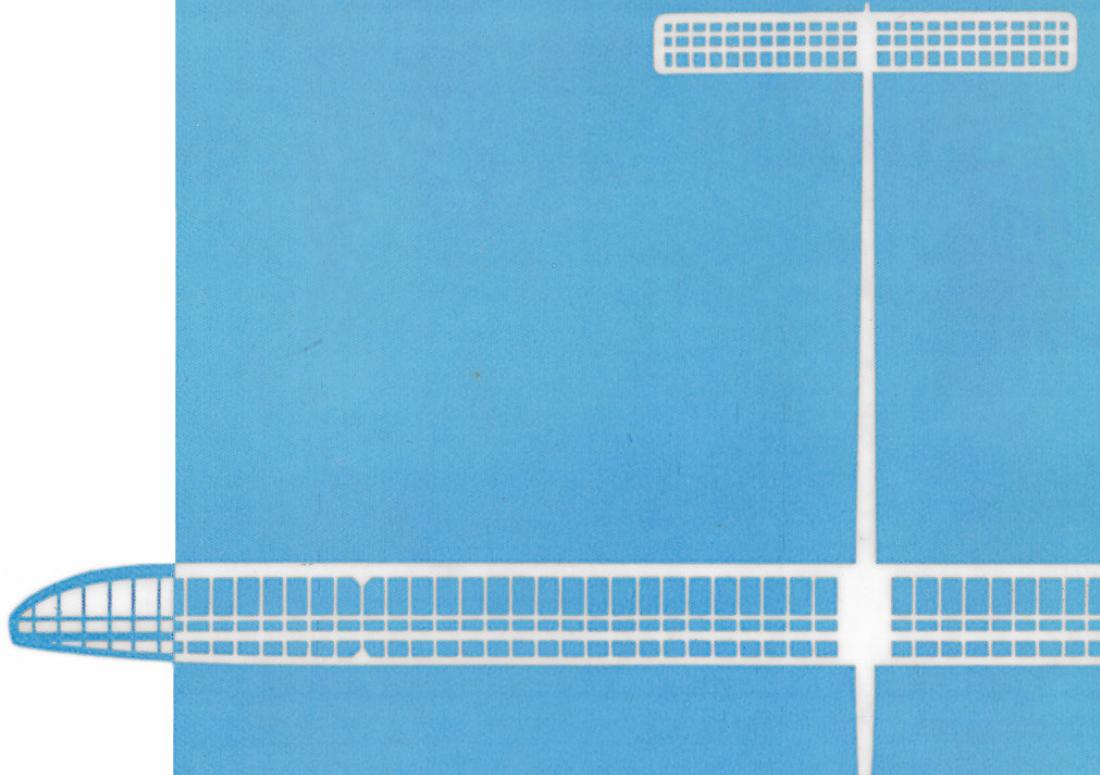


JOSÉ CARLOS RODRIGUES

AEROMODELISMO



TEÓRICO E PRÁTICO

JOSÉ CARLOS RODRIGUES

AEROMODELISMO
TEÓRICO E PRÁTICO

DESENHOS DE ANTÓNIO BARATA E DO AUTOR

NOVEMBRO DE 1964

SERVIÇO DE PUBLICAÇÕES
DA MOCIDADE PORTUGUESA

VERSÃO DIGITAL COMEMORATIVA
DOS 40 ANOS DE EDIÇÃO

POR
JOSÉ MANUEL PADINHA COLAREJO
E
JOSÉ CARLOS RODRIGUES
C.A.L. – 2004

AEROMODELISMO é a ciência que estuda o aeromodelo – aparelho voador de dimensões reduzidas, não susceptível de transportar um ser humano.

O Aeromodelismo desenvolve a habilidade manual e estimula o interesse pelos assuntos relativos à Aviação, através da aplicação prática de ideias e teorias baseadas na técnica aeronáutica.

É ainda excelente actividade educativa ao exigir perseverança, precisão, raciocínio, método e camaradagem.

PREFÁCIO DA EDIÇÃO DIGITAL

Quarenta anos são passados!

Recordo-me como se fosse hoje de, quando jovem estudante e instruendo de aeromodelismo, frequentar o Centro Técnico de Aeromodelismo, na Casa da Mocidade, situada na Rua Almeida Brandão, em Lisboa, e, para os meus olhos deslumbrados de iniciado na modalidade, ver uns senhores importantes do Aeromodelismo a preparar planos de construção, motores e outros materiais que viriam a ser distribuídos pelos vários Centros de Aeromodelismo, localizados em diversas escolas secundárias e liceus, de norte a sul do País.

