

O SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO E IGNIÇÃO DOS MOTORES DE CICLO

1996

Índice

1- Introdução	1
2- Considerações gerais sobre carburação	1
3- Descrição e funcionamento de um carburador elementar	1
4- Descrição e funcionamento de um carburador tipo	2
4.1- Sistemas automáticos de doseamento da mistura	3
4.1.1- Poço de compensação	3
4.1.2- Tubo de emulsão	3
4.2- Circuitos complementares dos carburadores	4
4.2.1- Circuito de arranque a frio	4
4.2.1.1- Starter	4
4.2.1.2- A borboleta de arranque a frio	5
4.2.2- Circuito do mínimo	5
4.2.3- Circuito de reprise	6
5- Os reguladores dos carburadores	7
6- Os carburadores dos motores pequenos	8
6.1- Os carburadores de êmbolo obstruidor e agulha cônica	8
6.2- Os carburadores multiposição	8
7- A carburação com gaz de petróleo liquefeito	9
8- A combustão da gasolina e o meio ambiente	10
9- Constituição e funcionamento do sistema de ignição	11
9.1- Sistema de ignição por bateria e bobina	11
9.1.1- Descrição do circuito primário	12
9.1.2- Descrição do circuito secundário	12
9.1.3- Transformação da corrente de baixa em alta tensão	12
9.2- .Apresentação caracterização dos principais elementos do sistema de ignição por bateria e bobina	14
9.2.1- O distribuidor	14
9.2.1.1- Interrupção da corrente do circuito primário	14
9.2.1.2- Correção do avanço à ignição	15
9.2.1.2.1- Correção do avanço por comando centrífugo	16
9.2.1.2.2- Correção do avanço por comando pneumático	17
9.2.1.3- Distribuição da corrente	18
9.2.2- A bobina	19
9.2.3- Os inflamadores	19
9.3- O sistema de ignição por volante magnético	20
10- Principais regulações do sistema de ignição	21
10.1- Regulação da distância entre os contactos dos platinados	21
10.2- Regulação do ponto de ignição	22

10.3- Regulação da distância entre os eléctrodos das velas	23
11- Manutenção do sistema de ignição	23
Bibliografia	25

1- Introdução

A utilização dos motores de ciclo Otto nos equipamentos agrícolas, que data do fim do século passado (1890), embora os ensaios comparativos com os motores a vapor só se tenham efectuado no início deste século (1908), representou um avanço muito importante para os equipamentos de tracção.

Mais tarde, com o aparecimento dos motores de ciclo Diesel, os motores a gasolina, devido ao maior custo deste combustível, deixaram de ser aplicados nos tractores, restringindo-se actualmente a sua utilização aos motores dos equipamentos de menor dimensão.

2- Considerações gerais sobre a carburação

Os motores de ciclo Otto são motores térmicos, de combustão interna, em que a energia mecânica resulta da combustão de um carburante no interior dos cilindros.

Nestes motores, para que a combustão, geralmente de gasolina ou gás de petróleo liquefeito (GPL), seja o mais completa possível é necessário que se forme uma mistura com o ar (carburação), que tenha as seguintes características:

- encontrar-se bem vaporizada para que a combustão seja completa, pelo que a pulverização do combustível deve resultar do choque com uma corrente de ar com grande velocidade;
- ser homogénea, quer ao nível de um cilindro quer entre eles, para que a combustão seja rápida;
- apresentar uma relação ideal, para que a mistura não seja nem pobre nem rica.

Nos motores de ciclo Otto, as características da mistura mencionadas são obtidas num carburador, cuja função é, assim, permitir uma dosagem apropriada da mistura ar (comburente) - combustível (carburante) e fazer com que esta esteja bem homogeneizada e sob a forma de vapor. Relativamente à distribuição da mistura pelos vários cilindros é conseguida com um desenho apropriado das condutas de admissão, sendo a homogeneização no interior daqueles obtida pela turbulência da mistura.

A carburação pode igualmente ser obtida pela injeção da gasolina, sob pressão, antes das válvulas de admissão, ou, no caso dos GPL, pela mistura do gás de petróleo no ar aspirado pelo motor; em qualquer dos casos para se obter uma boa combustão da mistura é necessário que esta esteja comprimida com uma pressão de 12 - 13 bar.

3- Descrição e funcionamento de um carburador elementar

Os carburadores são constituídos basicamente por um circuito de ar e um de combustível, sendo o primeiro formado por um corpo, que se prolonga pelas condutas de admissão, que tem um estrangulamento a que se chama bico, onde se origina, devido à passagem do ar, uma zona de depressão; o débito do ar que passa pelo bico do carburador é função da abertura da borboleta do acelerador.

O circuito da gasolina apresenta um doseador ou pulverizador (gicleur), situado ao nível do bico, que se encontra ligado a uma cuba de nível constante, alimentada de gasolina pelo reservatório, e por um tubo de descarga; a entrada de combustível na cuba, por gravidade ou pressionado por uma bomba, é regulada por uma válvula accionada por uma bóia.

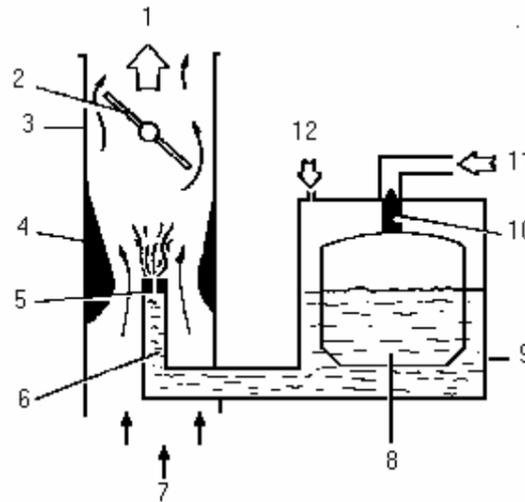


Figura 1- Representação esquemática de um carburador elementar.
 1- Saída para os cilindros 2- Borboleta do acelerador 3- Corpo do carburador 4- Bico 5- Doseador 6- Tubo de descarga 7- Entrada de ar 8- Bóia 9- Cuba de nível constante 10- Agulha da bóia 11- Entrada da gasolina 12- Pressão atmosférica.
 Fonte: CEMAGREF (1978)

Relativamente ao funcionamento, a depressão criada pela aspiração do movimento dos êmbolos, no colector de admissão e corpo do carburador faz com que a gasolina do tubo de descarga seja pulverizada, misturando-se com o ar e transportada para os cilindros; a borboleta do acelerador (2) faz variar a depressão no corpo do carburador, pois quando aquela está fechada a depressão é mínima, sendo máxima quando está completamente aberta.

Como se pode constatar o carburador descrito apenas funciona bem quando o débito de ar é constante e o doseador é escolhido em função deste débito; quando o regime varia a depressão no corpo do carburador altera-se fazendo variar quer o débito de ar quer o de gasolina e portanto a proporção da mistura. Estas alterações não são proporcionais nos dois circuitos pelo que a relação da mistura se afasta do valor ideal, ou seja, 1 g de gasolina para 15.3 g de ar, obtendo-se uma mistura pobre nos baixos regimes e rica nos altos; para os GPL esta proporção é de 1 g de GPL para 16 g de ar.

Assim, para ultrapassar esta situação, os carburadores têm sistemas automáticos de doseamento e vários circuitos que permitem, em cada situação, obter a mistura mais conveniente.

4- Descrição e funcionamento de um carburador tipo

O carburador tipo para além dos elementos mencionados no carburador elementar, tem sistemas automáticos de regulação de débito e vários circuitos que permite obter, em todas as situações, uma relação da mistura ar - gasolina mais próxima da ideal.

4.1- Sistemas automáticos de doseamento da mistura

O doseamento automático da mistura é realizado por um dispositivo designado por poço de compensação ou por um tubo de emulsão.

4.1.1- Poço de compensação

Este sistema caracteriza-se pela presença no bico do carburador de dois tubos de descarga alimentados por dois doseadores calibrados, cujas dimensões estão relacionadas com as do bico.

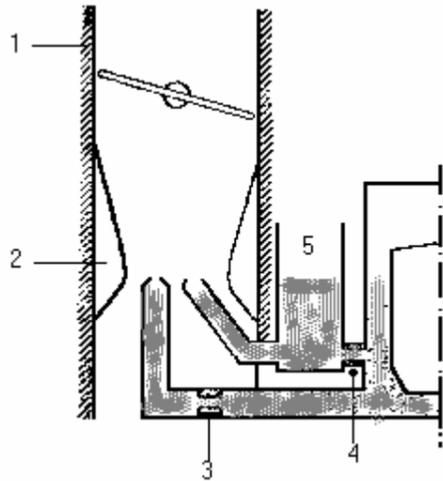


Figura 2- Representação esquemática do dispositivo automático de regulação da mistura ar-gasolina por poço de compensação.

