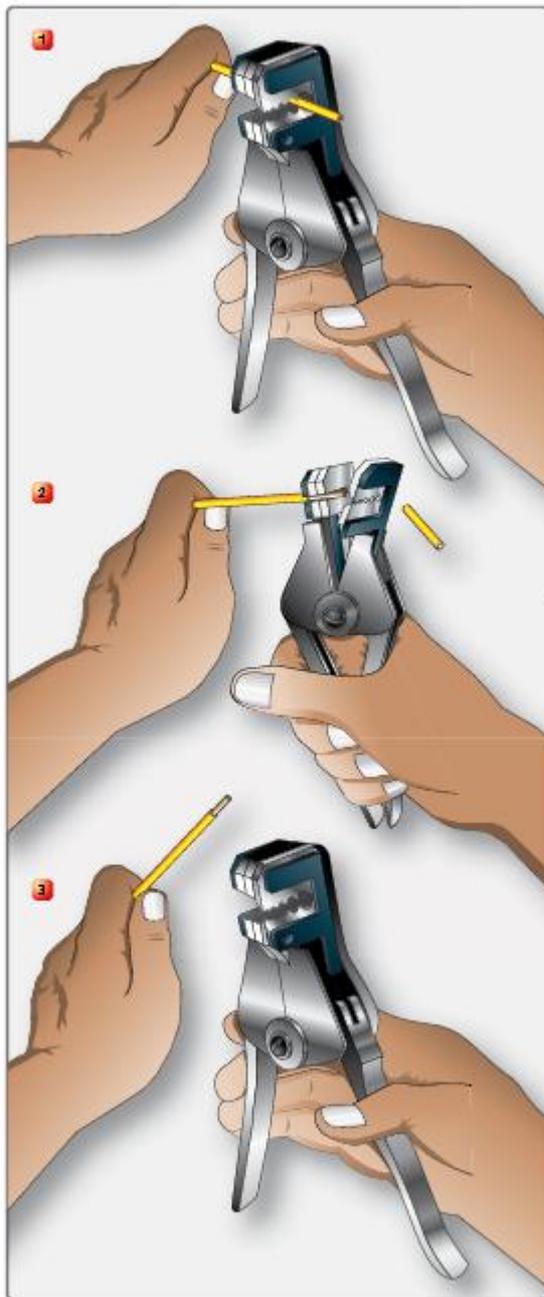


Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-104 Desencapador manual de fios.

Os itens seguintes descrevem os procedimentos para desencapar o fio com um alicate (ver a figura 4-105).

- 1) Colocar o fio no meio exato da fenda cortante correspondente à bitola do fio a ser desencapado. Cada fenda está marcada com a bitola do fio;



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-105 Descapando o fio com o descapador manual.

- 2) Apertar os punhos tanto quanto possível;
- 3) Soltar os punhos, permitindo que o prendedor do fio retorne à posição aberta;
- 4) Retirar o fio descapado.

### **Terminais e Emendas sem Solda**

A emenda do cabo elétrico deve ser mantida num mínimo, e totalmente evitada em locais sujeitos às vibrações externas.

Os fios individuais num grupo de fios ou em um chicote podem ser geralmente emendados, desde que toda a emenda seja localizada de modo que ela possa ser inspecionada periodicamente.

As emendas devem ser espaçadas para que o grupo de fios não se torne excessivamente grosso. Diversos tipos de conectores de emenda são utilizados para a emenda de fios individuais.

Os conectores de emenda auto isolante geralmente são os mais preferidos, entretanto, um conector de emenda não isolado pode ser usado se a emenda for revestida com luva plástica presa nas duas extremidades.

As emendas de solda podem ser usadas, mas elas são geralmente inseguras e não recomendáveis.

Os fios elétricos possuem um acabamento com alça de terminal sem solda para permitir uma conexão fácil e eficiente, e para a desconexão dos blocos terminais, barras de ligação, ou outro equipamento elétrico.

As emendas sem solda ligam os fios elétricos para formar um circuito contínuo permanente.

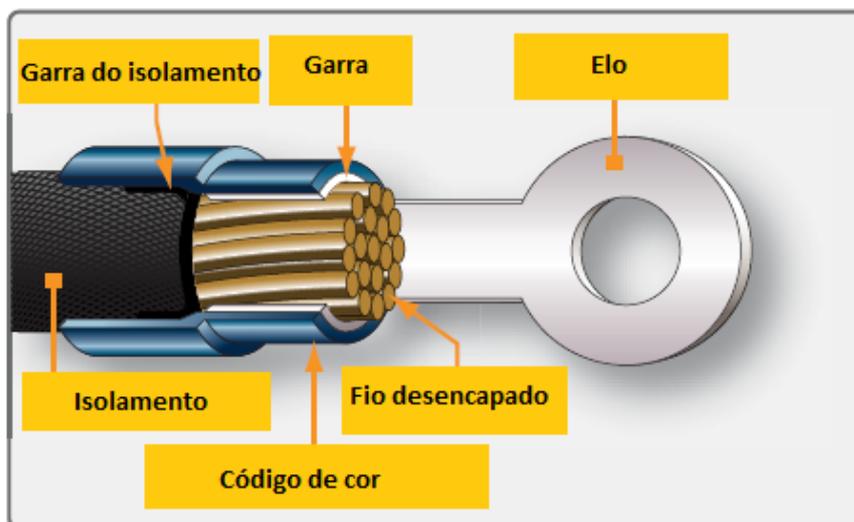
As alças de terminal sem solda e as emendas são feitas de cobre ou alumínio, e são pré-isoladas ou não isoladas, dependendo da aplicação desejada.

As alças de terminal são geralmente encontradas em três tipos, para serem usadas em condições e locais diferentes. Essas alças são do tipo bandeirola, reta e em ângulo reto. Os terminais são estampados com os fios por meio de alicates de estampagem manual ou máquinas de estampagem.

A explanação seguinte descreve os métodos recomendados para acabamentos de fios de cobre ou alumínio, utilizando terminais sem solda. Ela ainda descreve o método de emenda dos fios de cobre usando emendas sem solda.

### Terminais de Fio de Cobre

Os fios de cobre possuem um acabamento com terminais de cobre reto pré-isolados sem solda. O isolamento é parte do terminal e se estende ao longo do seu cilindro, de modo que revestirá uma parte do isolamento do fio, tornando desnecessário o uso de uma luva isolante (figura 4-106).



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-106 Terminal pré-isolado.

Além disso, os terminais pré-isolados possuem uma garra (uma luva de reforço metálico) embaixo do isolamento, para reforço de aperto extra sobre o isolamento do fio.

Os terminais pré-isolados adaptam-se a mais de uma bitola de fio, o isolamento geralmente possui um código colorido cuja finalidade é identificar as bitolas dos fios, cujos acabamentos podem ser executados com cada terminal.

## Ferramentas de Estampagem

Existem ferramentas portáteis, manuais e elétricas, bem como máquinas elétricas de bancada, para estampagem dos terminais. Essas ferramentas prendem o cilindro do terminal ao condutor e, simultaneamente, prendem a garra isolante ao isolante do fio.

Todas as ferramentas de estampagem manual possuem uma catraca auto-frenante, que evita a abertura da ferramenta até que a estampagem esteja pronta. Algumas ferramentas de estampagem manual são equipadas com um jogo de diversas estampas para adaptar os tamanhos diferentes de terminais.

Outras são usadas com um tamanho único de terminal.