Era um tempo em que, independentemente de outras considerações políticas, que não têm nada a ver com o Aeromodelismo, o Estado acarinhava e fomentava a divulgação e prática da modalidade. E em que a Mocidade Portuguesa organizava campeonatos nacionais com a presença de algumas centenas de jovens praticantes.

Entre esses senhores, lembro-me de ver dois deles muito atarefados, a preparar uma imensidão de desenhos a tinta da china, em papel branco. Eram José Carlos Rodrigues e António Barata. E os desenhos destinavam-se ao livro “Aeromodelismo – Teórico e Prático”. Esses mesmos desenhos que agora – digitalizados a partir dos originais, pelo próprio José Carlos Rodrigues – compõem esta edição digital do mesmo livro.

Estava-se em 1964. Nos anos que se seguiram, este livro foi a “Bíblia” de mais do que uma geração de aeromodelistas portugueses. Ao longo de todos estes anos, muitas informações aqui tenho vindo buscar, não só para uso próprio, mas também para utilizar em acções de formação e divulgação.

Ao longo da minha vida, tive oportunidade de consultar bastante literatura da especialidade, sobretudo em língua inglesa. Também adquiri ou tomei conhecimento de alguma literatura portuguesa sobre a matéria. Mas nunca encontrei nada de comparável a esta obra, em termos da acessibilidade de compreensão (dada a simplicidade da sua exposição) e da vastidão da informação nela contida.

Quarenta anos são passados. Mas, a menos do estilo de alguns desenhos, que denuncia a época em que eles foram executados – mas isso só contribui para o “charme” da obra – todos os conceitos teóricos e práticos expostos permanecem plenamente válidos. E se, entretanto, outras técnicas de construção apareceram, não é por isso que as aqui apresentadas perderam interesse ou validade técnica.

Para além da homenagem à Obra e ao Autor, espero que esta edição digital, agora disponível no site do C.A.L., seja um contributo para a formação de, pelo menos, mais outra geração de aeromodelistas.

A José Carlos Rodrigues, o meu agradecimento, não só por nos ter disponibilizado a sua propriedade intelectual, mas também pelo árduo esforço na digitalização de todas as figuras e na revisão final desta edição.

Lisboa, 5 de Junho de 2004
José Colarejo

ÍNDICE

Capítulo I – TEORIA DO VOO – FUNDAMENTOS

| | |
|---|----|
| ELEMENTOS DE AERODINÂMICA | 1 |
| TÚNEIS AERODINÂMICOS | 1 |
| RESISTÊNCIA DO AR | 3 |
| SUSTENTAÇÃO | 7 |
| Teorema de Bernoulli | 11 |
| FENÔMENO DA PERDA | 14 |
| CENTRO DE PRESSÕES | 14 |
| CENTRO DE GRAVIDADE | 16 |
| PERFIL ALAR | 17 |
| Características geométricas | 18 |
| Características aerodinâmicas | 19 |
| Forma dos perfis | 20 |
| Polar | 22 |
| Curvas características do perfil | 24 |
| Número de Reynolds | 26 |
| Desenho de perfis | 27 |
| Escolha de perfis | 29 |
| Cotas de perfis | 30 |
| ALONGAMENTO ALAR E RESISTÊNCIA INDUZIDA | 37 |
| VOO PLANADO E VOO COM MOTOR | 39 |
| ESTABILIDADE | 40 |
| ESTABILIDADE LONGITUDINAL | 41 |
| ESTABILIDADE LATERAL | 43 |
| ESTABILIDADE DE ROTA | 45 |
| Centro de área lateral | 46 |
| Eixo de rolamento | 47 |

Capítulo II – O HÉLICE

| | |
|--|----|
| COMO ACTUA O HÉLICE | 50 |
| EFEITO DE <i>TORQUE</i> | 52 |
| EFEITO GIROSCÓPICO | 52 |
| CÁLCULO E ESCOLHA DO HÉLICE | 53 |
| Hélices para motores de borracha | 53 |
| Hélices de roda livre e de pás dobráveis | 54 |
| Hélice monopá | 56 |
| Hélices para motores de explosão | 56 |
| DESENHO DO HÉLICE | 59 |
| CONSTRUÇÃO DO HÉLICE | 61 |

Capítulo III – AFINAÇÃO E CENTRAGEM

| | |
|--|----|
| AFINAÇÃO | 63 |
| CENTRAGEM | 68 |
| O modelo cabra | 70 |
| O modelo pica | 71 |
| O modelo afunda-se | 73 |
| O modelo inclina-se lateralmente | 73 |

Capítulo IV – VENTOS E ASCENDÊNCIAS

| | |
|---|----|
| VENTOS | 75 |
| ASCENDÊNCIAS | 76 |
| Ascendências de origem orográfica | 76 |
| Ascendências de origem térmica | 79 |