1- Corpo do carburador 2- Bico 3- Doseador principal 4- Doseador de compensação 5- Poço de compensação.
Fonte: CEMAGREF (1978)

Relativamente ao funcionamento deste sistema o pulverizador principal permite um doseamento adequado para um regime motor relativamente baixo sendo o restante débito assegurado pelo pulverizador complementar. Este está ligado a um poço de compensação, que se encontra à pressão atmosférica e cujo nível vai baixando à medida que aumenta o regime, diminuindo assim o débito pulverizado o que permite manter a proporção da mistura próxima do valor ideal; o ar que é introduzido no pulverizador principal, através do poço de compensação, ajuda também à pulverização da gasolina.

Quando o nível de combustível no poço de compensação atinge o doseador complementar este deixa de debitar gasolina pelo que o débito total é inteiramente assegurado pelo doseador principal.

4.1.2- Tubo de emulsão

Este dispositivo de regulação automática, que é mais utilizado que o anterior, consiste num tubo de descarga com vários orifícios laterais por onde sai a gasolina emulsionada com o ar; o doseador de gasolina (gicleur) que se encontra na base do tubo de emulsão está permanentemente imerso no combustível.

Relativamente ao seu funcionamento este baseia-se no aumento da depressão junto ao tubo, resultante da aceleração do motor, que conduz à pulverização da gasolina e, conseqüentemente, ao abaixamento do seu nível, fazendo com que o ar passe pelos orifícios diminuindo assim a riqueza da mistura; esta diminuição é tanto mais acentuada quanto maior for o abaixamento do nível no tubo.

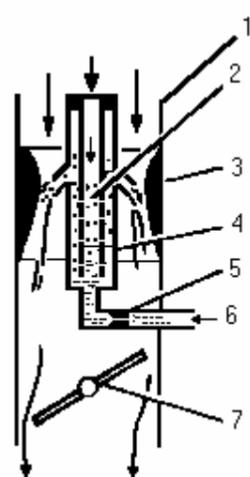


Figura 3- Esquema do princípio da regulação automática da mistura ar-gasolina pelo tubo de emulsão.

1- Corpo do carburador 2- Tubo de emulsão 3- Bico 4- Tubo de descarga 5- Doseador 6- Entrada de gasolina 7- Borboleta do acelerador

Fonte: CEMAGREF (1978)

Quando o motor atinge um regime elevado em carga, deixa de haver gasolina no tubo de emulsão, fazendo-se sentir a depressão directamente no "gicleur", correspondendo assim ao funcionamento em marcha normal.

4.2- Circuitos complementares dos carburadores

Os circuitos complementares existentes nos carburadores tipo são os seguintes:

- circuito de arranque a frio (starter)
- circuito do mínimo (ralenti);
- circuito de reprise.

4.2.1- Circuito de arranque a frio

O circuito de arranque a frio permite, como o próprio nome indica, facilitar o início de funcionamento de um motor, pois, nesta situação, a percentagem de gasolina vaporizada é inferior à obtida quando o motor já está quente e uma parte ainda se deposita no colectador de admissão.

Assim, para compensar esta vaporização deficiente, é necessário obter uma mistura muito rica para que o volume de gasolina vaporizada se aproxime do obtido em condições normais de funcionamento.

Para facilitar o arranque a frio existem basicamente duas soluções:

- o "starter";
- a borboleta de arranque a frio.

4.2.1.1- "Starter"

O starter consiste num pequeno carburador suplementar com um doseador de ar e gasolina próprio, sendo a mistura pulverizada depois da borboleta do acelerador; o comando da janela de saída do combustível, efectuada depois da borboleta do acelerador, é de accionamento manual ou termostático.

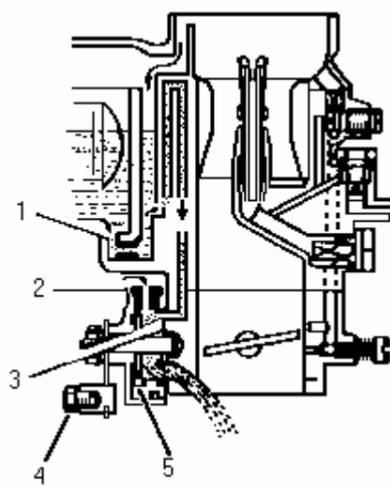


Figura 4- Representação do sistema de arranque a frio utilizando o "starter".
 1- Doseador de combustível 2- Doseador de ar 3- Janela do starter 4- Alavanca de comando 5- Válvula de bloqueio.
 Fonte: CEMAGREF (1978)

4.2.1.2- A borboleta de arranque a frio

Este sistema, também designado por estrangulador, é actualmente o mais utilizado para "ajudar" a por o motor em funcionamento, pois é mais eficaz a baixas temperaturas.

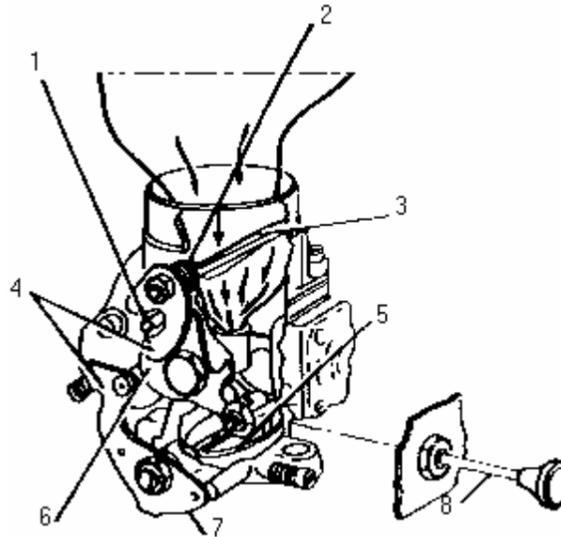


Figura 5- Representação do sistema de borboleta para arranque a frio.
 1- Batente do comando da borboleta de arranque a frio 2- Mola para retorno à posição inicial da borboleta de arranque a frio 3- Borboleta de arranque a frio 4- Comando da borboleta de arranque a frio 5- Borboleta do acelerador 6- Ligação entre a borboleta de arranque a frio e a do acelerador. 7- Comando da borboleta do acelerador 8- Comando manual da borboleta de arranque a frio.
 Fonte: CEMAGREF (1978)

O enriquecimento da mistura com este sistema baseia-se no fecho da borboleta do ar, que está colocada à entrada do carburador, e cujo comando pode se manual ou automático. A ligação dos comandos desta borboleta à do acelerador faz com que o fecho daquela conduza à abertura desta, sendo necessário, no entanto, que logo que o motor esteja em condições de funcionar sem utilizar o sistema de arranque a frio que se abra a borboleta deste para evitar um consumo exagerado de combustível e eventualmente o afogamento do motor.

4.2.2- Circuito do mínimo

O circuito do mínimo permite manter o motor em funcionamento tendo a borboleta do acelerador fechada; esta borboleta permite regular o débito da mistura ar-gasolina em função da carga e velocidade do motor.

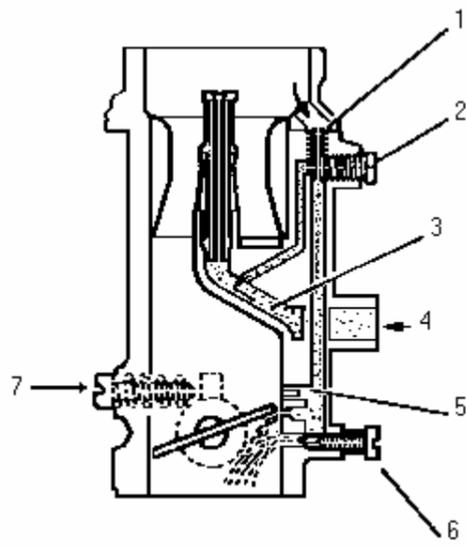


Figura 6- Representação do circuito do ralenti.
 1- Calibrador de ar 2- "Gicleur" 3- Circuito de marcha normal 4- Entrada de gasolina 5- By-pass de progressividade 6- Parafuso de regulação da riqueza da mistura do circuito do mínimo 7- Parafuso para regulação da posição da borboleta do acelerador
 Fonte: CEMAGREF (1978)

Como se pode observar na figura 6 quando a borboleta de aceleração obstrui a passagem da mistura pelo corpo do carburador, a depressão ao nível do tubo de descarga principal torna-se muito baixa não havendo saída de combustível, pelo que é necessário um circuito paralelo que deixe passar gasolina e ar suficientes para manter o motor em funcionamento; a borboleta do acelerador, devido a um parafuso de afinação (7), não se

fecha completamente, pelo que um pequeno volume de ar atravessa o corpo do carburador.