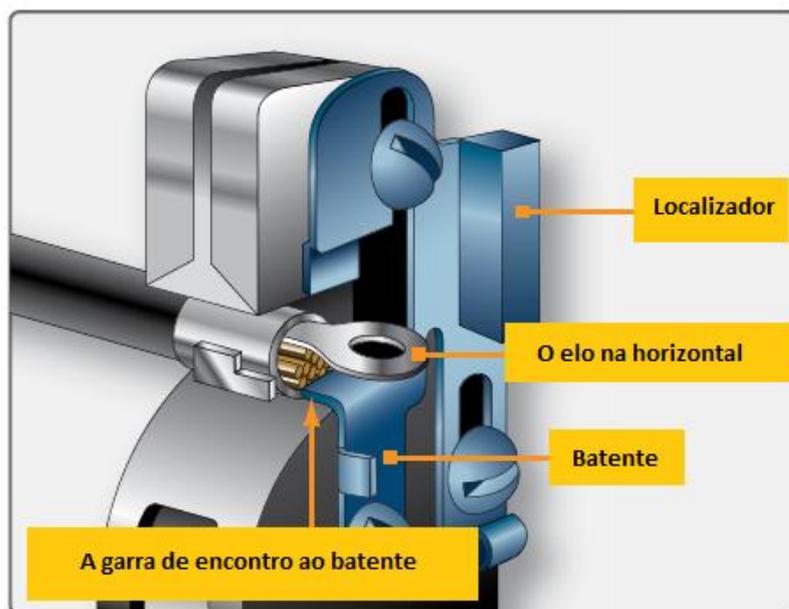
Todos os tipos de ferramentas de estampagem manual são verificados pelos calibradores para ajuste adequado nas mandíbulas de aperto.

A figura 4-107 mostra um terminal introduzido numa ferramenta manual.

Os itens abaixo descrevem como proceder durante a estampagem:

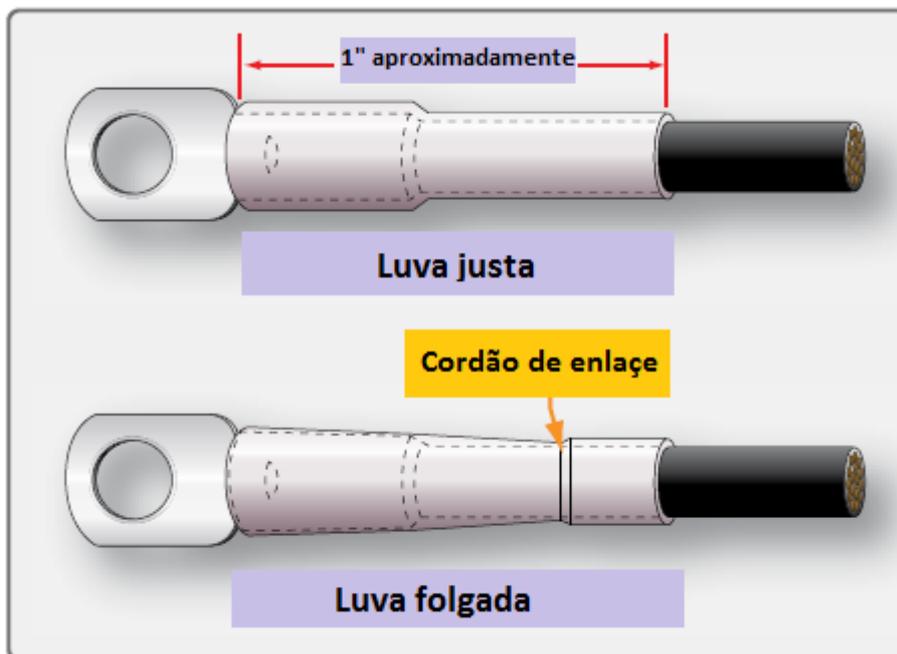
- 1) Desencapar o fio na extensão adequada;
- 2) Enfiar o terminal, começando pela alça, nas mandíbulas de aperto da ferramenta, até que a alça do terminal encoste no batente da ferramenta;
- 3) Instalar o fio desencapado no cilindro do terminal até que o isolamento do fio encoste na extremidade do cilindro;
- 4) Apertar os punhos da ferramenta até que a catraca seja liberada;
- 5) Retirar o conjunto completo, e examiná-lo quanto à estampagem adequada.

Alguns tipos de terminais não isolados anteriormente são isolados após a instalação num fio, por meio de tubos flexíveis transparentes denominados luvas.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-107 Inserindo o terminal na ferramenta manual.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-108 Luva isolante.

A luva proporciona proteção elétrica e mecânica à conexão.

Quando o tamanho da luva usada for o ideal para que ela se ajuste firmemente sobre o cilindro do terminal, a luva não precisa de aperto, caso contrário, ela deve ser laçada com um cordão, como ilustrado na figura 4-108.

### Terminais de Alumínio

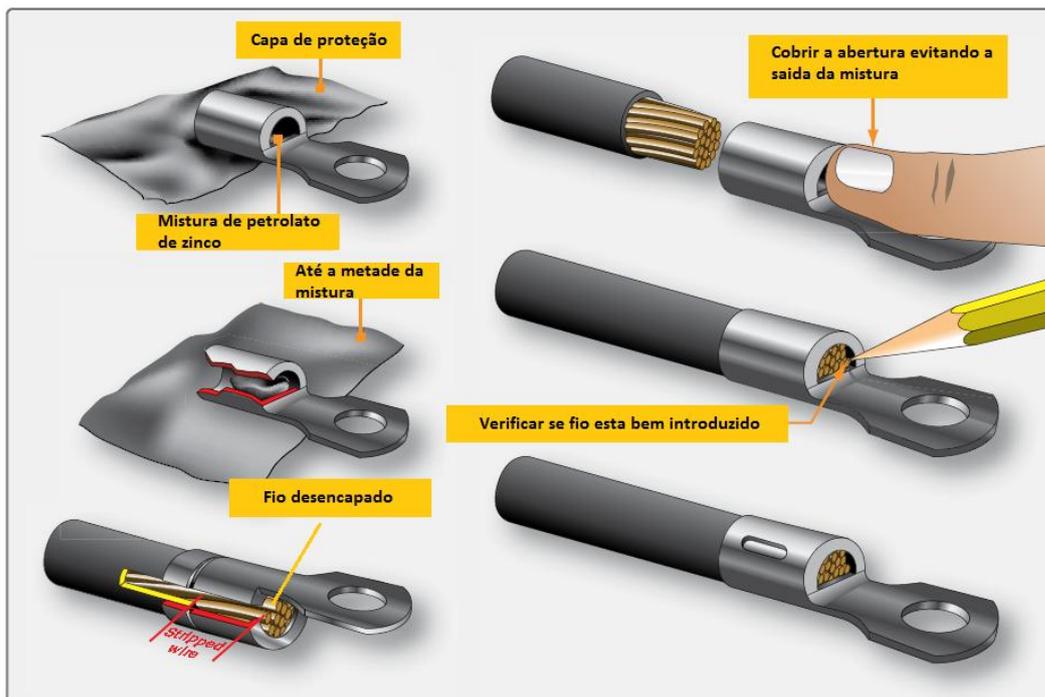
O uso do fio de alumínio nos sistemas de aeronaves está aumentando devido à vantagem de seu peso sobre o do cobre.

Entretanto, a dobradura frequente do alumínio provoca fadiga do metal tornando-o quebradiço. Isso resulta em falha ou rompimento das pernas dos fios mais rápido do que num caso semelhante com fio de cobre.

O alumínio também forma uma película de óxido altamente resistente assim que exposto ao ar. Para compensar estas desvantagens, é importante que sejam usados os mais confiáveis procedimentos de instalação.

Somente as alças de terminal de alumínio são usadas para acabamento dos fios. Elas são geralmente encontradas em 3 (três) tipos: (1) Retos; (2) Ângulo Reto; e (3) Bandeira. Todos os terminais de alumínio possuem um furo de inspeção (figura 4-108), onde se verifica a profundidade da inserção do fio. O cilindro do terminal de alumínio contém um composto de pó de petrolato de zinco.