Capítulo V – O MOTOR

| | |
|--|-----|
| MOTORES DE BORRACHA | 85 |
| PREPARAÇÃO DA MEADA | 86 |
| LUBRIFICAÇÃO | 88 |
| RODAGEM | 88 |
| CARGA MÁXIMA | 89 |
| MOTORES DE PISTÃO | 91 |
| ÓRGÃOS DO MOTOR | 92 |
| FUNCIONAMENTO DO MOTOR | 94 |
| CARACTERÍSTICAS DO MOTOR | 95 |
| COMBUSTÍVEL | 99 |
| Combustível <i>diesel</i> | 100 |
| Combustível <i>glow-plug</i> | 101 |
| REGULAÇÃO E AFINAÇÃO DE MOTORES | 102 |
| Motores <i>diesel</i> | 103 |
| Motores <i>glow-plug</i> | 105 |
| A vela é demasiado fria | 109 |
| A vela é demasiado quente | 109 |
| Escala de temperaturas. | 109 |
| RODAGEM | 111 |
| CONSERVAÇÃO DOS MOTORES | 112 |
| MOTORES DE REACÇÃO | 112 |
| DEPÓSITO DE COMBUSTÍVEL | 116 |
| Forma do depósito | 116 |
| Posição do depósito | 118 |
| Depósitos para modelos de Acrobacia. | 119 |
| Depósitos para modelos de Velocidade | 120 |

| | |
|--|-----|
| Capítulo VI – A SALA DE AEROMODELISMO | 123 |
| Capítulo VII – FERRAMENTAS E UTENSÍLIOS | 125 |
| Capítulo VIII – MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO | |
| MADEIRAS | 127 |
| METAIS | 128 |
| COLAS | 128 |
| VERNIZES | 128 |
| DIVERSOS | 129 |
| Capítulo IX – A CONSTRUÇÃO | |
| A ASA | 131 |
| Nervuras | 131 |
| Bordos de ataque | 132 |
| Bordos de fuga | 133 |
| Longarinas | 134 |
| Bordos marginais | 136 |
| Montagem | 136 |
| Tipos especiais de asa | 140 |
| A FUSELAGEM | 141 |
| AS EMPENAGENS | 147 |
| O TREM DE ATERRAGEM | 149 |
| O gancho de lançamento | 150 |
| Trens de Voo Circular | 151 |
| ENTELAGEM E ACABAMENTO | 154 |
| Entelagem | 154 |
| Acabamento | 156 |
| Capítulo X – LANÇAMENTOS | |
| PLANADORES | 158 |
| MODELOS COM MOTOR DE BORRACHA | 160 |
| MOTOMODELOS | 163 |
| Subida à esquerda, planeio à direita, e vice-versa | 165 |
| Subida e planeio no mesmo sentido | 166 |
| VOO CIRCULAR COMANDADO | 167 |
| Treinos de voo circular | 170 |
| Elementos de comando | 170 |
| VELOCIDADE | 172 |
| O comando em voo | 175 |
| CORRIDAS | 176 |
| Preparação do piloto | 177 |
| Preparação do mecânico | 178 |
| Motor e hélices | 179 |
| ACROBACIA | 181 |
| Motores e hélices | 183 |

Capítulo XI – PROJECTO DE MODELOS

| | |
|---|-----|
| PLANOS SUSTENTADORES | 185 |
| FUSELAGEM | 188 |
| PLANADORES, TIPO «NÓRDICO A - 2» | 190 |
| BORRACHAS, TIPO «WAKEFIELD» | 192 |
| MOTOMODELOS, TIPO «CAMPEONATO DO MUNDO» | 194 |
| VELOCIDADE, SÉRIE I | 196 |
| CORRIDAS, SÉRIE I. | 198 |
| ACROBACIA | 200 |

Capítulo XII – HISTÓRIA BREVE DO AEROMODELISMO PORTUGUÊS

| | |
|---|-----|
| 1907 – João Gouveia | 202 |
| 1929 – Concurso de Maquetas | 203 |
| 1936 – Ricardo de Sousa Lima | 203 |
| 1937 – A primeira prova desportiva | 204 |
| Dezembro de 1937 – Fundação da L.I.P.A. | 205 |
| O G.I.A. | 207 |
| O Aeromodelismo na M.P. | 207 |
| O Voo Circular | 208 |
| O Clube de Aeromodelismo de Lisboa | 209 |
| A Direcção-Geral da Aeronáutica Civil | 211 |

CAPÍTULO I

TEORIA DO VOO FUNDAMENTOS

ELEMENTOS DE AERODINÂMICA

Para se conseguir que um aeromodelo execute um voo harmonioso e equilibrado, não basta apenas aplicar, durante a fase de construção, os mil cuidados e rigores indispensáveis ao perfeito ajuste de todas as peças e à montagem correcta das estruturas. Torna-se absolutamente necessário conhecer, pelo menos, os rudimentos das leis fundamentais do voo, isto é, como se comportam os diversos corpos ao deslocarem-se no seio do ar e as reacções que esses movimentos originam.

