

Capítulo XII

Motores de ignição por faísca

12.1 - Propagação da chama

No capítulo III foi visto como se propaga a chama num motor de explosão. O início da combustão nas vizinhanças da vela é extremamente lento; a frente de combustão propaga-se, depois, de acordo com uma superfície esférica e uma maior quantidade de combustível é queimada para cada acréscimo  $s$  da frente de onda.

No primeiro trecho a da fig. 12.1 o volume queimado está contido numa hemisféria e vale  $(2/3 \cdot \pi \cdot s^3)$  cm<sup>3</sup>; tendo a frente de onda se deslocado de  $s$ , o novo volume será medido por  $16/3 \cdot \pi \cdot s^3$ . Portanto o volume queimado no trecho b é sete vezes o volume do trecho a, embora a distância percorrida pela chama tenha somente dobrado.

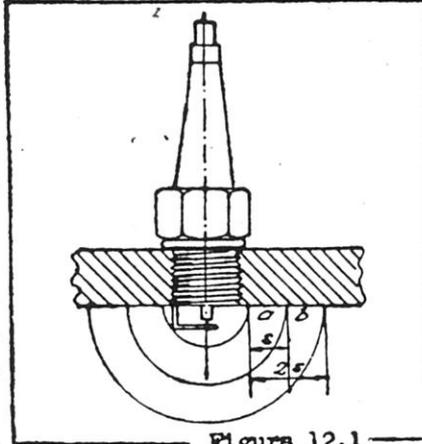


Figura 12.1

A densidade da mistura aumenta continuamente com o aumento da distância percorrida pela frente de onda. O aumento de temperatura expande os produtos queimados e comprime a mistura não queimada. Na fig. 12.2 a câmara de combustão, admitida com volume total constante, está dividida em quatro partes iguais contendo, cada parte, a mesma quantidade de mistura (fig. 12.2a).

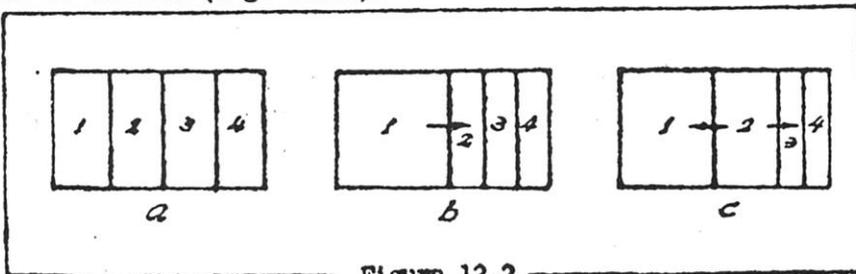


Figura 12.2

A queima da mistura contida na secção 1 comprime a mistura contida em 2, 3 e 4, como mostra 12.2b. Quando a mistura da secção 2 queima, são comprimidos os gases queimados de 1, bem como a mistura não queimada contida em 3 e 4. Se imaginarmos que a frente de chama varre a câmara, a camada queimada imediatamente antes terá uma densidade menor que as outras camadas de mistura ainda não queimadas. Por essa razão, a frente de chama da fig. 12.1 não somente queima um maior volume de mistura com o aumento da distância  $s$ , bem como a massa de mistura consumida aumenta na frente de chama. Para uma frente de onda plana, como a da fig. 12.2, o volume de mistura queimado em cada incremento é constante, mas a massa de mistura no incremento aumenta com a distância percorrida pela chama.

Independentemente do formato da câmara existe uma relação entre o volume queimado e a massa queimada.

A relação é mostrada na fig. 12.3; diversos pesquisadores, partindo de condições iniciais diferentes, chegaram à mesma curva, o que mostra a independência existente entre a função  $m = f(V)$  e o formato da câmara.

Desde que o aumento de pressão é diretamente relacionado com a energia liberada na combustão, é

evidente a proporção que existe entre esse aumento de pressão e a massa queimada; é o que mostra também a fig. 12.3.

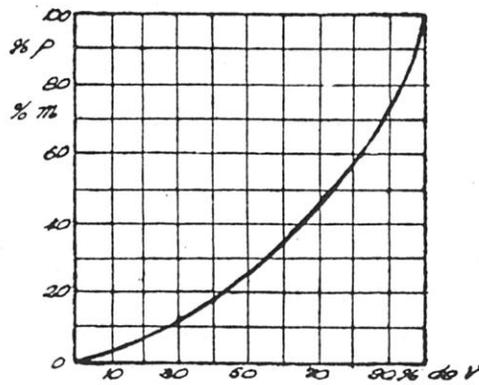
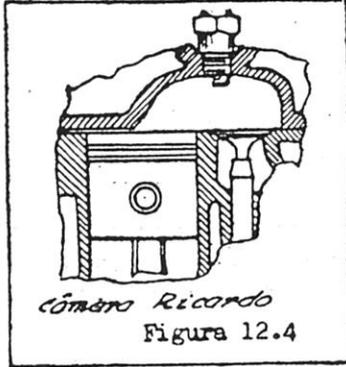


Figura 12.3

### 12.2 - Tipos de câmara

Até 1918 a única disposição usada era a de válvulas laterais; acreditava-se que a formação de turbilhões melhorasse a combustão, independentemente de sua origem. Atualmente

mente as câmaras de combustão seguem uma forma mais ou menos comum, obtida por Ricardo. A fig. 12.4 mostra a câmara de combustão criada por Ricardo, cujos princípios, com pequenas modificações, são usados até hoje.