Neste circuito, em que a saída da gasolina se faz depois da borboleta do acelerador, estando portanto o combustível submetido à aspiração dos cilindros, a quantidade de mistura é regulada por um doseador (6); esta regulação permite limitar mais ou menos a passagem da emulsão da mistura ar - gasolina. Para assegurar a transição progressiva entre o regime do mínimo e o obtido com o circuito principal, os carburadores apresentam um "by-pass" (5) que aumenta a quantidade de mistura que vai para os cilindros e cujos orifícios de saída estão colocados imediatamente antes da borboleta do acelerador.

Relativamente à regulação da quantidade de gasolina esta é efectuada por um "gicleur" (2), que, juntamente com o ar que entra por um calibrador de ar (1), mantém o motor a funcionar ao "ralenti"; a regulação da riqueza do "ralenti" é assegurada pelo parafuso, indicado pelo número 6, na figura 6, que é travado por uma mola.

Assim, a regulação da posição da borboleta do acelerador e do parafuso de regulação da riqueza da mistura (6) do circuito do mínimo permite obter o regime motor indicado pelo fabricante. A acção sobre o parafuso da riqueza da mistura permite obter a dosagem ideal para cada posição da borboleta do acelerador por forma a evitar-se uma mistura demasiado rica que faz com que o motor fique muito acelerado ao "ralenti" e uma mistura pobre que faz com que o motor "vá abaixo" ou tenha um funcionamento muito irregular.

4.2.3- Circuito de reprise

O circuito de reprise permite obter um débito adicional de gasolina por forma a tornar possível as acelerações bruscas.

Este circuito é constituído basicamente por uma bomba de membrana ou êmbolo estando o seu accionamento dependente dos comandos do acelerador; a aspiração de gasolina pela bomba efectua-se

durante o fecho da borboleta e a saída quando da abertura desta; o retorno da membrana à sua posição inicial é assegurado por uma mola.

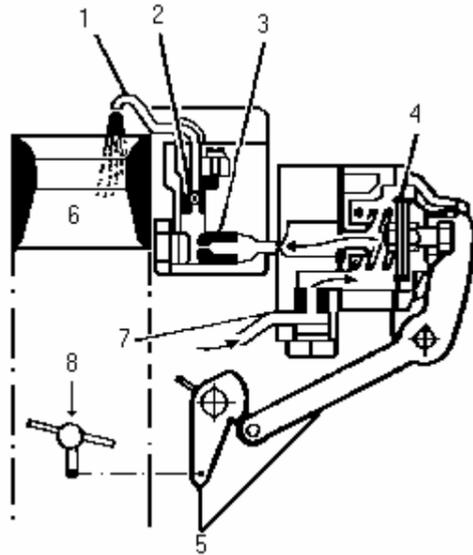


Figura 7- Esquema de uma bomba de reprise de membrana.

1- Injector 2- Válvula de saída de gasolina 3- Doseador da bomba 4- Membrana 5- Excêntrico e alavanca de comando 6- Bico 7- Válvula de aspiração 8- Borboleta do acelerador.

Fonte: CEMAGREF (1978)

5- Os reguladores dos carburadores

Os reguladores existentes nos carburadores têm como objectivo fazer variar o débito da mistura, dentro de determinados limites, em função das variações de carga a que o motor está sujeito, sem intervenção directa do operador.

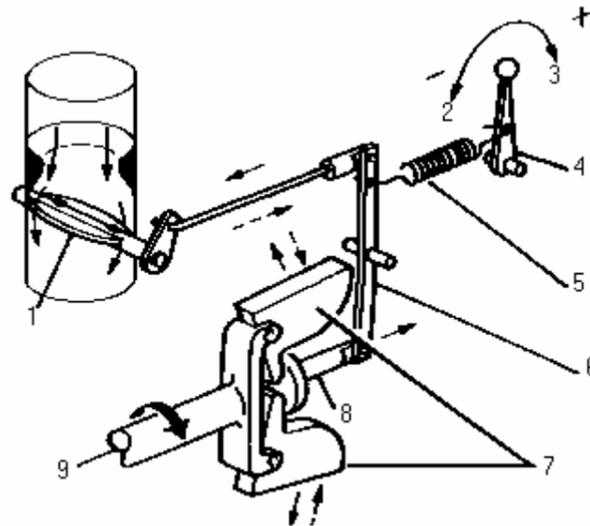


Figura 8- Representação de um regulador centrífugo

1- Borboleta do acelerador 2- Posição de velocidade lenta 3- Posição de velocidade rápida 4- Alavanca do acelerador 5- Mola do regulador 6- Alavanca do regulador 7- Massas 8- Batente 9- Eixo de rotação.

Fonte: Gauthier (1989)

Relativamente à sua constituição inclui duas massas que, quando o motor está em funcionamento, têm movimento de rotação, um sistema de alavancas e batentes para transmissão de movimento à borboleta do acelerador e uma mola cuja tensão é regulada pela alavanca do comando do regulador.

Assim, depois do operador definir a velocidade de rotação, a variação desta faz com que as massas se afastem ou aproximem conforme o regime aumenta ou diminui, sendo esta variação de movimento transmitido por várias alavancas à borboleta do acelerador, que diminui ou aumenta a secção de passagem da mistura, mantendo assim o regime mais ou menos constante.

6- Os carburadores dos pequenos motores

Os carburadores que equipam os motores dos pequenos equipamentos apresentam algumas diferenças relativamente aos veículos motorizados, pois não têm geralmente todos os circuitos descritos em virtude das condições de funcionamento, nomeadamente variações de carga, serem menos frequentes.

Entre os carburadores utilizados nestes equipamentos tem-se:

- os de êmbolo obstruidor e agulha;
- os multiposição.

6.1- Os carburadores de êmbolo obstruidor e agulha cónica

Este tipo de carburador, bastante comum nos motores a dois tempos, é constituído por uma cuba de nível constante, um doseador e um êmbolo com agulha.

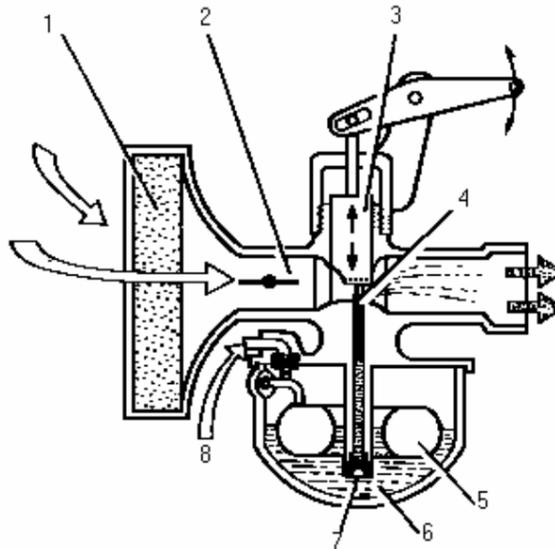


Figura 9- Representação de um carburadores de êmbolo obstruidor e agulha cónica
1- Filtro de ar 2- Borboleta de arranque a frio 3- Êmbolo 4- Agulha 5- Bóia 6- Cuba 7- Doseador de gasolina 8-Entrada de gasolina
Fonte: Gauthier (1989)

Relativamente ao seu funcionamento a deslocação do êmbolo, comandada pelo operador, faz com que a agulha cónica regule a quantidade de gasolina, sendo o volume de ar função da posição do êmbolo que obstrui mais ou menos o corpo do carburador.

6.2- Os carburadores multiposição

Os carburadores multiposição, também designados por carburadores de membrana, são muito utilizados em equipamentos agrícolas portáteis, como as motosserras, e são caracterizados por poderem funcionar em qualquer posição. Estes carburadores, que são muito compactos e não apresentam a cuba a nível constante, são constituídos por uma bomba de alimentação (membrana), uma câmara de amortecimento, uma câmara de dosagem, um circuito de marcha normal e um do mínimo (ralenti).

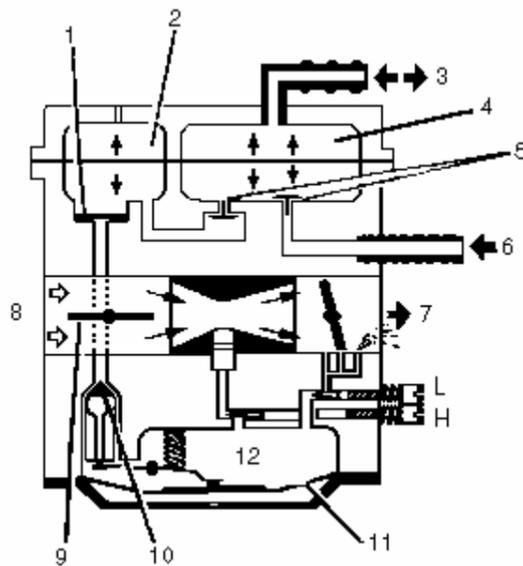


Figura 10- Representação de um carburador membrana
 1- Filtro 2- Câmara de amortecimento 3- Carter motor 4- Bomba de alimentação 5- Válvulas 6- Entrada de gasolina 7- Saída de ar + gasolina 8- Entrada de ar 9- Borboleta de arranque a frio 10- Agulha 11- Membrana 12- Câmara de dosagem
 Fonte: Gauthier (1989)

Relativamente à bomba de alimentação ela apresenta uma membrana que está sujeita às pulsações do carter do motor, e cuja deformação provoca a aspiração e saída da gasolina; a aspiração da gasolina do reservatório e a saída para a câmara de amortecimento são controladas por válvulas. A regularização da pressão do combustível da bomba é assegurada pelas deformações da membrana da câmara de amortecimento.