Sem a pretensão de querermos aprofundar a matéria, demasiado vasta e complexa para caber na índole de uma publicação como esta, tratemos dos chamados fenómenos aerodinâmicos, para que se fique com uma ideia geral do fundamento das forças que actuam num aerodino em voo.

TÚNEIS AERODINÂMICOS

Antes de entrarmos na análise dos fenómenos que dão origem à resistência do ar, vejamos como e onde se estudam esses fenómenos.

Todos os corpos, que se deslocam inteiramente na atmosfera, estão sujeitos, por virtude do atrito e reacção do ar, a certas forças que determinam o seu comportamento. Normalmente, as experiências relativas a esse comportamento são efectuadas em *túneis aerodinâmicos*, considerados autênticos laboratórios do ar, onde se reproduzem condições de voo e se estuda a acção do ar sobre perfis de asas, hélices, aeromodelos e até sobre aviões reais.

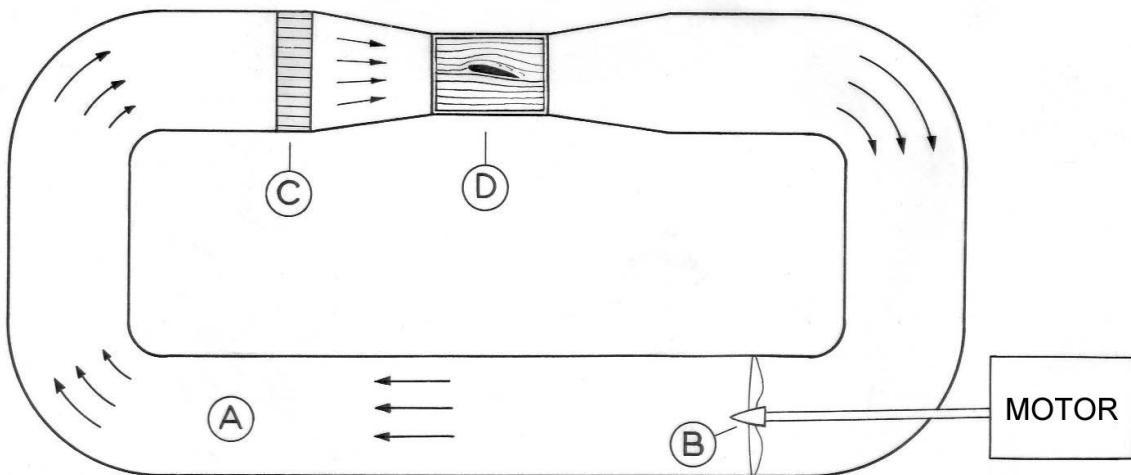


Fig. 1 – Esquema simplificado de um túnel de circulação fechada

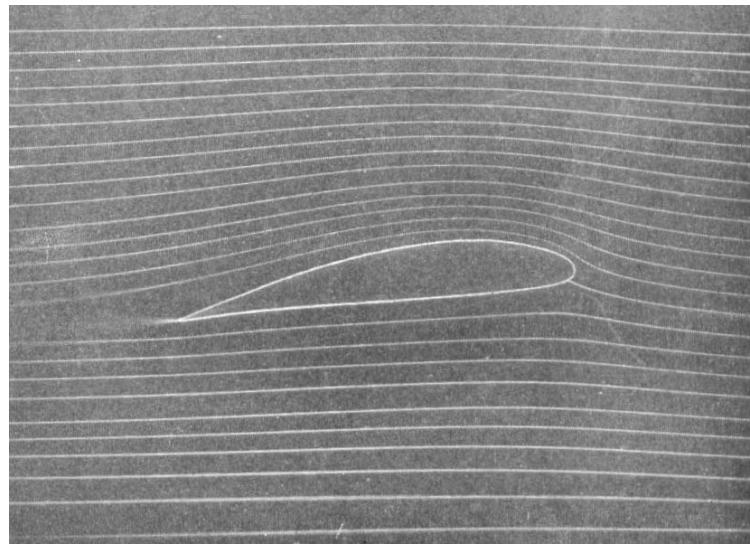
Os túneis aerodinâmicos, dos quais se dá um exemplo na figura 1, são constituídos, geralmente, por uma conduta (**A**), no interior da qual está instalado um compressor (**B**), accionado por um motor, que imprime determinada velocidade ao ar. Este passa por um filtro celular (**C**), que tem por missão fornecer à câmara de provas (**D**), onde se encontra o corpo para estudo, uma corrente de ar, isenta de turbilhões, isto é, um jacto certo, constituído por camadas de trajectórias rectilíneas e paralelas, a que se dá o nome de *linhas de corrente* ou *veia fluída*.