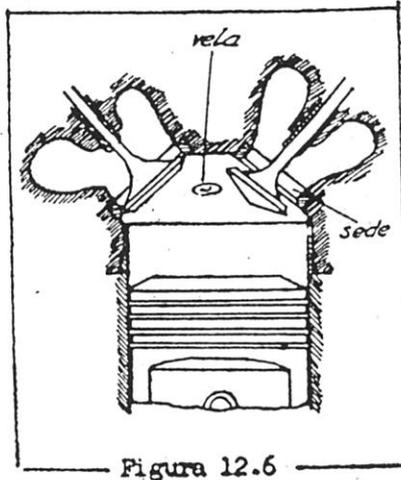
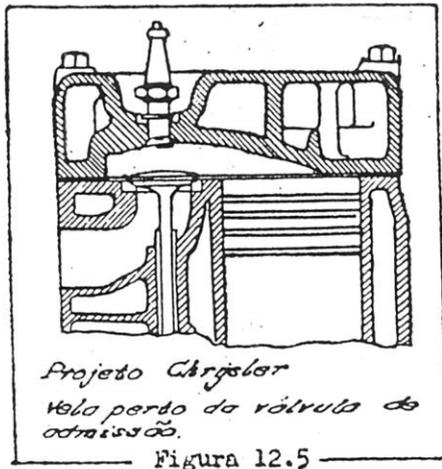


Procura-se com ela:

- 1) Criar uma melhor turbulência durante a compressão de modo a obter
  - a- um aumento da velocidade da chama,
  - b- melhor homogeneidade da mistura, eliminando a camada de gasolina que se deposita nas paredes da câmara.
- 2) Reduzir a detonação diminuindo o caminho a ser percorrido pela chama (o pistão pode se aproximar mais da cabeça do cilindro) e colocando a vela numa posição central.

A evolução das câmaras foi bastante grande e atualmente se pode classificar as câmaras existentes em três grupos, havendo porém algumas exceções:

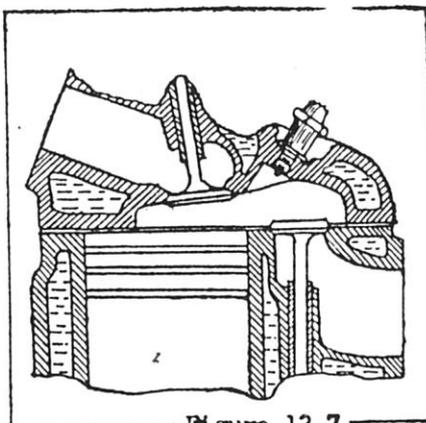
- tipo I - câmaras com válvulas laterais (fig. 7.1 e 12.5)
- tipo II - câmaras com cabeça hemisférica (fig. 12.6)
- tipo III - câmaras com válvulas na cabeça em linha



Todos os motores a explosão de alta potência e os diesel usam válvulas na cabeça, o mesmo ocorrendo em veículos automotivos à medida que as relações de compressão aumentam.

O motor de válvula na cabeça oferece as seguintes vantagens em relação ao de válvulas laterais:

- 1- facilidade de admissão de ar e conseqüentemente melhor rendimento volumétrico;
- 2- o ar permanece menos tempo em contato com superfícies quentes (melhor  $\eta_v$ );
- 3- menor espaço percorrido pela chama;
- 4- menor força nos parafusos do cabeçote e conseqüentemente menor possibilidade de fugas;
- 5- menor relação superfície-volume e conseqüentemente menor perda de calor;
- 6- mais fácil para fundir.



Por outro lado, a câmara de válvulas laterais tem mecanismo de válvulas mais simples e silencioso.

Alguns exemplos de motores atuais são os seguintes:

- válvulas na cabeça: Plymouth, Ford, Lincoln, Mercury, Chevrolet;
- câmara hemisférica: Alfa Romeo, Dodge,

Entre os motores que fogem à divisão acima mencionada, pode-se citar:

- Rolls-Royce: uma válvula lateral e uma na cabeça
- Mercedes: válvulas na cabeça e não em linha
- Rover: idem
- Willys Overland: 1 na cabeça e 1 lateral

As câmaras com cabeça hemisférica (baixa relação superfície/volume) são usadas em potências elevadas e para altas relações de compressão.

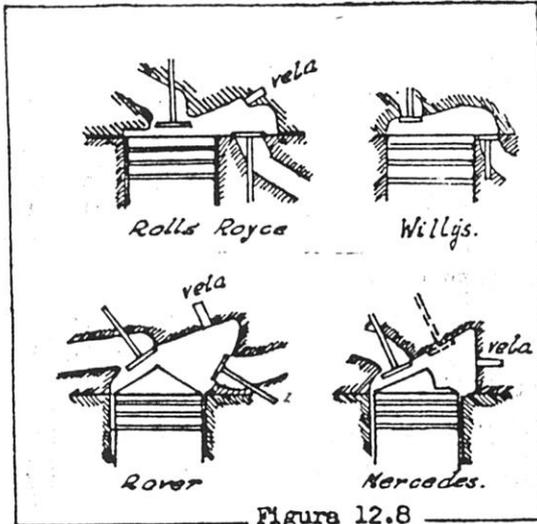


Figura 12.8

### 12.3 - Distribuição de volume

Uma das maneiras, que dispensa o cálculo analítico, para determinar a distribuição de volume dentro da câmara de combustão, consiste em preenchê-la com cera ou gesso, de maneira a obter o seu modelo (o método foi apresentado por A. Taub). Usina-se a peça assim formada com uma máquina cuja ferramenta de corte descreve superfícies esféricas. Recolhendo-se o material usinado, tem-se a distribuição de volume em função do avanço da ferramenta de usinagem, o qual corresponde ao caminho percorrido pela chama. Pode-se traçar com isso a curva de distribuição do volume em função do tra-

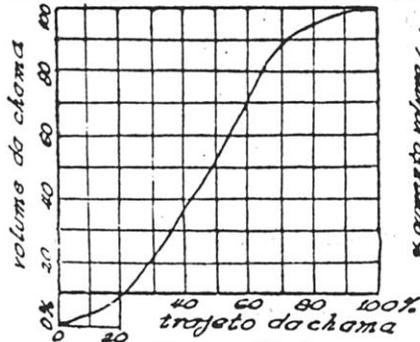


Figura 12.9

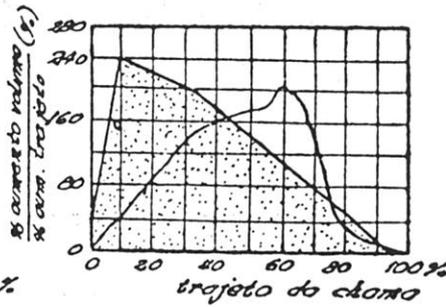


Figura 12.10

trato percorrido pela chama (fig. 12.9).