Esse composto retira a camada muito fina do óxido de alumínio através do processo de abrasão, durante a operação de estampagem.



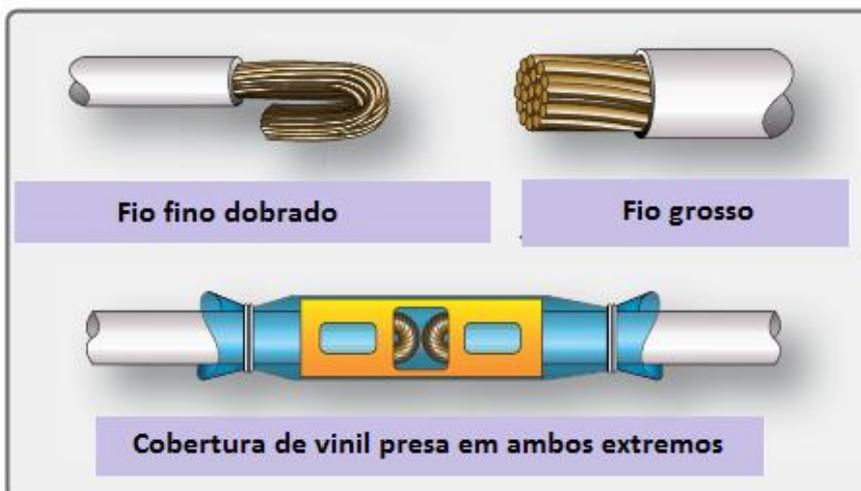
Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-109 Introdução de fio de alumínio em terminal de alumínio.

O composto também diminuirá, mais tarde, a oxidação pela eliminação da umidade do ar. O composto é retido na parte interna do cilindro do terminal por um plástico ou um selante de alumínio na sua extremidade.

### Emenda de Fios de Cobre Usando Emendas Pré-isoladas

As emendas de cobre permanente pré-isoladas unem fios pequenos de bitola 22 até 10. Cada tamanho de emenda pode ser usado para mais de uma bitola de fio. As emendas são isoladas com plástico branco, elas também são usadas para reduzir as bitolas dos fios (figura 4-110).



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-110 Redução da bitola do fio com uma emenda permanente.

As ferramentas de estampagem são usadas para realizar esse tipo de emenda. Os procedimentos de estampagem são semelhantes aos usados para os terminais, excetuando-se que o aperto deve ser feito duas vezes, uma para cada extremidade da emenda.

#### 4.4 EMENDAS DE EMERGÊNCIA

Os fios quebrados podem ser consertados através de emendas de estampagem, usando um terminal do qual a alça foi cortada, ou soldando as pernas quebradas, e aplicando o composto condutor antioxidante.

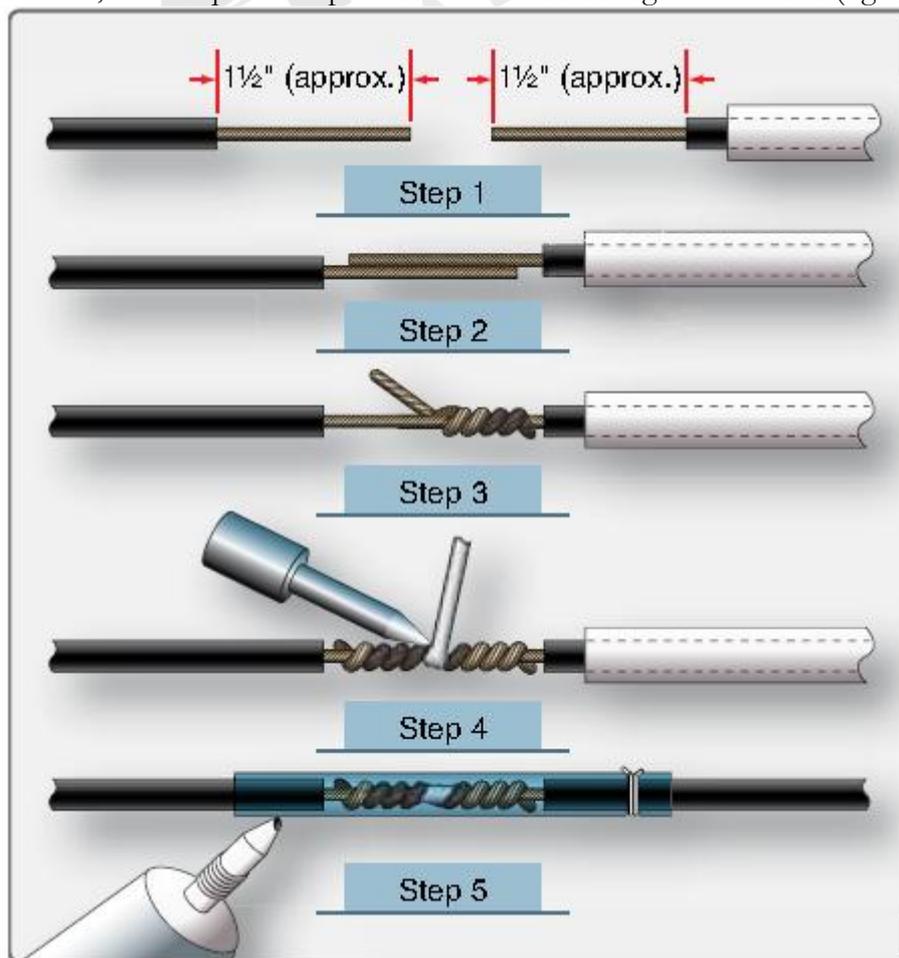
Esses consertos são aplicáveis ao fio de cobre. Já o fio de alumínio danificado não deve ser emendado temporariamente.

As emendas são usadas somente em caso de emergência temporária, e devem ser substituídas, logo que seja possível, fazer consertos permanentes.

Visto que alguns fabricantes proíbem a emenda, as instruções fornecidas por eles devem ser consultadas permanentemente.

#### Emenda com Solda e Composto Condutor/Antioxidante

Quando não houver disponibilidade de nenhuma emenda permanente ou nenhum terminal, um fio quebrado pode ser emendado da seguinte maneira (figura 4-111):



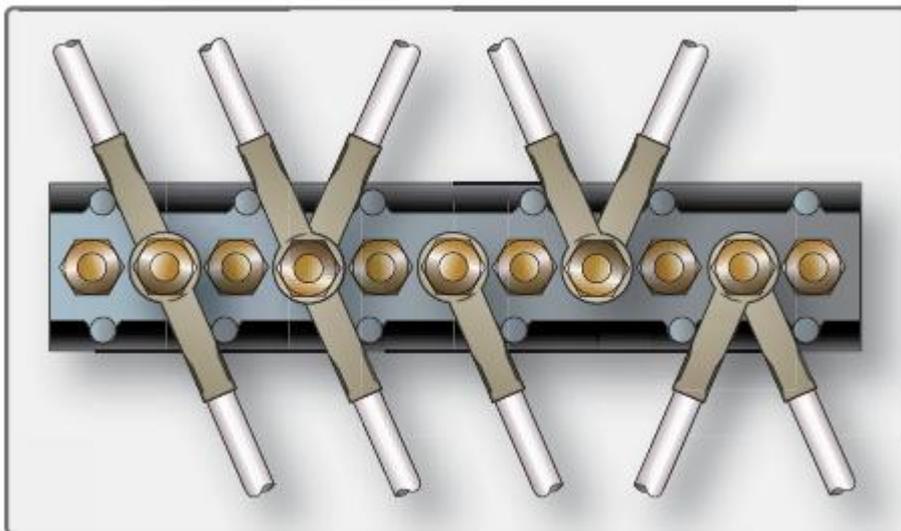
Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-111 Soldando um fio quebrado.