As linhas de corrente não são mais do que a representação gráfica da trajectória das moléculas do ar, no seu movimento.

O corpo a estudar é ligado, na câmara de provas, a balanças especiais e outros instrumentos de medida, para se poderem calcular com precisão os valores das forças que intervêm no voo.

Muitas vezes interessa apenas verificar os fenómenos e, nestes casos, costuma juntar-se ao ar, depois do filtro, gases coloridos ou fumos brancos, para que as linhas de corrente sejam visíveis a olho nu e fotografadas (fig. 2).

Fig. 2 – Espectro aerodinâmico de um perfil alar (foto Lippisch).



À imagem que representa as linhas de corrente em torno do corpo ensaiado chama-se *espectro aerodinâmico*.

Importa agora esclarecer que, quer um corpo se desloque a uma certa velocidade no ar calmo, quer seja uma corrente de ar de velocidade igual a investir o corpo, a acção exercida pelo ar sobre o corpo é a mesma, isto é, os fenómenos aerodinâmicos que se notam no caso de um avião voando, no ar em repouso, são idênticos aos que se verificam com o caso do avião parado e o ar em movimento.

Assim, segundo este princípio, se adoptaram, por comodidade de estudo e compreensão, os túneis aerodinâmicos, cujo sistema, como vimos, considera os corpos fixos atacados por uma corrente de ar.

Posto isto, tomemos finalmente contacto, embora elementar, com os fenómenos que dão origem à resistência do ar.

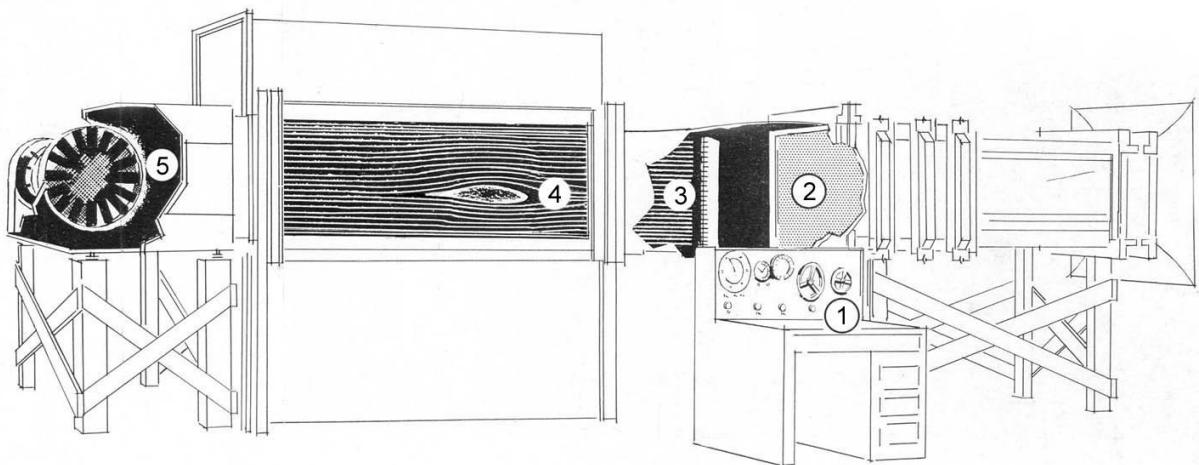


Fig. 3 – Túnel de circulação aberta (dos Laboratórios do Dr. Lippisch) com: painel de Instrumentos (1), filtros regularizadores (2), cachimbos de fumo (3), câmara de provas (4) e motor que, por intermédio de uma turbina (5), aspira o ar para o exterior.

RESISTÊNCIA DO AR

Como se opera essa resistência?

O ar é um gás e, como todos os gases, compõe-se de um agregado de pequenas partículas, a que se chamam moléculas ⁽¹⁾.

Quando fazemos deslocar no ar qualquer objecto, as moléculas do ar têm de desviar-se, afastando-se umas das outras para dar passagem ao corpo, visto que não podem passar através dele.