A câmara de dosagem tem uma agulha cujo movimento é comandado por uma membrana e que quando o motor está parado impede a entrada de combustível; existe uma mola que pressiona a agulha contra a entrada de combustível fechando-a. Em movimento, devido à depressão no seu interior, resultante da saída da gasolina, deixa entrar combustível, mantendo-se assim constante a pressão no seu interior; a entrada de gasolina para a câmara de dosagem só se verifica quando há consumo.

No que respeita à regulação nos circuitos de marcha normal (H) e do mínimo (I), a primeira é obtida por uma parafuso de regulação da riqueza da mistura e a segunda é efectuada ao nível da borboleta do acelerador através de orifícios de progressividade.

7- A carburação com o gás de petróleo liquefeito

O sistema de alimentação de um motor que utilize gás de petróleo liquefeito (GPL) é constituído por um reservatório, um distribuidor com várias válvula, uma câmara de expansão - vaporização e um misturador.

Relativamente ao reservatório este é geralmente de aço, com uma capacidade que varia entre os 50 e 150 litros, e com uma pressão interior de 4 - 5 bar.

O distribuidor, que se encontra no interior de uma caixa estanque, ventilada, apresenta uma torneira, com válvula anti-retorno, para enchimento do reservatório, uma válvula para saída do gás

liquefeito, um indicador de nível com mostrador e um limitador de enchimento (80-85%), comandado por uma bóia, para permitir a dilatação do gás; caso se verifique alguma ruptura nas condutas um limitador de débito evita a saída do gás.

Para além destes elementos existe ainda uma electro-válvula de segurança que controla a chegada do gás liquefeito à câmara de expansão - vaporização. Esta serve, como o nome indica, para reduzir a pressão do gás liquefeito que permite a sua passagem à forma de vapor.

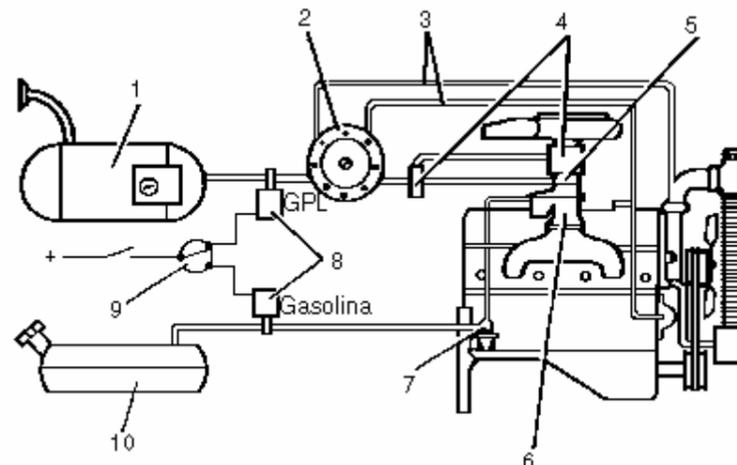


Figura 11- Representação de um sistema de alimentação de um motor com bicarburação.
1- Reservatório de GPL 2- Câmara de expansão - vaporização 3- Condutas de aquecimento
4- Regulador de débito do gás 5- Misturador 6- Carburador 7- Bomba de gasolina 8- Electroválvulas
9- Selector de gasolina - GPL 10- Reservatório de gasolina
Fonte: Gauthier (1989)

O misturador, no caso dos motores que funcionam apenas com GPL, encontra-se colocado no início do colector de admissão, e nos de bicarburação junto do carburador. No primeiro caso o misturador é constituído por uma válvula de esfera que regula a quantidade de mistura e no segundo é directamente accionado pela depressão das condutas de admissão; neste caso um comutador permite mudar o combustível de gasolina para GPL ou vice-versa.

8- A combustão da gasolina e o meio ambiente

A combustão das diferentes formas de energia líquida são um dos principais responsáveis pela poluição atmosférica, pois libertam grandes quantidades de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos parcialmente queimados (HCL), óxidos de azoto (NOx), chumbo (Pb) etc.

Assim, e para contrariar estas emissões, devem-se verificar algumas regras, nomeadamente:

- o melhoramento da estanqueidade dos reservatórios;
- a reciclagem dos vapores do carter no carburador para que a sua combustão seja total;
- ajustar-se o início da ignição às diferentes situações. Diminuir-se, por exemplo, o avanço à ignição durante as desacelerações e ao regime mínimo, para se aumentar a temperatura da câmara de combustão;
- utilização de circuitos no carburador que melhorem a homogeneidade e proporção da mistura;

- melhorar as técnicas de injeção;
- diminuir o teor de chumbo na gasolina;
- utilizar conversores catalíticos nos escapes.

Para além das indicações apresentadas é fundamental que o motor esteja nas melhores condições de funcionamento, ou seja:

- que as condutas de admissão estejam em bom estado;
- que o filtro de ar se encontre limpo;
- que as válvulas estejam afinadas;
- que o sistema de alimentação e ignição funcione correctamente.

9- Constituição e funcionamento do sistema de ignição

A utilização de gasolina nos motores de ciclo Otto implica a existência de um sistema de ignição, pois a combustão não é desencadeada pela compressão do fluido activo, como acontece no caso dos motores de ciclo Diesel, mas por uma faísca que se produz no fim da compressão.

Considerando as condições na câmara de combustão, no fim da compressão, a faísca que vai desencadear a combustão da mistura ar - gasolina, deve ser produzida por uma diferença de tensão bastante grande.

Assim, para que se forme uma corrente de alta tensão, é necessário a presença de um transformador (bobina), que é constituído basicamente por um circuito primário e um secundário; o primeiro é alimentado por corrente contínua de baixa tensão, produzida pela bateria ou volante magnético e ligado à massa, tendo intercalado um interruptor, fornecendo o secundário corrente de alta tensão às velas.

9.1- Sistema de ignição por bateria e bobina

O sistema de ignição por bateria e bobina é o sistema geralmente utilizado nos motores de ciclo Otto a quatro tempos aplicados nos motores dos equipamentos agrícolas.

Este sistema consta basicamente de dois circuitos, um primário e um secundário, sendo o primeiro percorrido por corrente de baixa tensão e o segundo por alta.

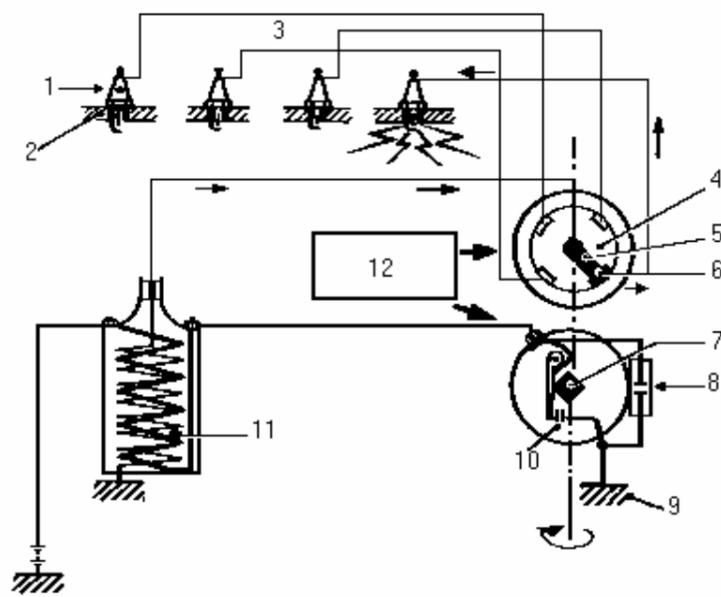


Figura 12- Esquema geral do sistema de ignição por bateria e bobina
 1- Vela 2- Massa 3- Cabo da vela 4- Prato do distribuidor 5- Rotor do distribuidor 6- Dedo do distribuidor
 7- Excêntricos 8- Condensador 9- Massa 10- Platinados 11- Bobina 12- Distribuidor
 Fonte: CEMAGREF (1976)

9.1.1- Descrição do circuito primário

O circuito primário é alimentado por uma bateria de acumuladores, que armazena a energia eléctrica, sendo a sua carga obtida por um alternador com um rectificador.