- 1) Instalar um pedaço de luva plástica com 3 polegadas de comprimento e de diâmetro apropriado para adaptar-se frouxamente sobre o isolamento, num dos lados do fio quebrado;
- 2) Desencapar aproximadamente 1 ½ polegada de cada extremidade do fio quebrado;
- 3) Colocar as extremidades desencapadas lado a lado, e enrolar um fio ao redor do outro com aproximadamente quatro voltas;
- 4) Enrolar a extremidade livre do segundo fio ao redor do primeiro com aproximadamente 4 voltas. As voltas de fio são soldadas juntas, usando uma solda de 60/40 estanho chumbo com núcleo de resina;
- 5) Quando a solda estiver fria, puxar a luva sobre os fios soldados e amarrá-la numa das extremidades. Se o composto condutor antioxidante estiver disponível, encher a luva com esse material, e amarrar firmemente a outra extremidade.
- 6) Permitir que o composto permaneça sem ser tocado durante 4 horas. A cura completa e as características elétricas são atingidas em 24 horas.

#### 4.5 CONEXÃO DE TERMINAIS A BLOCOS TERMINAIS

Os terminais devem ser instalados sobre os blocos terminais, de modo que eles sejam presos contra o movimento no sentido de afrouxamento (figura 4-112).



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-112 Conexão de terminais a bloco de terminais.

Os blocos terminais são geralmente equipados com estojos retidos por uma arruela lisa, uma arruela-freno e uma porca. Ao conectar os terminais, a prática recomendada é colocar a alça dos terminais de cobre diretamente sobre a porca, seguida por uma arruela lisa e uma porca autofrenante, ou uma arruela lisa, arruela-freno de aço e uma porca comum.

Os terminais de alumínio devem ser instalados sobre arruelas lisas com banho de latão, seguida por outra arruela igual, uma arruela freno de aço e uma porca comum ou autofrenante.

A arruela lisa deve possuir um diâmetro igual à largura da alça do terminal de alumínio. As instruções fornecidas pelo fabricante concernentes às dimensões dessas arruelas devem ser consultadas.

Não se instala nenhuma arruela entre os dois terminais de alumínio, ou entre dois terminais de cobre.

Além disso, não se instala uma arruela freno junto a um terminal de alumínio.

Para unir um terminal de cobre a um terminal de alumínio, coloca-se uma arruela lisa com banho de latão sobre a porca que mantém o estojo no lugar, e depois o terminal de alumínio, seguido por uma arruela lisa com banho de latão, um terminal de cobre, uma arruela lisa, uma arruela-freno de aço e uma porca comum ou autofrenante.

Como regra geral, usa-se uma chave dinamométrica para apertar as porcas, a fim de assegurar pressão de contato suficiente.

As instruções do fabricante fornecem torques de instalação para todos os tipos de terminais.

#### **4.6 LIGAÇÃO À MASSA**

Ligação à massa é a ligação elétrica de um objeto condutor com a estrutura primária completando o caminho de retorno da corrente. As estruturas primárias são a fuselagem e as asas do avião, comumente denominadas como massa ou terra. A ligação à massa é encontrada nos sistemas elétricos do avião, para:

- 1) Proteger o avião e o pessoal contra descarga de raio;
- 2) Proporcionar caminhos de retorno da corrente;
- 3) Evitar o desenvolvimento de potenciais de radiofrequência;
- 4) Proteger o pessoal contra choques;
- 5) Proporcionar estabilidade de transmissão e recepção do rádio;
- 6) Evitar a acumulação de carga estática.

#### **Procedimentos Gerais para Ligação à Massa**

Os procedimentos gerais e as precauções seguintes são recomendados quando forem feitas ligações à massa:

- 1) Ligar as partes à massa através da estrutura primária do avião, e onde for mais adequado;
- 2) Fazer as conexões de massa de modo que nenhuma parte da estrutura do avião seja enfraquecida;
- 3) Ligar as partes à massa individualmente, se possível;
- 4) Instalar as ligações à massa sobre superfícies lisas e limpas;
- 5) Instalar as ligações à massa, de modo que a vibração, expansão ou contração, ou o movimento relativo em operação normal não quebre ou afrouxe a conexão;
- 6) Instalar as conexões à massa em áreas protegidas sempre que for possível.

As ligações à massa devem ser mantidas tão próximas quanto possível. Ela não deve interferir na operação dos elementos móveis do avião tais como superfícies de controle.

O movimento normal destes elementos não deve resultar em avaria na ligação à massa.

A ação eletrolítica pode corroer rapidamente uma ligação à estrutura se não forem observadas as precauções adequadas.

As ligações de liga de alumínio são recomendadas para a maioria dos casos, entretanto, as de cobre podem ser usadas para unir as partes feitas de aço inoxidável, aço com banho de cádmio, cobre latão ou bronze.

Onde o contato entre metais diferentes não possa ser evitado, a escolha da ligação e das ferragens deve ser tal que a corrosão seja reduzida, e a parte que mais provavelmente

sofrerá corrosão seja a ligação ou a ferragem associada. As partes A e B da figura 4-113 mostram algumas combinações para fazer as conexões de ligação à estrutura.

Em locais onde o acabamento é removido, uma camada protetora deve ser aplicada à conexão completa, para evitar corrosão.

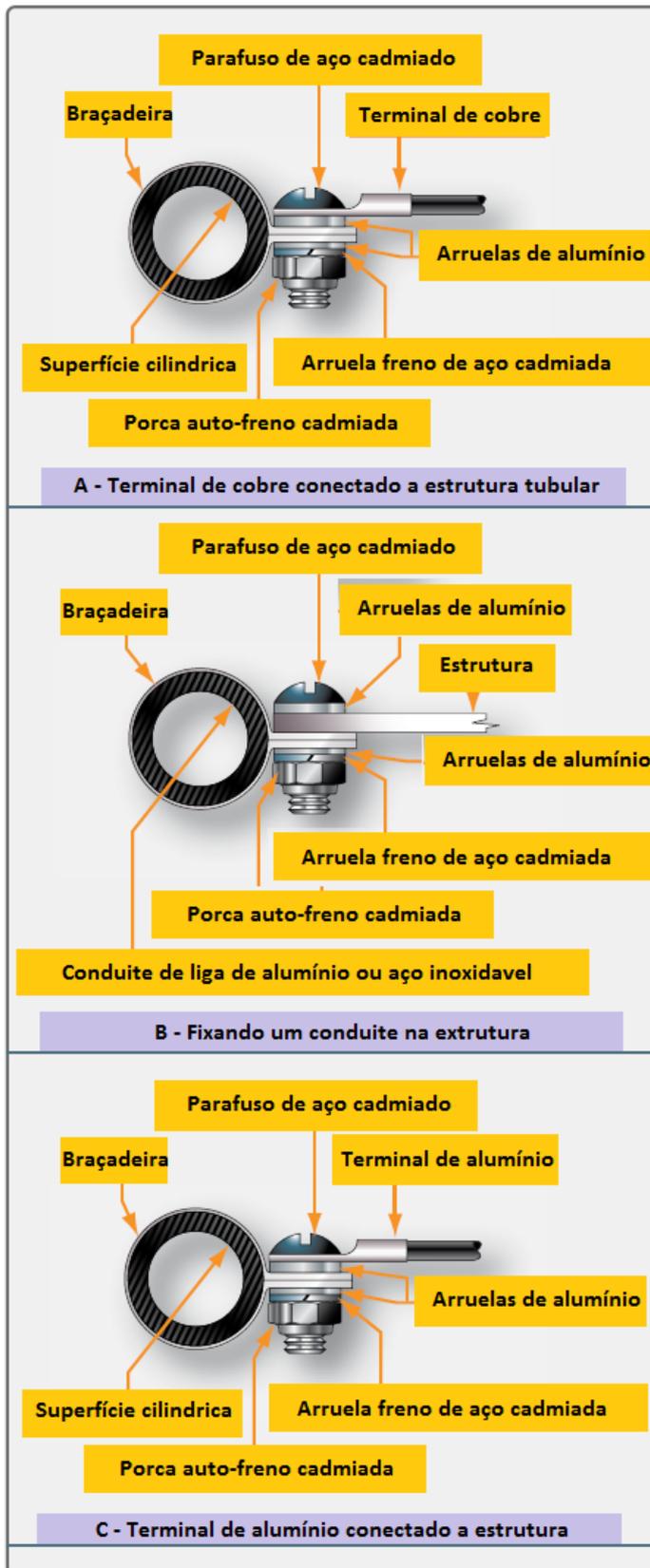
O uso de solda para fixar as conexões deve ser evitado.