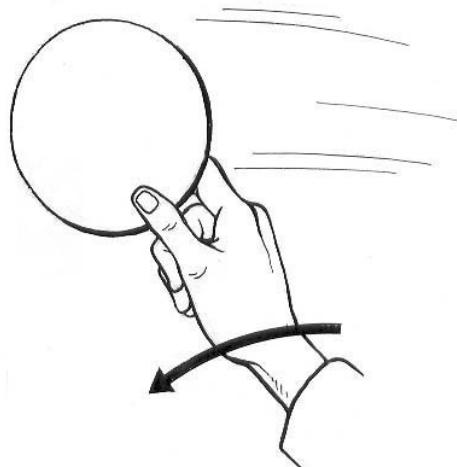


Fig. 4

Assim, por exemplo, se fizermos deslocar no espaço um disco de cartão como mostra a figura 4, notamos imediatamente que, para o fazermos avançar, teremos de empregar uma certa força.

A pressão que notamos no disco não é mais do que a força que foi necessário despendar para desviar o ar à passagem do corpo, separando as suas moléculas.

O disco, no seu movimento, separa portanto as partículas do ar, obrigando-as a contornar o obstáculo até aos bordos e a juntarem-se de novo na face posterior.

Sabe-se que um automóvel, animado de certa velocidade, não pode descrever uma curva muito apertada. Assim, também as moléculas do ar em virtude da velocidade do movimento, não se desviam em ângulo recto, mas começam a contornar o disco antes de o tocarem, descrevendo curvas suaves (fig. 5).

⁽¹⁾ 1 cm³ de ar contém aproximadamente 30 000 triliões de moléculas.

Todavia, nós sabemos que, à medida que a velocidade do automóvel aumenta, a curva por ele descrita terá de ser mais aberta. Assim, também, se aumentarmos a velocidade do disco, as moléculas do ar começarão a separarem-se muito antes de o atingirem e a juntarem-se mais adiante também. (fig. 6).

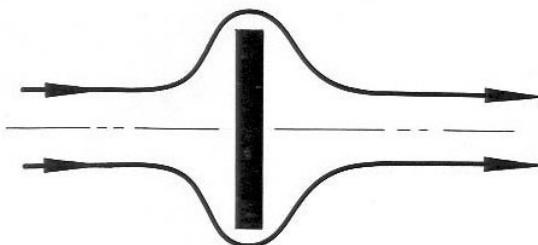


Fig. 5

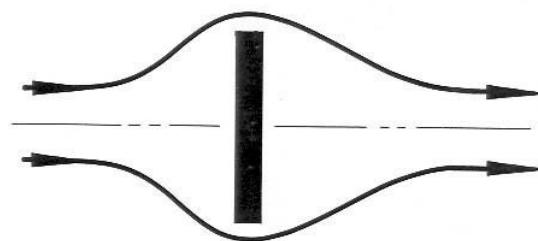


Fig. 6

Ocorre então perguntar se, na zona central, se estabelece um vazio, já que ela não é preenchida pela veia fluida.

É isso, na realidade, que tenderia a acontecer; todavia, como não é possível a existência de duas zonas definidas, uma de alta pressão, outra de muito baixa pressão, sem que se misturem, elas tendem a equiparar-se. O que existe, portanto, é um movimento, no sentido de fora para dentro, tendente a encher o vazio, que, combinando com a deslocação do ar, dá origem a um movimento curvilíneo, como representa a figura 7.

Assim, geram-se, atrás do disco, movimentos desordenados de ar – a que se chamam *turbilhões* –, a fim de efectuar a necessária mistura do ar, que corre à volta do disco, com o que se encontra na face posterior.

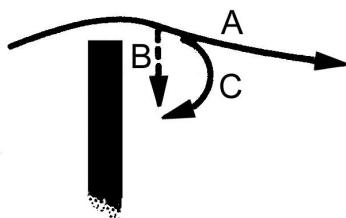


Fig. 7 – A – Movimento do ar
B – Movimento tendente a encher o vazio
C – Movimento resultante

Consideremos agora o disco na câmara de provas dum túnel, sujeito a uma corrente de ar, e estudemos o seu espectro aerodinâmico (fig. 8).

As partículas de ar que, como já atrás se enunciou, tendem a percorrer trajectórias rectilíneas e paralelas, ao encontrarem o obstáculo são obrigadas a contorná-lo até aos bordos e a precipitarem-se na face posterior em movimentos turbulentos, criando reacções no disco.

À frente, forma-se uma *pressão*, porque, para obrigar o ar a desviar-se do seu caminho normal, é necessário que o disco exerça sobre ele uma certa força, que se traduz num aumento de pressão no ar.

Por outro lado, na face posterior, o ar tem tendência a seguir em frente, pelo que é necessário forçá-lo a contornar o disco. Isto é, torna-se também inevitável exercer sobre o ar uma força que, neste caso, como é óbvio, determina uma diminuição de pressão ou, simplesmente, uma *depressão*.