Este circuito é constituído por enrolamento de fio bastante espesso o qual, ao nível da bobina, apresenta um número de espiras relativamente pequenas; este fio apresenta uma extremidade ligada ao pólo negativo da bateria e o outro à massa.

Intercalado neste circuito encontra-se um interruptor mecânico (platinados) com um contacto fixo ligado à massa e um móvel accionado pelo excêntrico.

9.1.2- Descrição do circuito secundário

O circuito secundário é constituído, ao nível da bobina por um enrolamento de fio muito fino com um grande número de voltas, e é percorrido por uma corrente de alta tensão que é utilizada para originar uma descarga eléctrica entre os pólos de um inflamador (vela); considerando as condições existentes na câmara de combustão, nomeadamente a pressão e a presença da mistura ar - gasolina, é fundamental uma tensão muito alta, superior a 20000 voltes, para que a descarga eléctrica se produza.

Este circuito encontra-se ligado por numa extremidade à massa e a outra a um dedo distribuidor que permite a passagem da corrente para as diferentes velas.

9.1.3- Transformação da corrente de baixa em alta tensão

A transformação da corrente de baixa em alta tensão que se obtêm na bobina através de fenómenos electro-magnéticos, depende da relação entre o número de espiras do circuito primário e

secundário e obedece às leis de Lenz. Segundo estas leis uma força electromotriz (E), caso a tensão da corrente secundária, é tanto mais elevada quanto maior for a variação do fluxo magnético ($\Delta\phi$) e menor a duração desta variação (Δt), ou seja quanto mais rápida for a interrupção da corrente de baixa tensão.

Assim, traduzindo matematicamente esta lei tem-se:

$$E = K * \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

em que K representa o coeficiente de indutância.

Considerando que a tensão da corrente que se forma no secundário é proporcional ao número de espiras deste circuito e à velocidade de variação do fluxo electromagnético, esta lei pode ser expressa por:

$$E = n * \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

em que n representa o número de espiras do circuito secundário.

Assim, e atendendo ao apresentado, conclui-se que quanto maior for o número de espiras da circuito secundário maior é a tensão que nele se obtém e que esta é também tanto mais elevada quanto mais rápida for a interrupção da corrente no circuito primário; considerando a frequência muito elevada do número de faíscas necessárias o estabelecimento da corrente de baixa tensão deve ocorrer de imediato.

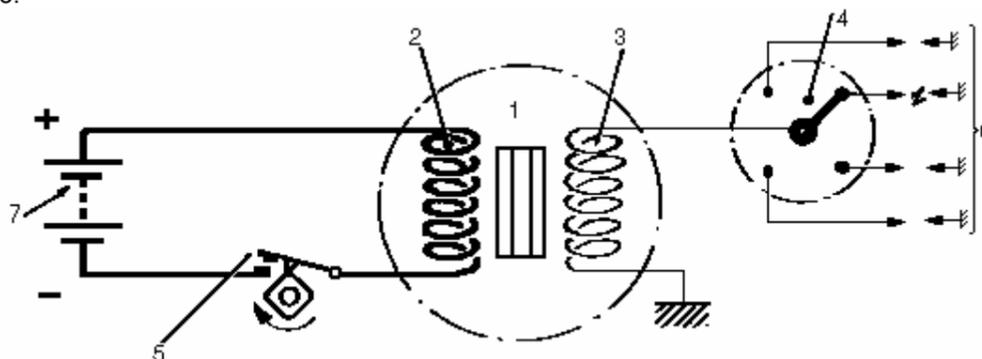


Figura 13- Representação esquemática da bobina e dos circuitos do sistema de ignição.
 1- Núcleo de ferro macio 2- Circuito primário 3- Circuito secundário 4- Distribuidor 5- Platinados
 6- Velas 7- Bateria de acumuladores.
 Fonte: CEMAGREF (1976)

Como se pode observar na figura 13 quando os platinados se encontram juntos a corrente contínua, proveniente da bateria, passa pela bobina, formando um solenoide, que produz um campo magnético que é reforçado pela presença de um núcleo de ferro macio, passando depois para a massa fechando assim o circuito. Quando da interrupção desta corrente nos platinados, a anulação brusca do campo magnético induz à formação de uma corrente electromagnética no circuito secundário que origina a faísca entre os eléctrodos dos inflamadores.

9.2- Apresentação e caracterização dos principais elementos do sistema de ignição por bateria e bobina

Os principais componentes do circuito de ignição encontram-se distribuídos em dois elementos que são o distribuidor e a bobina.

9.2.1- O distribuidor

O distribuidor é o elemento onde estão agrupados os órgãos de comando e distribuição da corrente. Os primeiros tem como função a interrupção da corrente no circuito primário e a correcção do avanço à ignição e os segundos a distribuição, segundo uma determinada ordem, da corrente de alta tensão para as velas.

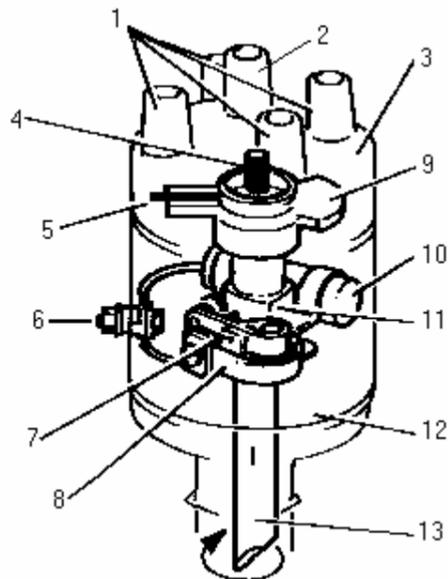


Figura 14- Esquema de um distribuidor

1- Saída dos fios de alta tensão para as velas 2- Entrada da corrente de alta tensão no distribuidor

3- Tampa do distribuidor 4- Contacto de carvão para entrada da corrente de alta tensão 5- Dedo do distribuidor 6- Chegada da corrente primária 7- Contacto móvel do interruptor 8- Mola 9- Rotor

10- Condensador 11- Excêntricos 12- Corpo do distribuidor 13- Eixo do distribuidor

Fonte: CEMAGREF (1976)

9.2.1.1- Interrupção da corrente no circuito primário

Relativamente à interrupção da corrente esta é assegurada por um dos excêntricos existentes no eixo do distribuidor, que recebe o movimento de rotação da cambota do motor, e cujo número é igual ao número de cilindros; quando não se faz sentir a pressão do excêntrico não há interrupção da corrente pois um dos contactos está montado numa mola que o faz retornar à posição inicial.

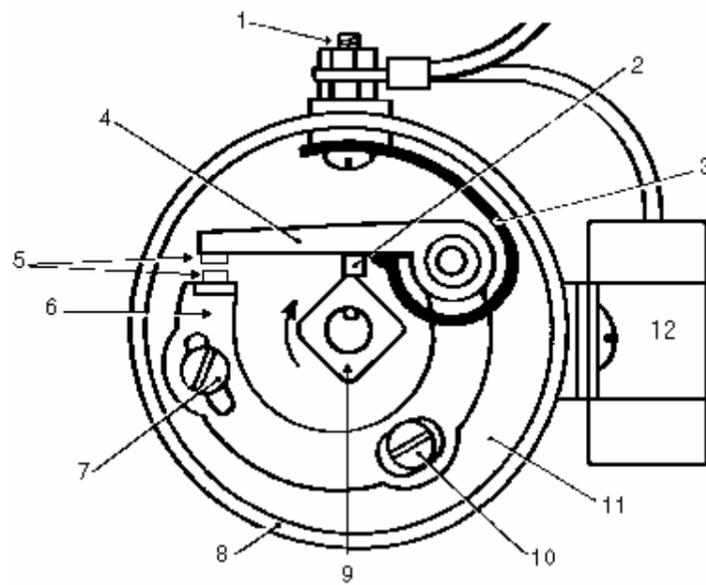


Figura 15- Esquema de um interruptor accionado por um excêntrico.
 1- Contacto do circuito primário 2- Taco para pressão do excêntrico 3- Mola e ligação eléctrica
 4- Lingueta móvel 5- Contactos 6- Lingueta fixa 7- Parafuso de fixação 8- Corpo do distribuidor
 9-Excêntricos 10- Parafuso de regulação 11- Prato do distribuidor 12- Condensador
 Fonte: CEMAGREF (1976)

Considerando o interruptor, vulgarmente designado por platinados, é constituído por duas linguetas, uma fixa e uma móvel, estando a primeira montada no prato do distribuidor e ligada à massa, e a segunda, isolada da massa, intercalada no circuito primário do sistema de ignição. A posição da lingueta fixa pode ser alterada para que seja possível a correcção da distância do seu contacto ao contacto da lingueta móvel; esta regulação designa-se por afinação dos platinados.