A razão de variação de volume com relação a esse valor é medida pela inclinação da curva; constroi-se assim a fig. 12.10 (linha de traço cheio). A área achurada representa uma curva empírica que a experiência mostra ser conveniente para evitar a detonação.

De fato vê-se pela curva sombreada que nos primeiros 10% do trajeto percorrido pela chama a maior parte da mistura já queimou e que fica para queimar no fim uma pequena parcela que é o requisito necessário para evitar a detonação.

Pode-se verificar que a câmara acima se afasta um pouco desse requisito. Se se utilizar uma câmara ligeiramente modificada como a da fig. 12.11, em que se modificou também a forma do pistão (que passou a ter a cabeça cônica e uma cavidade na parte superior), melhorar-se-á a distribuição de volume; essa câmara será conseqüentemente mais silenciosa que a anterior.

É claro que o processo exige diversos aperfeiçoamentos e somente após várias experiências é que se obtém o que se procura.

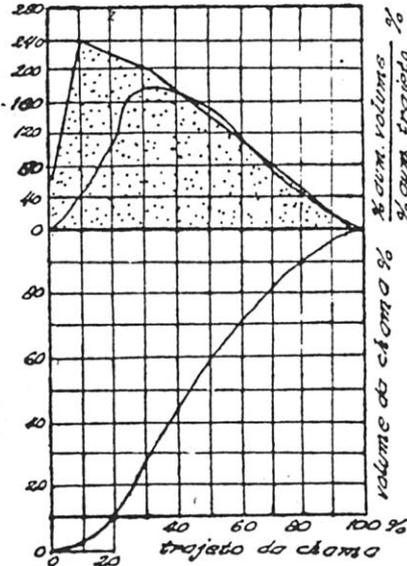


Figura 12.11

#### 12.4 - Motor a gás

Os motores a gás se dividem, fundamentalmente, em dois grupos:

- 1- pequenos motores que usam gás engarrafado como combustível;
- 2- grandes motores, usados em casos particulares, tendo como combustível gás natural.

Motores a gás podem funcionar também com gás pobre

obtido de gasogênio.

Os motores a gás não possuem carburador, mas sim uma válvula de mistura. O rendimento volumétrico se reduz .. (de 3 a 5%) quando comparado com um motor a gasolina. Esta redução é parcialmente compensada pela eliminação do ponto quente no tubo de admissão uma vez que o combustível já se encontra vaporizado.

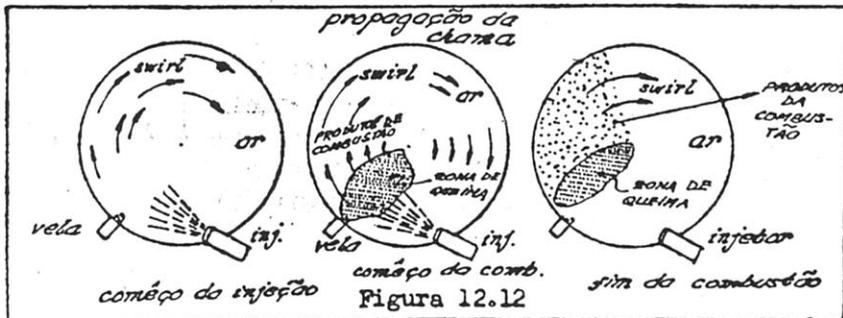
Algumas experiências já foram feitas com motores trabalhando a pressões de 250 psi (em motores 2T) e 400-450 psi (motores 4T) e até 600 psi (em motores 4T com sobrealimentação). Conseguem-se pressões assim elevadas utilizando-se uma mistura fraca de um combustível com grande atraso de ignição. Por outro lado, pelo fato de a mistura ser fraca, precisa-se de um sistema de ignição trabalhando com tensão mais elevada.

Os motores a gás encontram aplicações em lugares onde os gases são baratos. No Brasil seu uso é muito restrito.

### 12.5 - Motor de carga estratificada

O motor de carga estratificada é uma recente inovação introduzida pela Texaco. Consiste em uma câmara de combustão na qual se forma uma mistura não homogênea de ar e combustível. Além disso é um motor com injeção de combustível.

Dá-se um movimento de redemoinho ao ar e quasi no fim da compressão (50° antes do PMS) tem início a injeção de combustível, feita tangencialmente à câmara e com duração até o PMS. Cerca de 30° antes do PMS salta a faísca da vela que queima o combustível injetado, misturado com o ar que se encontra nas vizinhanças da vela.



Estabelece-se uma zona de combustão que se propaga principalmente a montante do jato. Forma-se uma chama estacionária. Esta é uma das características deste motor: a chama não se propaga ao longo da câmara, diminuindo assim a possibilidade de detonação pois a parte residual é constituída de ar ou gases queimados. Permite por isso uma grande taxa de compressão.

Não há necessidade de se regular a vazão do ar como recurso para variação da relação ar-combustível (como ocorre nos motores a explosão comuns). Apenas uma parte do ar é queimado, como nos motores Diesel.

Porém o motor de carga estratificada introduz novos problemas: a maior dificuldade no projeto da câmara, do injetor, da sincronização da injeção com a faísca, da turbulência.