Assim, o ar exerce sobre o disco, à frente, forças de pressão e, atrás, forças de depressão, cuja resultante está aplicada no centro do disco e dirigida no sentido da corrente de ar.

Esta força que o ar exerce sobre o disco é igual à força que o disco exerce sobre o ar, embora de sentidos opostos. À primeira – à reacção do ar sobre o disco – chama-se *resistência do ar*. A segunda – a acção do disco sobre a veia fluida – representa a força que é necessário aplicar no disco para o fazer deslocar no ar.

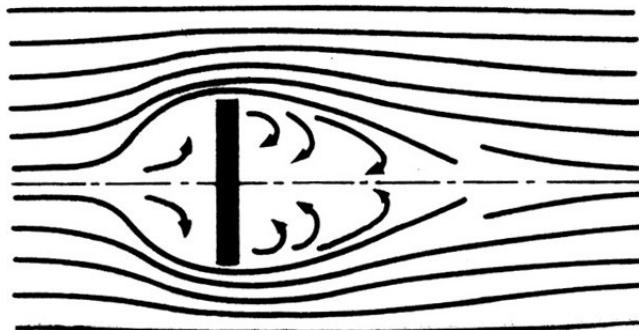


Fig. 8 – Espectro aerodinâmico do disco

Como se vê pela figura 9, que representa a *distribuição de pressões*⁽²⁾ a disposição das forças faz-se equitativamente em volta do centro **C**, e comprehende-se porquê, dado o aspecto simétrico da passagem do ar em tomo do disco.

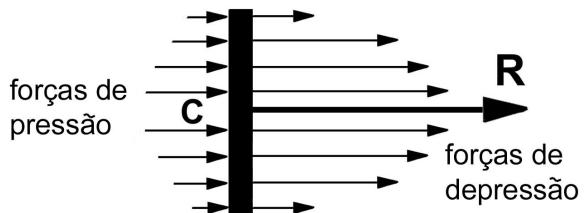


Fig. 9 – Distribuição e resultante das pressões sobre o disco

Portanto, a resultante **R** está aplicada no ponto **C**, com a mesma direcção do deslocamento e de sentido inverso.

A forma do espectro aerodinâmico dum disco é semelhante, quer seja de grandes dimensões, ou de proporções reduzidas. Assim, a distribuição de pressões será equivalente para ambos.

Sabendo-se que a força **R** é igual à diferença de pressões vezes a área do disco, a resistência do ar será, portanto, proporcional a essa área.

Assim, pode dizer-se, de um modo geral, que a *resistência do ar, para um corpo qualquer, varia com a área frontal*⁽³⁾ desse corpo.

Por outro lado, para a mesma área frontal – partindo ainda do princípio de que a resistência é a força igual ao produto da diferença de pressões pela área frontal – quanto menor for essa diferença, menor será também a resistência.

⁽²⁾ Entende-se por distribuição de pressões a representação gráfica das pressões negativas (forças de depressão); pressões positivas (forças de pressão), que actuam no corpo.

⁽³⁾ Área frontal é a superfície da maior secção perpendicular à direcção das linhas de corrente.

Verifica-se, pois, que a resistência do ar varia com a distribuição de pressões. Já vimos que a pressão aparece da necessidade que o ar tem de se desviar ao aproximar-se do disco.

Portanto, do mesmo modo que o automóvel vira mais facilmente ao descrever uma curva de grande raio, também o ar ficará sujeito a uma pressão tanto menor quanto mais suave for a curvatura das linhas de corrente.

Por motivo idêntico, depois de passar o disco, também quanto mais aberta for a curvatura das linhas de corrente, menor será a depressão e a tendência a formar turbilhões.

Assim, as formas que determinarem a menor curvatura da veia fluida serão as mais aerodinâmicas, porque, para a mesma área frontal e para a mesma velocidade, estabelecem a menor diferença de pressões.

No que respeita à *velocidade*, outro factor fundamental da resistência do ar, é lógico admitir que, quanto mais elevada ela for, maior dificuldade haverá em obrigar o ar a adaptar-se aos corpos que se deslocam no seu seio. E assim é: quanto maior for a velocidade, maiores serão as forças de inércia das moléculas de ar, maiores terão de ser, pois, as forças de reacção do corpo sobre o ar e, portanto, a resistência do ar.

Sabendo-se que as forças de inércia variam com o quadrado da velocidade, teremos de concordar que a resistência do ar é proporcional ao quadrado da velocidade.

Resumindo, podemos pois afirmar que a resistência do ar varia:

- 1) Com a área frontal;
- 2) Com a distribuição de pressões que, por sua vez, varia com a forma e com a velocidade.

Ainda no que respeita à forma dos corpos, transcreve-se a seguir um quadro do valor relativo da resistência para diversos sólidos do mesmo diâmetro, com os respectivos espectros aerodinâmicos.