Montado paralelamente ao interruptor da corrente existe um condensador cuja função é fazer com que a interrupção da corrente no circuito primário seja o mais rápida possível, pois só assim a variação do fluxo magnético, que engendra a corrente de alta tensão, é "instantânea" e atinge valores de tensão muito altos. Esta interrupção consegue-se porque o condensador armazena a corrente de auto-indução que se forma no circuito primário quando da variação do fluxo magnético, que se descarrega depois neste mesmo circuito anulando o campo magnético remanescente existente na bobina, permitindo assim uma maior tensão da corrente no secundário.

Caso a interrupção da corrente não se faça nestas condições verifica-se, quando os platinados se começam a afastar, uma pequena faísca entre eles que, para além da sua deterioração ("platinados picados"), limitam a tensão da corrente do secundário. A faísca que pode saltar entre os contactos dos platinados pode atingir temperaturas de 3500 oC, originando a fusão do metal que de um pólo para o outro (do positivo para o negativo), formando-se uma cratera num dos pontos e uma saliência no outro.

9.2.1.2- Correção do avanço à ignição

À semelhança do que foi referido para a abertura das válvulas de admissão e escape, a libertação da faísca nos inflamadores deve dar-se antes do êmbolo atingir o ponto morto superior, pois a

inflamação da mistura demora algum tempo, por forma a que a pressão no topo do êmbolo, resultante daquela inflamação, se faça sentir logo no início do tempo da expansão.

Considerando que a quantidade de fluido que é introduzido no interior dos cilindros depende das condições de funcionamento do motor, e que o tempo de inflamação depende dessa quantidade, é fundamental que a abertura dos platinados, responsável pela formação da faísca, se efectue mais cedo ou mais tarde pelo que o prato onde está fixa a lingueta deve poder girar.

Assim, e considerando que a correcção do avanço à abertura dos platinados é feita em função da carga e velocidade do motor, deve haver dispositivos que permitam rodar o veio de excêntricos conforme estas variáveis se afastem dos valores para que foram feitas as correcções inicialmente previstas pelo construtor. Relativamente à carga, quando esta é máxima a admissão do fluido também o é pelo que a combustão é mais rápida, podendo assim o avanço ser menor; para o regime, quando este é baixo, o avanço também deve ser pequeno mais à medida que aquele aumenta, o avanço terá de aumentar também, pois, caso contrário, o tempo disponível para a combustão diminui.

9.2.1.2.1- Correcção do avanço por comando centrífugo

A correcção do avanço por comando centrífugo baseia-se na existência de duas massas colocadas no distribuidor que, quando o eixo deste roda, tem tendência a afastarem-se fazendo rodar o excêntrico do contacto móvel do platinado dando-se a abertura destes mais cedo; a fixação de uma mola a cada uma das massas permite, logo que a força centrífuga deixe de se fazer sentir, o retorno à posição inicial.

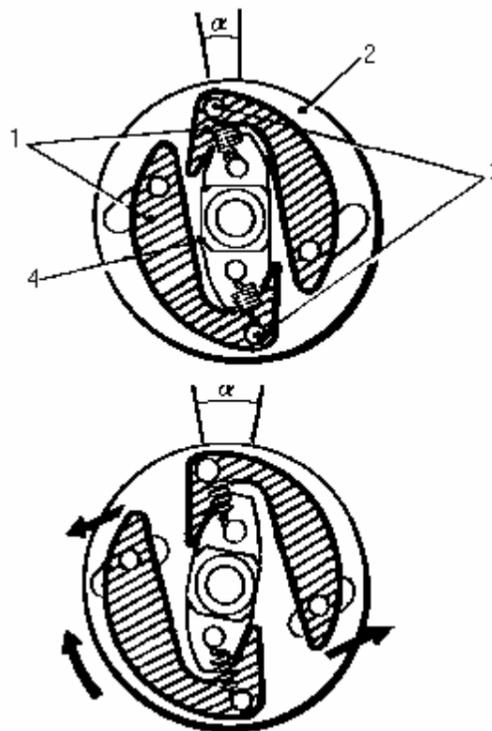


Figura 16- Correcção do avanço por comando centrífugo
1- Massas 2- Prato do distribuidor 3- Eixo das massas 4- Excêntricos
Fonte: CEMAGREF (1976)

9.2.1.2.2- Correção do avanço por comando pneumático

Este tipo de correção baseia-se na existência de uma cápsula manométrica com um diafragma ao meio, estando um dos lados ligado ao corpo do carburador, onde há uma depressão que é variável conforme a posição da abertura da borboleta do acelerador, e o outro, que está à pressão atmosférica, a um tirante ligado ao prato do distribuidor; no interior desta cápsula e do lado do carburador, existe uma mola que faz com que a membrana se afaste para o lado contrário, quando não há depressão.

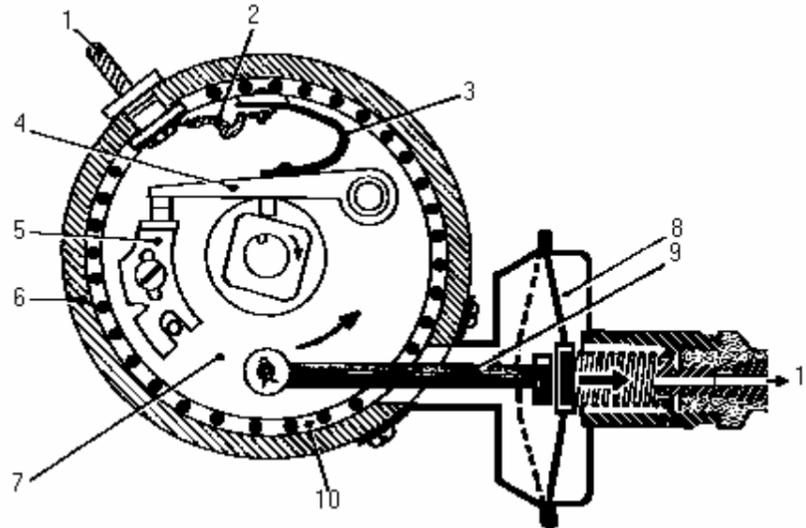


Figura 17- Correção do avanço por comando pneumático
 1- Terminal de baixa tensão 2- Fio de ligação 3- Mola da lingueta móvel 4- Lingueta móvel
 5- Lingueta fixa 6- Corpo do distribuidor 7- Prato do distribuidor 8- Membrana 9- Tirante comandado pela cápsula manométrica 10- Rolamento 11- Ligação ao carburador
 Fonte: CEMAGREF (1976)

Assim, por exemplo, o aumento da depressão no corpo do carburador, que se verifica quando a borboleta está parcialmente fechada, faz com que a membrana da cápsula seja puxada nessa direção, transmitindo-se este movimento ao prato do distribuidor que roda, aproximando o excêntrico do contacto móvel e portanto a interrupção da corrente dá-se mais cedo, ou seja o avanço é máximo. Considerando a situação oposta à anterior, ou seja, em que a borboleta do acelerador está completamente aberta, portanto o motor a funcionar em plena carga, a depressão no corpo do carburador é mínima, afastando-se a membrana da cápsula, por acção da mola, e o prato do distribuidor roda aumentado a distância do came ao contacto móvel do platinado pelo que o avanço é mínimo.

Quadro 1- Variação do avanço à ignição função da carga pelo sistema de comando pneumático

Condições de utilização	Veículo em grande carga e em encosta	Veículo em carga média e em plano	Veículo em fraca carga e em descida
Carga motor	Plena carga	Carga média	Carga mínima
Posição da borboleta do acelerador	Totalmente aberta	Meia aberta	Quase fechada
Depressão	Pequena	Média	Máxima
Avanço	Mínimo	Médio	Máximo

Fonte: CEMAGREF, 1976.

Para um dado regime, em plena carga, a massa gasosa em combustão é superior à que se verifica com uma carga pequena, pelo que o avanço deve ser menor. Considerando um veículo a subir uma encosta, o que corresponde a um aumento de carga, é necessário acelerar aumentando-se assim a abertura da borboleta, o que diminui a depressão no corpo do carburador, o que faz com que a mola da cápsula manométrica empurre a membrana, que, através do tirante que a liga ao prato onde estão montados os platinados, rode no mesmo sentido de rotação dos excêntricos, reduzindo-se o avanço à ignição. No caso do veículo se encontrar a descer uma encosta a carga a que o motor fica sujeito é mínima, estando a borboleta praticamente fechada, o que implica que a depressão é máxima, e, portanto, a mola da cápsula seja comprimida e o prato porta-platinados rode no sentido inverso ao sentido de rotação do veio de excêntricos, aumentando o avanço à ignição.

9.2.1.3- Distribuição da corrente

A distribuição da corrente pelas diferentes velas é assegurada por um dispositivo rotativo designado por dedo, que ao passar junto dos contactos (carvões) colocados no interior da tampa do distribuidor, que estão directamente ligados aos infamadores, deixa passar a corrente. A tampa do distribuidor tem um orifício central por onde passa um cabo que trás a corrente da bobina e um número de saídas na sua periferia igual ao número de cilindros do motor.