Com relação à câmara de combustão estratificada pode-se dizer que:

- adiantando a injeção de combustível, facilita-se a detonação pela maior quantidade de combustível injetado antes da faísca;
- pode-se usar combustíveis com menor índice de octanas que nos motores a explosão, uma vez que a tendência a detonar é menor;
- a principal vantagem da câmara de combustão estratificada é que pode queimar vários combustíveis: gasolina, querosene ou óleo combustível;
- a combustão ineficiente é compensada pela maior taxa de compressão que se obtém;
- não há necessidade de borboleta para estrangular o ar, o que melhora a perda de carga e a combustão;
- o fato de funcionar com mistura fraca em baixas cargas faz o ciclo do motor se aproximar mais do ciclo teórico a ar e possibilita a queima de todo o combustível, melhorando portanto o consumo do mesmo.

Os motores de carga estratificada, quando comparados em base ao custo por unidade de potência (principalmente em carga parcial), têm-se mostrado mais baratos que os de explosão. Isso já não acontece quando comparados com um diesel, porém outras vantagens podem surgir: é de custo inici-

al menor que um diesel, pois para a mesma potência trabalha com pressões menores o que significa maior economia no projeto e na fabricação. Sua principal vantagem reside, porém, no fato de poder queimar vários tipos de combustível.

### 12.6 - A ignição por bateria

Os componentes de um sistema de ignição por bateria são: bateria, bobina de ignição, platinados (ruptor), condensador, distribuidor e vela. Sua distribuição pode ser representada esquematicamente pela figura 12.13.

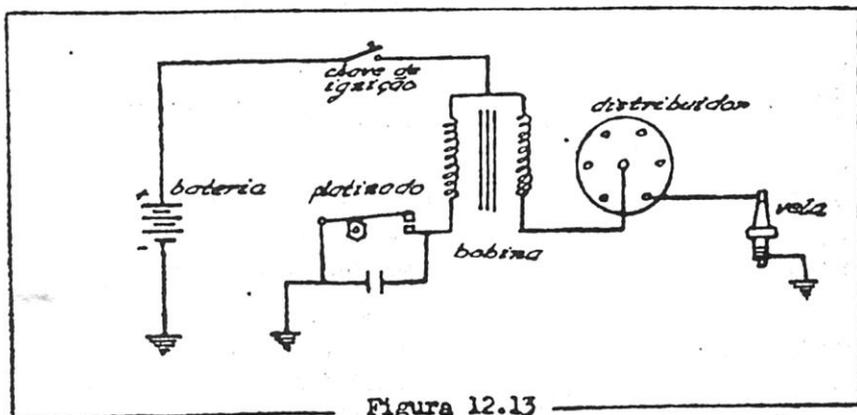


Figura 12.13

Os platinados e o distribuidor são construídos numa só peça, à qual se costuma dar o nome genérico de distribuidor.

O eixo que aciona o came dos platinados aciona também o rotor do distribuidor e gira a uma rotação igual à metade da do motor, quando este for de 4 tempos (fig. 12.14).

A bobina de ignição consiste em um auto-transformador com carcassa à prova d'água. O auto-transformador se encontra mergulhado num banho de óleo. O primário tem cerca de 200 espiras de fio de cobre nº 20 e o secundário cerca de 18.000 espiras de fio de cobre nº 38. O secundário é enrolado sobre o primário e os dois sobre um núcleo de ferro. Cada camada de espiras é separada da seguinte por papel oleado.

O sistema funciona da seguinte maneira:

Quando os platinados en-  
costam um no outro, fe-  
cha-se o circuito do pri-  
mário e a bateria faz  
passar uma corrente por  
este circuito. A varia-  
ção da corrente, de ze-  
ro até um certo valor,  
cria um campo magnético  
no auto-transformador  
que induz uma tensão no  
secundário. Porém essa  
tensão é insuficiente  
para vencer a distância  
entre os eletrodos de u-  
ma vela e fazer saltar  
a faísca.

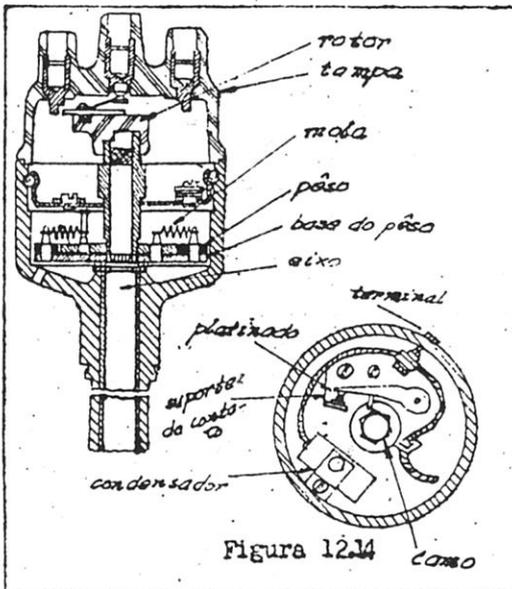


Figura 12.14 como

Quando a cor-  
rente atinge, no primá-  
rio, um valor razoável, os platinados se separam, provocando  
assim uma variação muito brusca de corrente no primário. Es-  
sa variação induz no secundário uma tensão bastante elevada.

Se não houvesse o condensador, ao se abrir os pla-  
tinados saltaria entre eles uma faísca. Havendo o condensa-  
dor isso não acontece; essa energia é desviada para se acumu-  
lar nas suas placas. Além disso a existência do condensador  
aumenta a variação de corrente no primário. Sem ele iria a-  
té zero, com ele cai abaixo de zero conforme se vê represen-  
tado na fig. 12.15.