Os membros tubulares devem ser ligados por meio de braçadeiras às quais a conexão está fixada.

A escolha correta do material de braçadeira diminui a probabilidade de corrosão. Quando as ligações à estrutura conduzirem uma corrente de retorno de intensidade substancial, a capacidade de corrente da conexão deve ser adequada, e deverá ser determinado que seja produzida uma queda de voltagem insignificante.

As ligações à massa são geralmente feitas em superfícies planas, furadas por meio de parafusos onde existe fácil acesso para instalação. Outros tipos gerais de conexões aparafusadas são as seguintes:

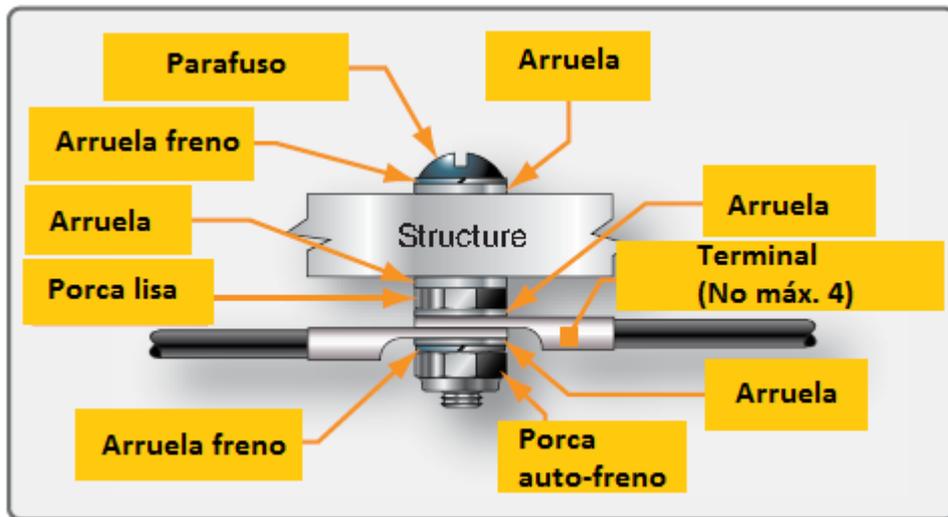
- A. Conexão de junção de cobre à estrutura tubular;
- B. Fixação do conduíte à estrutura;
- C. Conexão de junção de alumínio à estrutura tubular.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-113 Combinações de ferragens para fazer conexões à estrutura.

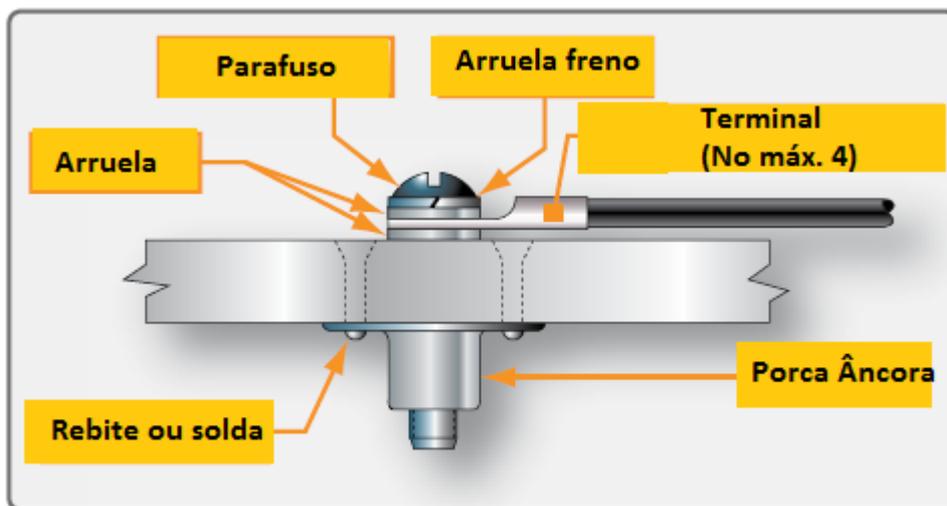
- 1) Na confecção de uma conexão estojo (figura 4-114), um parafuso é preso firmemente à estrutura, tornando-se assim um estojo. As ligações à massa podem ser retiradas ou acrescentadas à espiga, sem retirar o estojo da estrutura;



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-114 Ligação à massa com estojo numa superfície plana

- 2) As porcas de âncora são usadas onde o acesso às porcas para conserto é difícil. Elas são rebitadas ou soldadas numa área limpa da estrutura (figura 4-115).

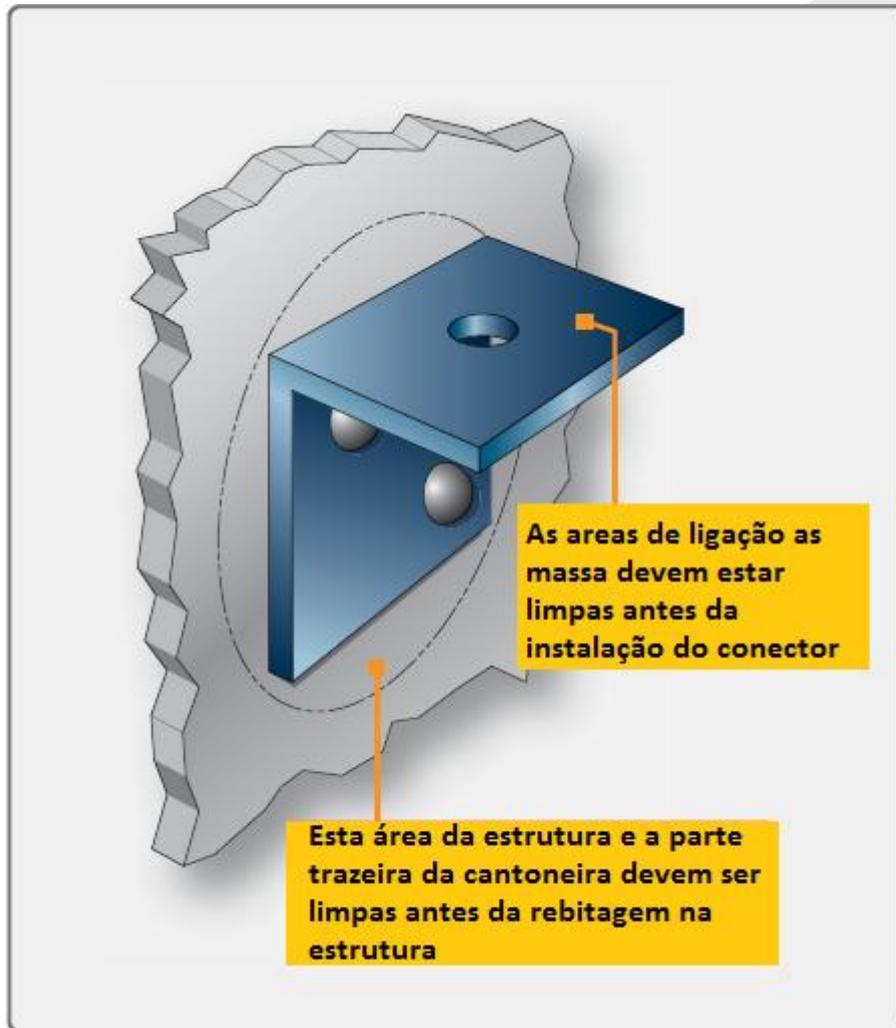


Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-115 Ligação à massa com porca de âncora numa superfície plana.