A distribuição da corrente para os diferentes cilindros é, devido a aspectos relacionados com o equilíbrio motor, feita segundo uma determinada ordem; por exemplo, nos motores em linha de quatro tempos com quatro cilindros, os dois êmbolos das extremidades têm de ter a mesma posição relativa no cilindro, acontecendo o mesmo com os êmbolos dos cilindros 2 e 3. Nestes motores o ciclo operativo efectua-se em duas voltas da cambota pelo que esta tem uma velocidade duas vezes superior ao eixo do distribuidor. Nos motores a dois tempos como cada ciclo operativo se efectua numa volta da cambota o eixo do distribuidor tem o mesmo regime; nestes motores o sistema de ignição baseia-se geralmente num volante magnético.

Assim, e considerando que em cada meia volta da cambota há um tempo motor, caso este se verifique no cilindro nº1, a combustão seguinte deverá ocorrer ou no cilindro nº2 ou no 3, dando-se a terceira expansão no nº4 e a quarta no nº3 ou 2, consoante a segunda explosão se tenha dado no nº2 ou no nº3. Resumindo, neste tipo de motor, existem duas ordens possíveis de ignição que são:

1 - 3 - 4 - 2 ou 1 - 2 - 4 - 3

Estas ordens de ignição podem ser determinadas ao nível da tampa do distribuidor pois a rotação do dedo distribui a corrente de alta tensão segundo uma destas ordens. A colocação dos cabos que ligam a tampa do distribuidor às velas apresentam igualmente esta ordem, pelo que é necessário, manter sempre a sua posição.

9.2.2- A bobina

A bobina é constituída por um núcleo de ferro macio e por dois circuitos, um primário e um secundário, que se encontram enrolados em volta daquele.

Relativamente ao primeiro elemento este tem como objectivo reforçar o campo magnético obtido pela passagem da corrente de baixa tensão, no circuito primário. Este é constituído por um fio de cobre com ± 100 m de comprimento e um diâmetro de 0.6 a 1 mm, e com um número de espiras compreendido entre as 300 e as 400; a resistência deste fio é de 3.5 a 4 ohms.

O circuito secundário, constituído também em fio de cobre, apresenta um comprimento muito superior, 2000 a 3000 m, uma espessura de 0.08 a 0.10 mm e um número de espiras entre 18000 a 20000.

Relativamente ao seu funcionamento a bobina utiliza o princípio físico da indução, que consiste em fazer passar uma corrente eléctrica num enrolamento primário, criando-se aí um fluxo magnético, que induz uma corrente de tensão elevada num enrolamento secundário com centenas de espiras, com resultado da variação do fluxo magnético resultante da variação da corrente. Quando a corrente passa no circuito primário produz um fluxo magnético dentro do qual se encontram as espiras do enrolamento secundário que são atravessadas por aquele induzindo-se neste circuito a corrente eléctrica; a produção de corrente tem-se quer sejam as espiras a atravessar o campo magnético ou este a atravessar as espiras.

9.2.3- Os inflamadores

Os inflamadores, vulgarmente designados por velas, são os elementos onde se produz a faísca responsável pelo desencadear da combustão da mistura no interior dos cilindros. Esta faísca resulta da diferença de tensão existente entre dois eléctrodos, em que um se encontra ligado à massa e o outro ao cabo que traz a corrente de alta tensão do distribuidor.

Como se pode observar na figura 18 uma vela é constituída por um canhão metálico, que permite a fixação ao bloco motor e que tem na sua extremidade um eléctrodo de massa, por um eléctrodo central com uma das extremidades ligada ao cabo de alta tensão que vem do distribuidor e a outra por onde salta a faísca e um isolante que separa o eléctrodo central do canhão metálico.

Relativamente ao seu tipo as velas consideram-se divididas em frias e quentes, conforme a velocidade de dissipação do calor do eléctrodo é mais ou menos rápida. O poder de refrigeração depende da condutividade térmica do material exposto às altas temperaturas ou da extensão do trajecto para perda das calorias; quanto mais longo for este trajecto menor são as perdas de calor.

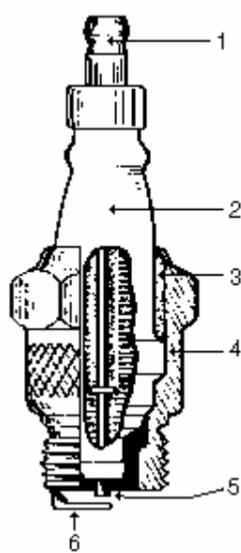


Figura 18- Representação esquemática de um inflamador
 1- Borne da vela 2- Isolador 3- Junta de estanqueidade 4- Canhão metálico
 5- Eléctrodo central 6- Eléctrodo de massa.
 Fonte: CEMAGREF (1976)

No que respeita à escolha das velas é necessário ter em consideração as indicações do fabricante, mas, caso não se disponha destas informações, não se deve geralmente optar por uma vela demasiado fria pois esta pode dificultar a combustão e as demasiado quentes podem tornar-se incandescentes originam combustões extemporâneas.

9.3- O sistema de ignição por volante magnético

O sistema de ignição por volante magnético é normalmente utilizado nos motores a gasolina, monocilíndricos a dois ou quatro tempos, sendo constituído basicamente pelos mesmos elementos que o sistema anterior, mas em que um íman permanente se encontra alojado no interior do volante motor, gira cortando as linhas magnéticas das espiras da bobina de alta tensão, produzindo-se assim corrente alterna que é mais eficaz que a contínua para a produção da faísca. A colocação da bobina de alta tensão pode ser interior ou exterior ao volante magnético, sendo esta última mais favorável pois os enrolamentos podem ser mais compridos e é melhor ventilado, estando os ímanes permanentes montados na periferia do volante; o calor aumenta a resistência eléctrica e reduz o poder isolante. A bobina deve estar colocada o mais perto da vela por forma a evitar perdas de corrente e estar protegida do pó e água, pois esta pode falhas de ignição ou mesmo impedir que esta se dê.

Nos equipamentos em que é necessário produzir energia eléctrica para assegurar a iluminação, buzina, etc., para além daquela bobina, existe, para esse efeito, uma de baixa tensão, com apenas um enrolamento, que é normalmente colocada exteriormente ao volante para não aumentar a sua massa.

O rotor onde se encontram os cames que abrem os platinados é um prolongamento da cambota.

Considerando que o regime da cambota é igual ao do rotor, a existência deste sistema nos motores de dois tempos implica a formação de uma faísca por volta do motor, a qual é utilizada para a combustão do fluido operante. No caso dos motores a quatro tempos, em que um ciclo operativo se realiza em duas voltas da cambota, e como o número de voltas desta é igual à do rotor, uma das faíscas dá-se no fim do tempo de escape.

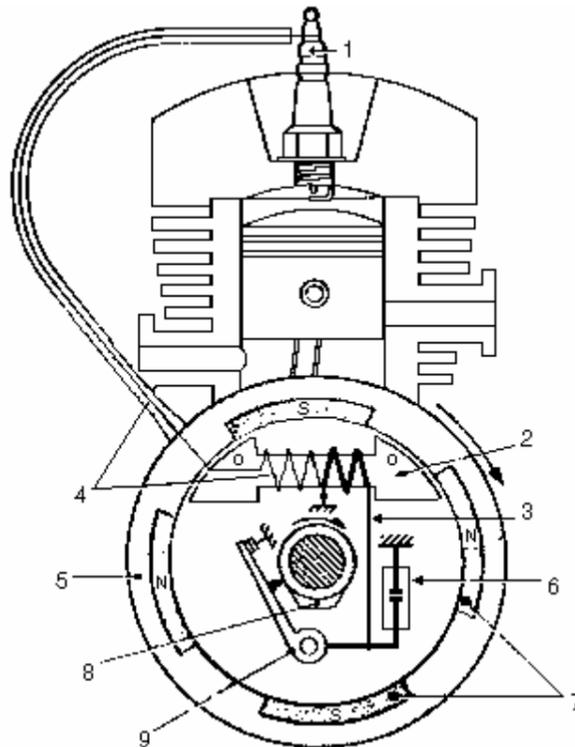


Figura 19- Esquema do princípio de funcionamento do sistema de ignição por volante magnético com bobina interna.

1- Inflamador 2- Núcleo da bobina 3- Circuito primário 4- Circuito secundário 5- Volante magnético
6- Condensador 7- Ímanes 8- Excêntrico 9- Interruptor

Fonte: CEMAGREF (1976)

10- Principais regulações do sistema de ignição

As principais regulações do sistema de ignição são:

- regulação da distância entre os contactos dos platinados;
- regulação do ponto de ignição;
- regulação da distância entre os eléctrodos das velas.