Com isso pode-se atingir no secundário tensões de  
10.000 até 20.000 volts. Para distâncias normais entre ele-  
trodos, 10.000 V seriam suficientes para fazer saltar a faís-  
ca, porém é conveniente poder dispor de uma tensão maior,  
por causa de velas que tenham a distância entre os eletrodos  
maior que a correta.

A fig. 12.15 mostra o que acontece com a corrente  
no primário da bobina. Quando se fecham os platinados, a cor-  
rente sobe de A até B; ao se abrirem a corrente cai até D  
(sem condensador iria até C). A seguir o condensador des-  
carrega a energia que acumulou em suas placas criando uma cor-

rente em sentido contrário. Surgem oscilações amortecidas que têm uma frequência de mais ou menos 3.000 ciclos por segundo.

Com uma bateria de 6 V pode-se obter no primário uma corrente de 4 A. A corrente induzida no se-

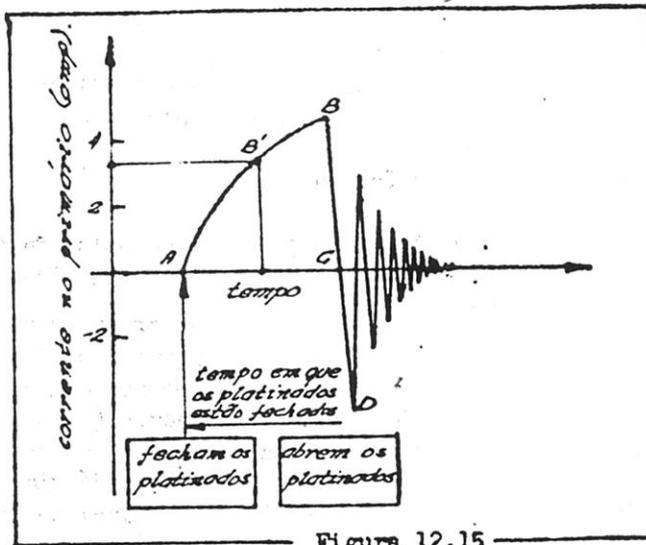
condário por sua vez induz outra no primário no valor de cerca de 120 a 150 V. A do secundário é de cerca de 12.000 a 15.000 V (com a bobina em vazio; a introdução da vela faz a tensão cair para uns 10.000 V ou pouco menos).

A faísca na vela ocorre quando a corrente no primário varia de B até C. Uma vez iniciada a faísca a mistura se ioniza e é capaz de manter o arco mesmo com tensões inferiores a 1.000 V.

O tempo de abertura dos platinados é de 0,0001 segundo (2° do virabrequim para  $n = 3.600$  rpm) e o tempo de duração da faísca 0,001 segundo (22° do virabrequim para  $n = 3600$  rpm).

A distribuição é feita de maneira que receba tensão a vela cujo pistão está quasi no PMS do curso de compressão.

A corrente no primário varia com a velocidade do motor. Se esta aumenta, haverá menos tempo para a corrente subir e os platinados abrirão quando a corrente estiver ainda num valor menor (B' na fig. 12.15). Essa é a razão de não se construir cames com mais de 8 lóbulos e é também uma das razões de se introduzirem os sistemas com 12 V (a outra



razão é o aumento da compressão nos motores modernos).

O tempo durante o qual os platinados permanecem abertos denomina-se "dwell" e o ângulo de "dwell" vem a ser o ângulo descrito pelo eixo do distribuidor durante esse tempo. O "dwell" depende da forma do came do distribuidor. Quanto mais agudos forem os lóbulos, tanto menor o "dwell".

### 12.7 - Avanço de faísca

O ponto correspondente ao salto da faísca num motor a explosão varia conforme a sua velocidade e carga.

Essa regulação é feita por um avanço a vácuo e um avanço centrífugo. O avanço a vácuo é utilizado porque a mistura rica em potências altas exige menor avanço de faísca que a mistura pobre do regime de economia (quando então a velocidade de propagação da chama é menor). O avanço centrífugo é para compensar o aumento de rotação. Já vimos que o ângulo descrito pelo virabrequim durante o qual se processa a combustão é praticamente constante, independente da rotação do motor; isso porque o aumento de rotação é compensado pela maior turbulência que acarreta um aumento da velocidade de propagação da chama e uma diminuição do tempo de combustão.

O avanço centrífugo é obtido por duas peças que giram com o eixo do distribuidor e retidas por molas. Crescendo a rotação, elas tendem a se projetar para fora avançando o instante de abertura dos platinados (fig. 12.16).