As ligações à massa são feitas também numa chapa rebitada na estrutura. Em tais casos, é importante limpar a superfície da ligação à massa, e fazer a ligação como se a conexão estivesse sendo feita na estrutura. Se for necessário remover a chapa por qualquer motivo, os rebites devem ser substituídos por outros de um número imediatamente superior, e as superfícies conjugadas da estrutura e da chapa devem estar limpas e livres de película anódica.

As ligações à massa podem ser feitas com as ligas de alumínio, magnésio ou de estrutura tubular de aço resistente à corrosão, conforme apresentado na figura 4-116, que mostra o arranjo das ferragens para conexão com terminal de alumínio.



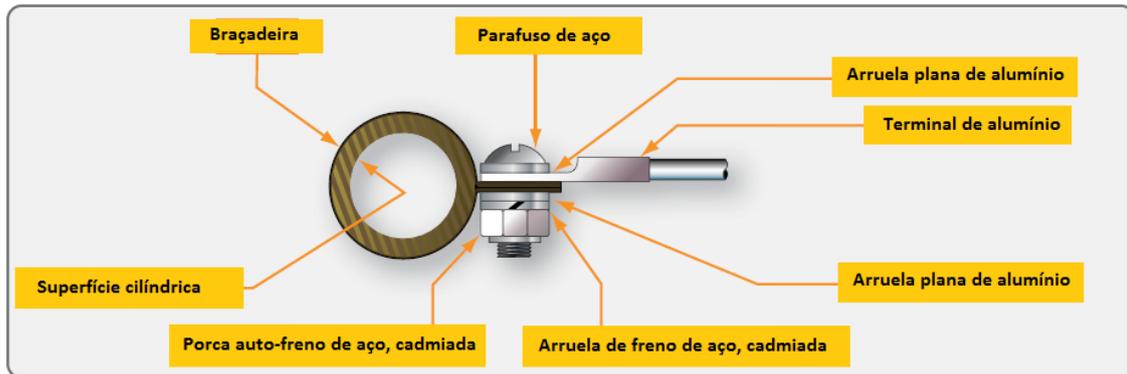
Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-116 Ligação à massa numa superfície cilíndrica.

Devido à facilidade com que o alumínio é deformado, é necessário distribuir a pressão do parafuso e da porca por meio de arruelas lisas.

As ferragens usadas para fazer as ligações à massa devem ser selecionadas com base na resistência mecânica, na corrente a ser conduzida e na facilidade de instalação.

Se a conexão for feita por terminal de alumínio ou de cobre, uma arruela de material adequado deverá ser instalada entre os metais diferentes, de modo que qualquer corrosão que ocorre na arruela poderá ser descartada.



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-117 Ligação à massa numa superfície cilíndrica.

O material e o acabamento da ferragem devem ser selecionados a partir do material da estrutura, onde a fixação é feita, e no material da ligação e do terminal especificado para ligação à massa.

Pode ser usado qualquer tipo de parafuso do tamanho adequado para o terminal da conexão especificada. Quando se consertar, ou substituir as ligações de massa existentes, deverá ser mantido o mesmo tipo de ferragem usado na conexão original.

#### 4.7 CONECTORES

Os conectores (plugues e receptáculos) facilitam a manutenção quando for necessária uma desconexão frequente. Visto que o cabo está soldado aos pinos inseridos no conector, as ligações devem ser instaladas individualmente, e o chicote firmemente suportado para evitar danos devido à vibração.

No passado, os conectores foram particularmente vulneráveis à corrosão devido à condensação dentro do invólucro. Conectores especiais, com características à prova d'água, têm sido desenvolvidos para que possam substituir plugues que não são à prova d'água nas áreas onde a umidade constitui um problema.

Um conector do mesmo tipo e modelo deve ser usado quando substituir outro.

Os conectores suscetíveis à corrosão podem ser tratados com uma gelatina à prova d'água quimicamente inerte.

Quando se substitui os conjuntos de conectores, o tampão do tipo soquete deve ser usado na metade que está "viva" ou "quente" depois da desconexão do conector, para evitar uma ligação à massa.

##### Tipos de Conectores

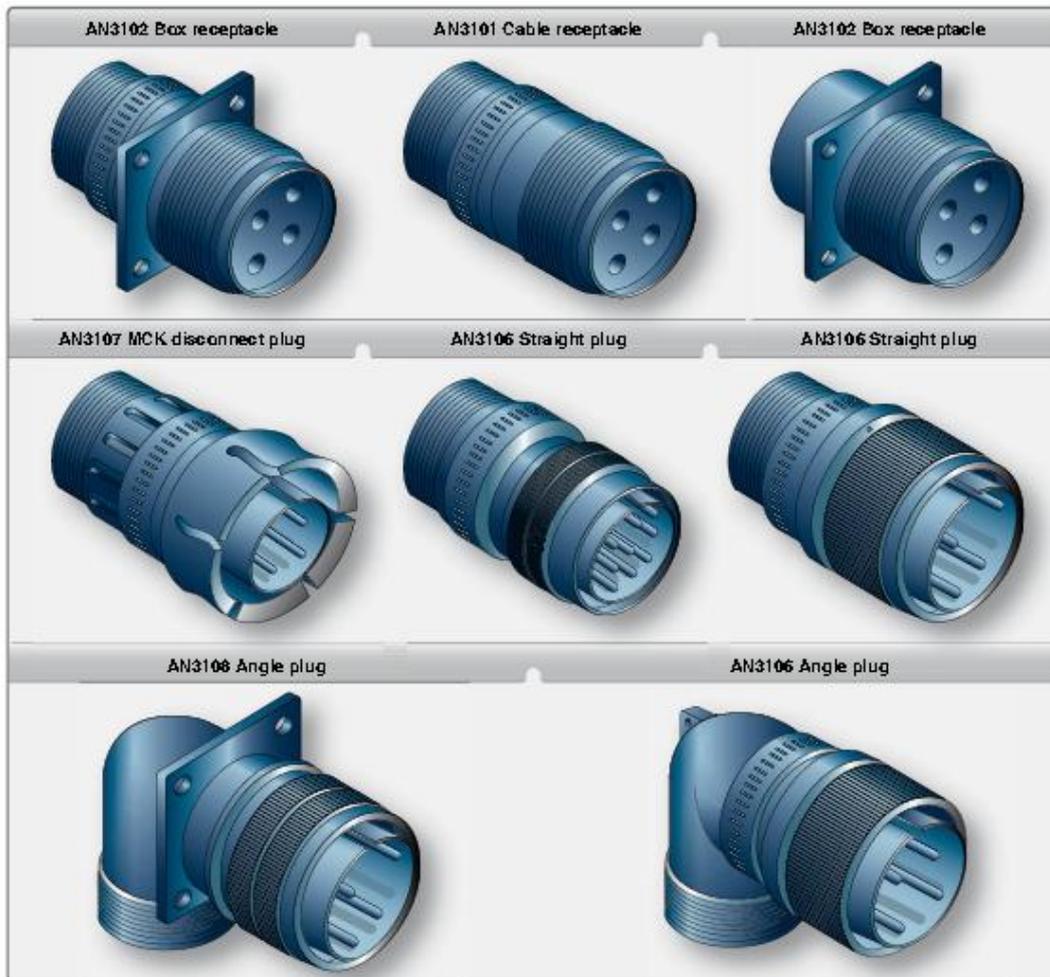
Os conectores são identificados pelos números da classe AN, e são divididos em classes com variações do fabricante para cada classe. As variações do fabricante são diferentes em aparência e em método para seguir uma especificação.