10.1- Regulação da distância entre os contactos dos platinados

A regulação da distância entre os contactos dos platinados é fundamental pois, condicionando a duração e amplitude da variação do fluxo magnético, influencia a tensão e intensidade da corrente de alta tensão.

A medição desta distância, compreendida geralmente entre os 0.3 a 0.5 mm, é efectuada com um apalpa folgas quando os contactos se encontram na sua posição mais afastada, sendo a regulação efectuada pelo deslocamento do contacto fixo.

10.2- Regulação do ponto de ignição

A regulação do ponto de ignição tem como objectivo fazer abrir os platinados na altura exacta em que êmbolo de um cilindro se encontra numa posição precisa, antes de chegar ao ponto morto superior, que se designa por avanço inicial à ignição.

Relativamente à regulação propriamente dita esta deve começar-se por colocar o êmbolo do cilindro nº1 perto do ponto superior e fazer coincidir a marca correspondente ao valor do ângulo de avanço à ignição, com a marca gravada no bloco motor; as marcas relativas ao avanço encontram-se gravadas na poli da cambota ou volante motor pelo que, para a sua sobreposição com a marca do bloco, basta fazer rodar o motor.

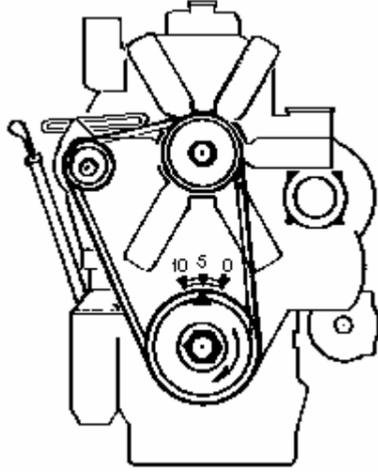


Figura 20- Representação da posição relativa das marcas existentes na poli da cambota e no bloco motor.
Fonte: CEMAGREF (1976)

Depois de efectuada esta operação é necessário fazer coincidir a abertura dos platinados com aquela posição do êmbolo. Esta regulação pode ser efectuada estaticamente fazendo rodar o distribuidor no sentido contrário à rotação do eixo até que os platinados abram, fixando depois o distribuidor e colocando o dedo do distribuidor em frente do contacto que permite a passagem da corrente de alta tensão para o primeiro cilindro. Para melhor controlo da abertura dos platinados utiliza-

se geralmente um circuito com uma lâmpada testemunha, que liga a massa do motor ao contacto de entrada de corrente de baixa tensão do distribuidor.

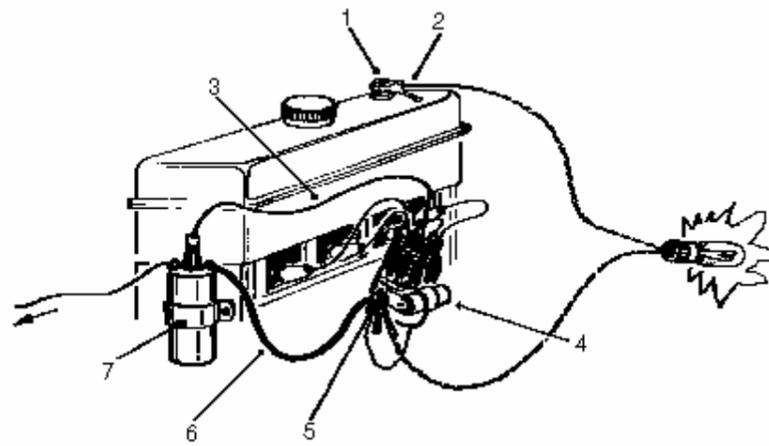


Figura 21- Esquema representativo da determinação do ponto de abertura dos platinados utilizando uma lâmpada testemunha.
1- Massa 2- Pinça 3- Fio secundário 4- Condensador 5- Pinça 6- Fio primário 7- Bobina
Fonte: CEMAGREF (1976)

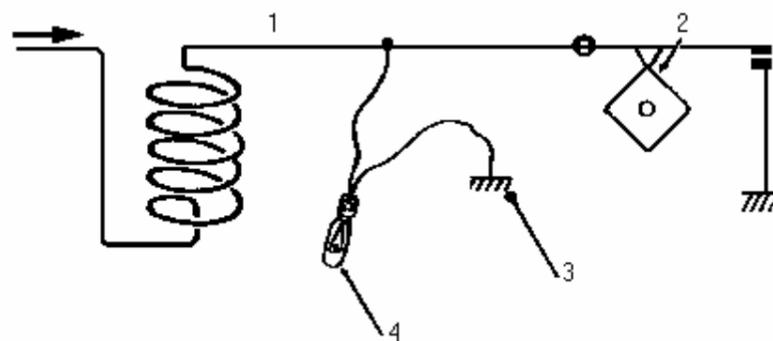


Figura 22- Esquema pormenorizado da determinação do ponto de abertura dos platinados utilizando uma lâmpada testemunha.

1- Corrente de baixa tensão 2- Interruptor 3- Massa 4- Lâmpada testemunha

Fonte: CEMAGREF (1976)

A regulação do avanço pode ser feita também com o motor em funcionamento utilizando uma lâmpada estroboscópica, ou seja, uma luz néon de alta intensidade, que acende com uma frequência igual à da faísca da vela; a ligação desta lâmpada, considerando a posição inicial em que se encontra o motor, deve ser feita ao cabo da vela do primeiro cilindro.

Assim, com o motor ao ralenti, quando se dá a faísca no primeiro cilindro é emitida uma luz, com uma cadência igual à das faíscas, que é dirigida para as marcas de controlo do avanço dando a sensação que ambas estão imóveis, pelo que, pela rotação do distribuidor, é possível obter o ângulo correspondente ao avanço à ignição indicado pelo construtor; para se efectuar esta regulação é necessário neutralizar o sistema de regulação automática do avanço por depressão.

Este tipo de regulação permite também conhecer qual o avanço a um determinado regime, pois, à medida que se acelera, o sistema de regulação automático desloca o prato do distribuidor fazendo com que a marca móvel se afasta da fixa; este afastamento deixa-se obter quando o regulador centrífugo deixa de actuar.

10.3- Regulação da distância entre os eléctrodos das velas

A distância entre os eléctrodos das velas é dada pelos fabricantes estando o seu valor normalmente compreendido entre os 0.5 a 0.7 mm. A determinação desta distância é efectuada com um apalpa folgas devendo a sua correcção ser efectuada pela aproximação ou afastamento do eléctrodo de massa.

11- Manutenção dos elementos do sistema de ignição

Considerando que a bateria de acumuladores se encontra em bom estado a manutenção do sistema de inflamação resume-se geralmente às velas e platinados.

Assim, deve começar-se pela desmontagem das velas, que é efectuada com uma chave própria, e sua observação, incidindo esta nos eléctrodos, quer para ver qual o seu estado de desgaste quer a sua cor. Relativamente ao desgaste verifica-se um aumento da distância entre os eléctrodos resultante da sua fusão e no que respeita à cor, caso o eléctrodo central se encontre demasiado escuro é sinal que

a combustão da gasolina é incompleta, formando-se assim resíduos de carvão e, caso a cor seja esbranquiçada, que a mistura é pobre ou que a vela é demasiado quente para aquele tipo de motor.

Relativamente aos platinados a sua observação permite saber qual o estado dos contactos, que se devem apresentar limpos, lisos e dispostos paralelamente entre si. À semelhança dos eléctrodos das velas, deve verificar-se também qual o seu desgaste, pois o contacto que se encontra ligado à bobina vai perdendo massa formando-se pequenas saliências. Considerando o baixo custo destes elementos quando se atinge esta situação procede-se à sua substituição, sendo, no entanto, necessário manter a distância preconizada, ± 0.4 mm, e regular o ponto de ignição.

Bibliografia

Barger, E.; Liljedahl, J.; Carleton, W.; Mckibben, E. (1963). Tractors and their power units. London. John Willey & Sons, Inc.

CEMAGREF - Livre du maitre. (1976). Tracteurs et machines agricoles. Antony. CEMAGREF

CNEEMA (1976). Fonctionnement et entretien du moteur à essence. CNEEMA

CNEEMA. Livre du maitre. (1978). Tracteurs et machines agricoles. Tome. Antony. CNEEMA.

Coker, A. (1979). Sistemas eléctricos do automóvel. Lisboa. Editorial Presença.

Gautier, D.; Cedra, C.; Bazin, M.; Louis, D. (1989). Les moteurs à essence. Technologie et fonctionnement des moteurs a allumage commandé. Dicova. CEMAGREF

Giacosa, D. (1978). Motores endotérmicos. Barcelona. Omega.

Judge, A. (1976). Manual práctico do electrecista de automóvel. Lisboa. Hemus.

Sully, F.; Unstead, P. (1978). Motores de automóvel. Lisboa. Editorial Presença.

Vicente, M. (1971). Carburadores. Lisboa. Edições CETOP.