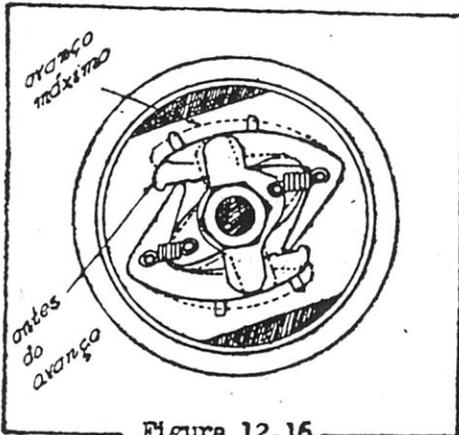


Figura 12.16

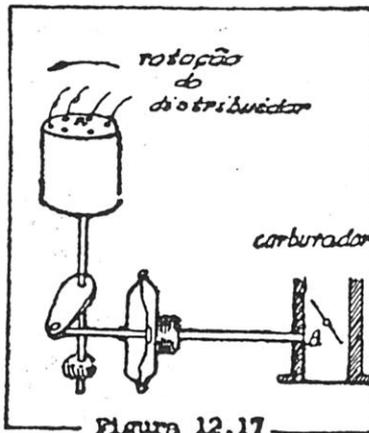
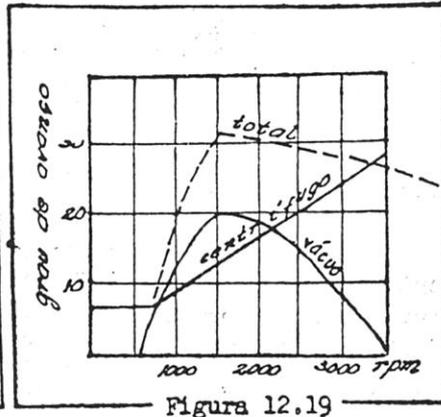
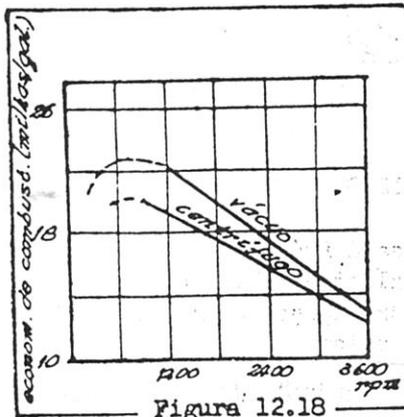


Figura 12.17

O avanço a vácuo é obtido ligando-se um diafragma, preso ao prato do distribuidor, ao vácuo criado no carburador pela aspiração do motor. A tomada de vácuo se faz num orifício colocado pouco antes da borboleta do acelerador (A na fig. 12.17) do lado de entrada do ar. Consegue-se assim que o avanço criado pelo vácuo seja pequeno em marcha lenta. Acelerando um pouco o motor, o vácuo aumenta bastante no orifício e portanto no diafragma; abrindo-se mais ainda a borboleta o vácuo passa por um máximo e começa a cair.

As curvas que dão os avanços dos dois conjuntos (a vácuo e centrífugo) estão representadas na fig. 12.19, bem como o grau de avanço total.

A economia que o avanço a vácuo introduz pode ser observada na fig. 12.18.



### 12.8 - A ignição por magneto

Em alguns casos é desejável uma unidade mais compacta para fazer a ignição da mistura. Por essa razão alguns tipos de motores como os de aviões, de carros de corrida, motores para fazendas usam ignição por magneto.

Os componentes do sistema de ignição por magneto são os indicados na fig. 12.20.

Consiste de um rotor magnético girando entre as sa patas de um estator no qual se encontram enrolados o primário e o secundário de um auto-transformador, os platinados,

o condensador e o conjunto distribuidor.

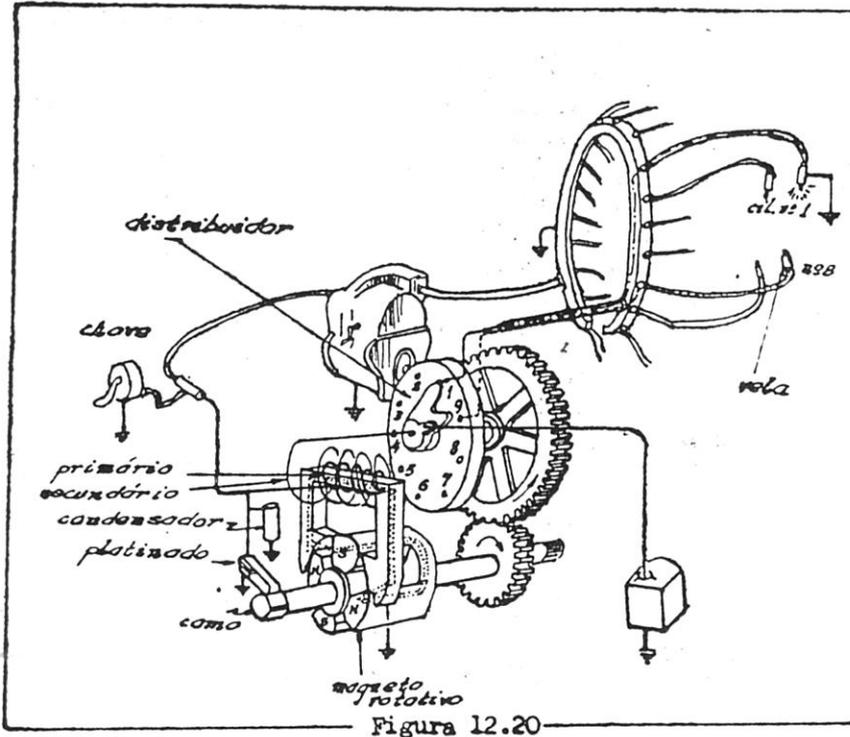


Figura 12.20

Quando o rotor girar, será induzida no primário do auto-transformador uma corrente alternativa, porém insuficiente para induzir no secundário uma tensão capaz de vencer a distância entre os eletrodos das velas.

Para isso é previsto um conjunto de platinados que se abre por um came comandado pelo eixo do rotor, justamente quando a corrente no primário atinge o máximo.

O condensador tem a mesma finalidade que no sistema de ignição por bateria. Consegue-se assim induzir uma tensão elevada no secundário que faz saltar uma faísca entre os eletrodos das velas.

Um magneto funciona bem em alta rotação e mal em baixa, por que em alta rotação diminui o tempo de abertura dos platinados.

O motor pode ser parado, simplesmente aterrando o primário do auto-transformador, quer pela chave de ignição quer manualmente.

A tensão induzida cresce quando aumenta a rotação do motor, justamente o contrário do que acontece no sistema de ignição por bateria. Por essa razão os magnetos são geralmente preferidos pelos carros de corrida com rotação acima de 4000 rpm.

### 12.9 - Outros sistemas

Alguns sistemas de ignição nova estão sendo pesquisados e se encontram mesmo à venda como optativos em algumas marcas de carros.