Alguns conectores mais comumente usados são mostrados na figura 4-118. Existem cinco classes básicas de conectores AN usados na maioria das aeronaves. Cada classe de conector diferencia-se ligeiramente da outra em sua característica de construção.

As classes A, B, C e D são feitas de alumínio e a classe K é feita de aço.

1 - Classe A - Conector sólido, de invólucro traseiro inteiriço com finalidade geral;

- 2 - Classe B - O invólucro traseiro do conector separa-se em duas partes longitudinalmente. Usado principalmente onde for importante o pronto acesso aos conectores soldados. O revestimento traseiro é mantido junto por um anel roscado ou por parafusos;
- 3 - Classe C - Um conector pressurizado com pinos inseridos não removíveis. Semelhante ao conector classe "A" na aparência, mas a disposição do selante interno é, às vezes, diferente. Ele é usado nos anteparos do equipamento pressurizado;
- 4 - Classe D - Conector resistente à vibração e a umidade, que possui um ilhós selante de borracha no invólucro traseiro. Os fios são passados através dos orifícios apertados de borracha selante no ilhós e, dessa forma, selados contra a umidade;



Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-118 Conectores AN.

- 5 - Classe K - Um conector à prova de fogo, usado em áreas onde é vital que a corrente elétrica não seja interrompida, mesmo quando o conector estiver exposto a uma chama aberta contínua. Os fios são estampados aos pinos ou contatos do soquete, e os invólucros são feitos de aço. Essa classe de conector é geralmente maior do que as outras.

## Identificação de Conectores

As letras e os números do código são marcados no anel de acoplamento ou no invólucro, para identificar o conector.

O código (figura 4-119) proporciona toda informação necessária para se obter uma substituição correta da peça defeituosa ou avariada.



Fonte: *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA

Figura 4-119 Codificação do conector AN.

Muitos conectores com finalidades especiais têm sido construídos para o uso em aeronaves. Esses incluem conectores de invólucro subminiatura e retangulares, e conectores com invólucro de corpo pequeno ou de construção de invólucro bipartido.

## Instalação de Conectores

Os procedimentos seguintes descrevem um método recomendado de instalação dos conectores com os receptáculos.

- 1) Localizar a posição adequada do plugue em relação ao receptáculo, alinhando a chaveta de uma peça com a ranhura da outra peça;
- 2) Colocar o plugue no receptáculo com uma leve pressão para frente, e encaixar as roscas do anel de acoplamento e do receptáculo;
- 3) Alternadamente, empurrar o plugue para dentro, e apertar o anel de acoplamento até que o plugue esteja completamente assentado;
- 4) Se o espaço ao redor do conector for muito pequeno para segurá-lo firmemente, usar alicates de conectores para apertar os anéis de acoplamento 1/16 até 1/8 de uma volta além do aperto manual;
- 5) Nunca usar força para unir os conectores aos receptáculos. Não usar martelo para introduzir um plugue em seu receptáculo, e nunca usar uma chave de torque ou alicate para frenar os anéis de acoplamento.

Um plugue é geralmente desmontado de um receptáculo da seguinte maneira:

- 1) Usar alicates de conectores para afrouxar os anéis de acoplamento, que estejam apertados demais para serem afrouxados manualmente;
- 2) Alternadamente, puxar o plugue, e desapertar o anel de acoplamento, até que o plugue esteja solto;
- 3) Proteger os plugues e os receptáculos desconectados com tampões ou sacos plásticos, para evitar a entrada de materiais estranhos que possam acarretar falhas;
- 4) Não usar força excessiva, e não puxar os fios instalados.

#### **4.8 CONDUÍTE**

O conduíte é usado nas instalações da aeronave para a proteção mecânica dos fios e dos chicotes. Ele é encontrado em materiais metálicos e não metálicos, nas formas rígida e flexível.

Quando é selecionado o diâmetro do conduíte para a aplicação em um chicote, para facilitar a manutenção, no caso de uma possível expansão futura, é comum especificar o diâmetro interno do conduíte em torno de 25% maior do que o diâmetro máximo do chicote. O diâmetro nominal de um conduíte metálico rígido é o diâmetro externo.

Portanto, para se obter o diâmetro interno, basta subtrair duas vezes a espessura da parede do tubo.

Do ponto de vista da abrasão, o condutor é vulnerável nas extremidades do conduíte. Adaptações apropriadas são afixadas às extremidades do conduíte, de maneira que uma superfície lisa entre em contato com o condutor. Quando as conexões não forem usadas, a extremidade do conduíte deve ser flangeada para evitar estragos no isolamento do fio. O conduíte é sustentado por braçadeiras ao longo de seu percurso.

Muitos dos problemas comuns de instalação de conduíte podem ser evitados, prestando-se atenção aos seguintes detalhes:

- 1) Não instalar o conduíte onde ele possa ser usado como apoio das mãos ou dos pés;
- 2) Instalar orifícios dreno nos pontos mais baixos ao longo do conduíte. As rebarbas devem ser cuidadosamente retiradas desse orifício;
- 3) Apoiar o conduíte para evitar atrito na estrutura, e ainda evitar esforço nas adaptações em suas extremidades.

As partes danificadas do conduíte devem ser consertadas para evitar danos aos fios ou aos chicotes. O raio de curvatura mínimo permitido para um conduíte rígido deve ser o descrito nas instruções do fabricante. As curvaturas torcidas ou enrugadas num conduíte rígido não são aceitáveis.

O conduíte de alumínio flexível é encontrado comumente em dois tipos: conduíte flexível desencapado, e revestido com borracha. O conduíte de latão flexível é normalmente usado no lugar do conduíte de alumínio flexível, onde for necessário minimizar a interferência no rádio.

O conduíte flexível pode ser usado onde for impossível usar o conduíte rígido, como em áreas que possuam movimento entre as extremidades do conduíte, ou onde forem necessárias curvaturas complexas. A fita adesiva transparente é recomendada quando se corta a tubulação flexível com uma serra para minimizar a desfiadura da trança.

## 4.9 INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTO ELÉTRICO

Esta parte fornece os procedimentos gerais e medidas de segurança para instalação de componentes e equipamentos elétricos comumente usados.

Os limites de carga elétrica, meios aceitáveis de controle das cargas elétricas e dispositivos de proteção do circuito, são assuntos com os quais os mecânicos devem se familiarizar para instalar e manter adequadamente os sistemas elétricos do avião.

### Limites de Carga Elétrica

Ao se instalar equipamento elétrico adicional que consuma energia elétrica numa aeronave, a carga elétrica total deverá ser controlada, ou remanejada, dentro dos limites dos componentes afetados no sistema de alimentação da aeronave.

Antes que qualquer carga elétrica de aeronave seja aumentada, os fios, cabos e dispositivos de proteção de circuito (fusíveis ou disjuntores) associados deverão ser verificados para determinar se a nova carga elétrica (carga elétrica anterior mais a carga acrescentada) não excede os limites estabelecidos dos fios existentes, cabos ou dispositivos de proteção.

Os valores de saída do gerador ou do alternador, determinados pelo fabricante, devem ser comparados às cargas elétricas que podem ser impostas ao gerador ou alternador afetado pelo equipamento instalado.