Um utilizado em aviação consiste em um sistema por magneto no qual o secundário tem baixa tensão (cerca de 350 V). Essa baixa tensão vai ter então à vela a qual possui um transformador incorporado que a eleva para o valor desejado. Dessa maneira a alta tensão percorre apenas um curto trajeto, diminuindo as perdas provocadas pela altitude (por causa da baixa densidade do ar) e pela umidade do ar, reduzindo também a interferência em aparelhos de rádio.

Um outro tipo é o sistema transistorizado, que substitui os platinados com a vantagem de eliminar algumas partes móveis e diminuir o tempo de corte da corrente no primário. Reduzindo o tempo do transitório consegue-se tensões mais elevadas em altas rotações (cerca de 50%).

Os platinados são um dos pontos fracos dos sistemas clássicos porque apesar de construídos com as melhores ligas de tungstênio ainda assim estão no limite de resistência à densidade de corrente. No último instante de contato a densidade de corrente atinge valores de até 1 milhão de amperes por polegada quadrada, o que dá uma temperatura de até 3.400 °C. Nessa temperatura o tungstênio funde e pequenas porções são transferidas do polo positivo para o negativo. Além disso, no instante do rompimento salta um arco cuja temperatura atinge 5.000°C, suficiente para vaporizar o tungstênio e condensá-lo no outro polo.

Dizem os fabricantes (Autolite) que este sistema

se comporta melhor que o de magneto para altas rotações e o clássico de bateria para baixas rotações. Já se encontra à venda em alguns lugares, por cerca de 50 dólares, e pode ser adaptado em qualquer carro.

### 12.10 - Velas

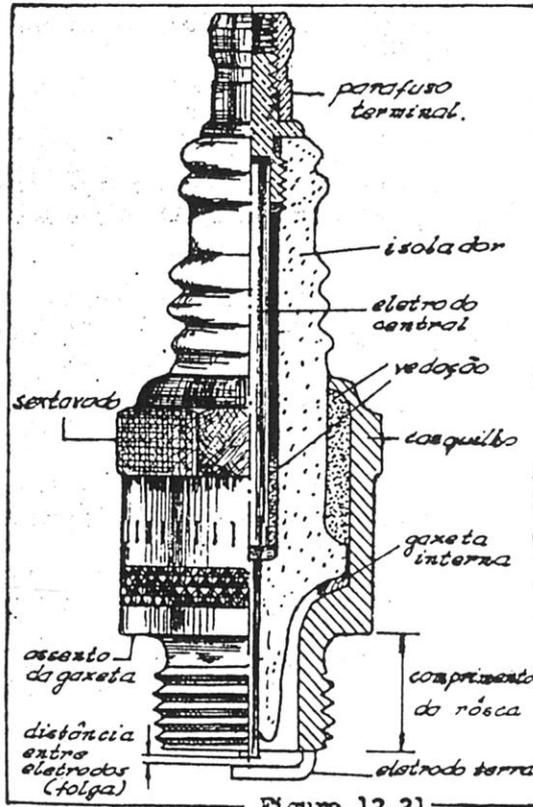
A função das velas é conduzir o potencial elevado, criado na bobina, para dentro da câmara de combustão, e fazer saltar uma faísca entre os seus eletrodos, que servirá como fonte de ignição para a mistura de ar e combustível.

A sua construção está indicada na fig. 12.21.

O material do eletrodo, a fim de resistir às altas sollicitações que sofre, deve ser platina ou liga de níquel-cromobário.

Na formação do arco entre os eletrodos da vela influem os seguintes elementos:

- 1- A distância entre os eletrodos. Quanto maior a distância, maior a tensão exigida ( $V = C \cdot \gamma \cdot d$ , sendo C uma constante do eletrodo,  $\gamma$  seu peso específico e d a distância).
- 2- A forma dos eletrodos. Eletrodos pontiagudos exigem menor tensão.
- 3- A temperatura dos eletrodos. Quanto maior, menor a ten-



são.

- 4- A densidade da mistura. Densidades elevadas exigem tensões altas. Esta é uma das razões da introdução dos sistemas de 12 volts nos motores de alta compressão.
- 5- A resistência do isolante a fugas. Algumas substâncias podem formar uma cobertura condutiva sobre o isolante, que funciona como "shunt", fazendo saltar o arco por esse caminho e não pelos eletrodos. A tensão exigida será então menor.
- 6- A razão de crescimento da tensão. Se a tensão crescer muito depressa, o efeito de fuga diminuirá e será necessária uma maior tensão para fazer saltar o arco.
- 7- A presença de gases ionizados entre os eletrodos.
- 8- A relação ar-combustível. Uma mistura fraca precisa maior tensão que uma mistura rica.
- 9- O material do eletrodo.

Por outro lado, o arco deve queimar a mistura, e os fatores que influem sobre a ignição são:

- 1- Uma mistura de ar e combustível deve estar presente entre os eletrodos. Por essa razão pode-se preferir a colocação da vela próximo à válvula de admissão, aumentando-se, porém, com isso as probabilidades de detonação.
- 2- Há uma distância ideal entre os eletrodos, que possibilita uma ignição regular, especialmente em cargas reduzidas, quando a diluição da carga fresca pelos gases queimados aumenta.
- 3- Uma mistura de alta densidade exige maior energia para fazer saltar a faísca e portanto aumenta a probabilidade de ignição.
- 4- A ignição melhora quando se utiliza uma mistura ligeiramente rica, pois menos gases inertes se localizam entre os eletrodos.
- 5- A posição da vela e dos eletrodos na câmara de combustão.

Esses fatores, ligados entre si, podem se opor aos necessários para fazer saltar o arco.

Em motores de automóveis as folgas entre os eletrodos variam de 0,020 a 0,040 de polegada, ao passo que em velas para aviação folgas de 0,012 a 0,016 polegada são necessárias em virtude de maior facilidade de o arco saltar ao longo do isolante e não entre os eletrodos. Em velas de aviação usam-se ainda vários eletrodos de terra para diminuir a possibilidade de folga grande. Conforme ocorra o desgaste de um eletrodo, o arco se formará através dos outros, até que se dê em todos ao mesmo tempo.

O isolante das velas deve ter uma alta resistência elétrica e resistir perfeitamente às variações de temperatura que podem ir desde vários graus abaixo de zero, quando o motor está frio, até temperaturas bastante elevadas; deve resistir também aos choques mecânicos, a que está sujeita a vela; deve ser um bom condutor de calor e quimicamente inerte aos gases de combustão.

O isolante é atualmente construído a partir de óxidos de silício e alumínio e coberto com uma capa de silício (que lhe dá a aparência brilhante) para diminuir a aderência de carbono, óleos, graxas e umidade que facilitariam o salto do arco pelo isolante e não pelos eletrodos.

A ponta do isolante, da qual emerge o eletrodo central, não é coberta com a capa protetora de silício, porque este, em temperaturas elevadas, é capaz de reagir com o chumbo tetraetila da gasolina e formar um silicato de chumbo que é um bom condutor de eletricidade em altas temperaturas (não sendo facilmente diagnosticado em analisadores de velas comuns, que medem em temperatura ambiente).

A temperatura do isolante é função de:

- temperatura de combustão
- rotação do motor
- a distância que o calor deve percorrer até atingir o líquido refrigerante
- a condutividade térmica do material
- a espessura do material.

As velas podem ser classificadas em dois grupos, conforme a solicitação que se irá fazer delas: velas frias e velas quentes (fig. 12.23).

Denomina-se vela fria aquela cuja passagem de calor para o cabeçote do motor é fácil, razão pela qual a vela permaneceria "fria". É usada em motores de alta rotação e à plena carga pois não traz o perigo da detonação.

Uma vela quente é utilizada em motores de baixa rotação e cargas parciais, porque queima qualquer depósito de carbono, proveniente de uma combustão incompleta, que se fizer sobre ela.

Um automóvel ou caminhão trabalhando na cidade, usando com frequência a marcha lenta, deve utilizar uma vela quente ao passo que se for dirigido com mais frequência em serviço pesado ou alta velocidade, deve utilizar uma vela fria.

A gama de calor (heat range) de uma vela é medida em laboratório por um motor padrão (a Champion, por exemplo, usa um motor de um cilindro com uma cilindrada de 17,6 min).

A temperatura da câmara de combustão é aumentada por uma sobrealimentação do motor.

O motor testa as velas e fornece uma curva como a da fig. 12.22.

A aparência das velas, devidamente interpretada, pode constituir uma boa fonte de informações sobre o que ocorre no motor.

As velas normais têm sedimentos de cor marrom ou cinza claros e um leve desgaste nos eletrodos. A limpeza e

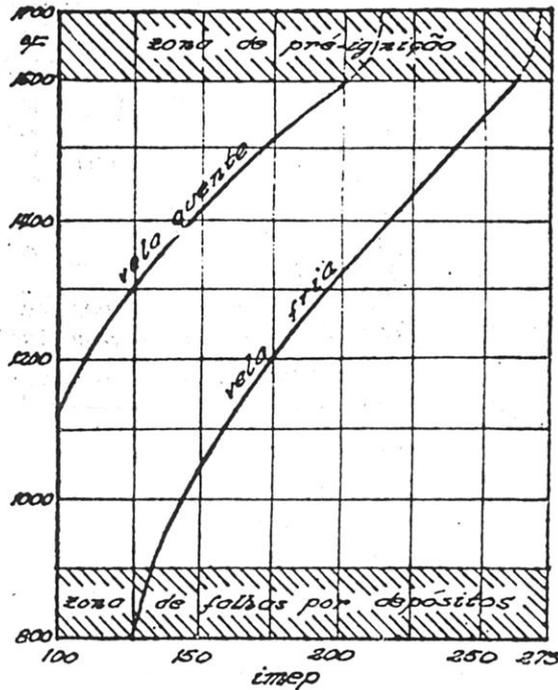


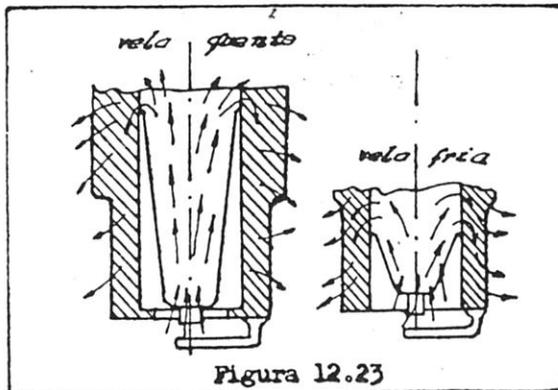
Figura 12.22

ajuste dos eletrodos normalizará o seu funcionamento.

Quando as velas se apresentarem com depósitos de carvão, estes podem ser motivados pelo excessivo funcionamento em marcha lenta, por velocidades baixas ou paradas e partidas sucessivas do motor, o que dá uma temperatura baixa na vela que a torna incapaz de queimar os depósitos de carvão, que tem uma aparência seca, negra e um pouco pastosa. Deve se procurar uma vela mais quente capaz de queimar esses depósitos.

Quando os anéis têm muita folga deixam passar óleo para a câmara de combustão. Deposita-se então sobre a ponta do isolante uma camada dura e brilhante de carbono. Usar nesse caso uma vela mais quente.

Uma vela queimada ou superaquecida se apresenta com a ponta do isolante esbranquiçada ou queimada e os eletrodos bastante erodidos. Podem pro-



vocar isso: um resfriamento ineficiente do motor, distribuição de ignição inadequada ou combustível errado. Serviços pesados ou alta rotação podem também apresentar essas características, o que é um sinal de que se deve utilizar uma vela mais fria,