Quando a comparação mostra que a carga elétrica total provável conectada pode exceder os limites de carga de saída dos geradores ou dos alternadores, deverá haver uma redução para que não ocorra sobrecarga.

Quando uma bateria fizer parte do sistema de força elétrica, essa deve ser continuamente carregada em voo, exceto quando pequenas cargas intermitentes estiverem ligadas, tais como um transmissor de rádio, um motor de trem de pouso ou outros aparelhos semelhantes, que possam solicitar cargas da bateria em curtos intervalos de tempo.

### Controle ou Monitoramento da Carga Elétrica

É recomendável a instalação de placares para informar a tripulação quanto às combinações de cargas elétricas que podem ser conectadas com segurança ao sistema de geração da aeronave. Nas instalações onde o amperímetro se encontra no cabo da bateria, e o sistema regulador limita a corrente máxima que o gerador ou o alternador pode distribuir, um voltímetro pode ser instalado na barra do sistema. Enquanto o amperímetro não indicar "descarga" (exceto para pequenas cargas intermitentes, tais como as que operam trens de pouso e flapes), e o voltímetro permanecer indicando "voltagem do sistema", o gerador ou alternador não estarão sobrecarregados.

Nas instalações onde o amperímetro se encontra no cabo do gerador ou do alternador, e o regulador do sistema não limita a corrente máxima que o gerador ou o alternador pode fornecer, o amperímetro pode ser marcado em vermelho em 100% da capacidade do gerador ou do alternador.

Se nunca for permitido à leitura do amperímetro exceder a linha vermelha, exceto para pequenas cargas intermitentes, o gerador ou o alternador não serão sobrecarregados.

Quando dois ou mais geradores funcionam em paralelo, e a carga total do sistema pode exceder a capacidade de saída de um gerador, deverão ser providenciados meios para corrigir rapidamente as sobrecargas súbitas que possam ser causadas por falha do gerador ou do motor. Poderá ser empregado um sistema de redução rápida de carga, ou um

procedimento especificado onde a carga total possa ser reduzida a um valor que esteja dentro da capacidade do gerador em operação.

As cargas elétricas devem ser conectadas aos inversores, alternadores ou fontes de força elétricas semelhantes, de maneira que os limites de capacidade da fonte de força não sejam excedidos, a menos que algum tipo de monitoramento efetivo seja fornecido para manter a carga dentro de limites prescritos.

### Dispositivos de Proteção de Circuitos

Os condutores devem ser protegidos com disjuntores ou fusíveis localizados, tão próximos quanto possível, da barra da fonte de força elétrica. Geralmente, o fabricante do equipamento elétrico especifica o fusível ou disjuntor a ser usado ao instalar o equipamento.

O disjuntor ou fusível deve abrir o circuito antes do condutor emitir fumaça. Para obter isto, a característica corrente/tempo do dispositivo de proteção deve cair abaixo da do condutor associado. As características do protetor do circuito devem ser igualadas para obter a utilização máxima do equipamento conectado.

A figura 4-120 mostra um exemplo da tabela usada na seleção do disjuntor e do fusível de proteção para condutores de cobre. Essa tabela limitada é aplicável a um conjunto específico de temperaturas ambientes e bitolas dos fios dos chicotes, e é apresentada somente como um exemplo típico. É importante consultar tais tabelas antes de selecionar um condutor para uma finalidade específica. Por exemplo, um fio único ao ar livre pode ser protegido pelo disjuntor de valor imediatamente superior aquele mostrado na tabela.

Fio de cobre AN	Amperagem Do disjuntor	Amperagem Do fusível
22	5	5
20	7,5	5
18	10	10
16	15	10
14	20	15
12	30	20
10	40	30
8	50	50
6	80	70
4	100	70
2	125	100
1		150
0		150

Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-120 Tabela do fio e protetor do circuito.

Todos os disjuntores rearmáveis devem abrir o circuito no qual eles estão instalados, independentemente da posição do controle de operação quando ocorrer sobrecarga ou falha do circuito. Tais disjuntores são chamados de "desarme-livre".

Os disjuntores de "rearme automático" ligam-se automaticamente, como o próprio nome sugere. Eles não devem ser usados como dispositivos de proteção nos circuitos da aeronave.

## Interruptores

Um interruptor especificamente projetado deve ser usado em todos os circuitos onde um mau funcionamento de um interruptor seria perigoso.

Tais interruptores são de construção robusta, e possuem capacidade de contato suficiente para interromper, fechar e conduzir continuamente a carga da corrente conectada. O do tipo de ação de mola é geralmente preferido para se obter abertura e fechamento rápidos sem considerar a velocidade de operação da alavanca, o que, conseqüentemente, diminui o centelhamento dos contatos.

O valor da corrente nominal do interruptor convencional do avião está geralmente estampado no seu alojamento. Esse valor representa o valor da corrente de trabalho com os contatos fechados. Os interruptores devem ter reduzida a capacidade nominal de corrente para os seguintes tipos de circuitos:

- 1) Circuitos de Alta-Intensidade Inicial - Os circuitos que possuem lâmpadas incandescentes. Podem puxar uma corrente inicial que seja 15 vezes maior do que a corrente de trabalho. A queima ou fusão do contato pode ocorrer quando o interruptor for fechado;
- 2) Circuitos Indutivos - A energia magnética armazenada nas bobinas dos solenoides ou relés é liberada, e aparece sob forma de arco quando o interruptor de controle for aberto;
- 3) Motores - Os motores de corrente contínua puxarão diversas vezes sua corrente nominal de trabalho durante a partida, e a energia magnética, armazenada no seu rotor e nas bobinas de campo será liberada quando o interruptor de controle for aberto.

A tabela da figura 4-121 é similar às encontradas para seleção do valor nominal apropriado do interruptor, quando a corrente da carga de trabalho for conhecida.

Essa seleção é, essencialmente, uma redução da capacidade normal de carga para se obter uma razoável vida útil e eficiência do interruptor.

Os erros prejudiciais na operação do interruptor podem ser evitados por uma instalação consistente e lógica.

Os interruptores de duas posições, "liga desliga", devem ser instalados de modo que a posição "liga" seja alcançada movimentando-se a alavanca para cima ou para frente.

Quando o interruptor controlar partes móveis do avião, tais como trem de pouso ou flapes, a alavanca deve se mover no mesmo sentido que o desejado.

A operação acidental de um interruptor pode ser evitada instalando-se uma guarda adequada sobre o mesmo.

## Relés

Os relés são usados como interruptores, onde se possa obter redução de peso, ou simplificação dos controles elétricos.

Um relé é um interruptor operado eletricamente, e está, portanto, sujeito a falhas sob condições de baixa voltagem no sistema.

A apresentação anterior sobre os interruptores é geralmente aplicável para os valores de contato dos relés.

VOLTAGEM NOMINAL DO SISTEMA	TIPO DE CARGA	FATOR DE REDUÇÃO DA CAPACIDADE
24 V.C.C.	Lâmpada	8
24 V.C.C.	Indutiva ( Relé /Solenóide)	4
24 V.C.C.	Resistiva ( Aquecedor)	2
24 V.C.C.	Motor	3
12 V.C.C.	Lâmpada	5
12 V.C.C.	Indutiva ( Relé / Solenóide)	2
12 V.C.C.	Resistiva ( Aquecedor)	1
12 V.C.C.	Motor	2

Fonte: *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA*

Figura 4-121 Fatores de redução da carga dos interruptores.



## 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.



## Encerrando a Disciplina

Aqui encerramos nossos estudos sobre Sistemas de Ignição e Elétrico do Motor. Espero que você tenha aproveitado bem nossos encontros e absorvido os conhecimentos aqui disponibilizados.

Sucesso!

Prof. Evandro Carlos Correia