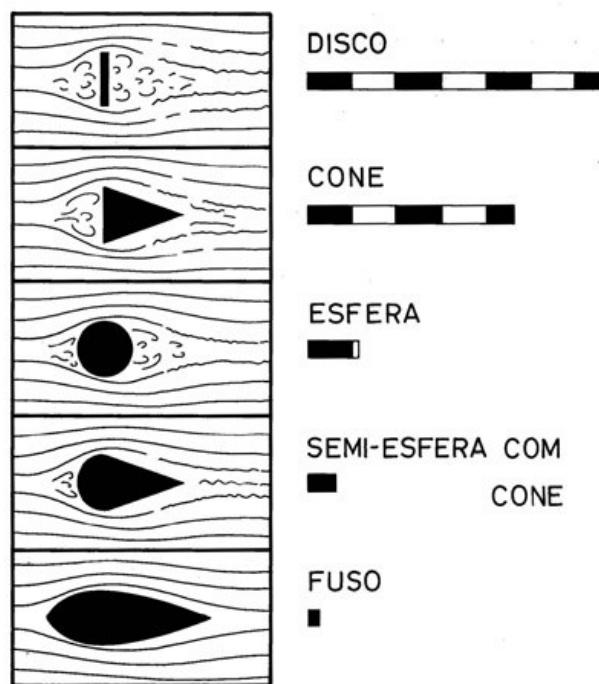


Fig. 10 – Valor relativo da resistência para diversos sólidos do mesmo diâmetro

Verifica-se que, de um modo geral, à medida que os corpos vão sendo alongados, o comportamento das partículas de ar se torna menos turbulento, obtendo-se trajectórias quase regulares da veia fluida no caso da forma fuselada. Aliás, se observarmos o espectro aerodinâmico do disco, verificamos que a zona turbulenta tem sensivelmente a forma de um corpo fuselado. Na realidade, esta forma, muito característica nos aviões, por ser a que cria menor resistência ao avanço, foi obtida pelo preenchimento da zona de turbulência criada em redor do disco. Ela permite que as partículas de ar se desviam à frente, sem virarem violentamente, ao aproximarem-se do corpo, e o contornem de uma forma suave, unindo-se de novo sem movimentos desordenados.

A forma fuselada é, pois, a mais racional a dar aos corpos que se desloquem inteiramente na atmosfera.

Procuremos, agora, de acordo com o que fica dito, a expressão matemática da resistência do ar.

- 1) A resistência é proporcional à superfície:

$$R = K_1 \cdot S$$

- 2) A resistência é proporcional às forças de inércia que, por sua vez, são iguais à pressão dinâmica:

$$R = K_2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2$$

Em que ρ é a densidade do ar e V a velocidade;

- 3) A resistência depende da forma, e arbitrou-se como coeficiente de forma o coeficiente de proporcionalidade entre a resistência e $S \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2$

Logo, $R = K \cdot S \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2$

Exprimindo a resistência em kg, a superfície em m^2 e a velocidade em m/s, vem:

$$R = K \frac{S \cdot V^2}{16}$$

para o valor de ρ ao nível do mar, temperatura de 15 °C e pressão de 760 mm de mercúrio (atmosfera padrão) (*).

O coeficiente de forma, para aeromodelos de contornos aerodinâmicos, pode considerar-se aproximadamente igual a 0,1.

No caso do disco, o valor K atinge 0,66 ; no caso do cilindro, 0,5 ; da esfera, 0,11 e do corpo fuselado, 0,05.

SUSTENTAÇÃO

Vimos que todos os corpos, que se movem inteiramente no seio da atmosfera, necessitam ter uma forma determinada para evitar, quanto possível, a resistência do ar.

Vejamos agora como consegue voar um avião, isto é, quais os elementos de que ele se serve para conseguir sustentar-se no ar, e como se criam as forças que originam essa sustentação.

É a asa que assegura a sustentação. É exactamente a acção do ar sobre a asa em movimento que cria determinadas forças, que chegam para suportar todo o peso do avião.

(*) **Nota da Edição Digital:** Ao tempo em que a primeira edição deste livro foi realizada, era corrente o valor de uma força ser expresso em kg(f) e foi para essa unidade que esta expressão prática foi dimensionada. Hoje, usando o Sistema Internacional de Unidades (SI), o valor de R será expresso em N (newton), o que, para uma densidade do ar $\rho = 1,293 \text{ kg/m}^3$, nas condições PTN, será dado por:

$$R = 0,65 K \cdot S \cdot V^2$$

Na maior parte dos aeromodelos, a sustentação é assegurada por mais um elemento: o estabilizador ou empenagem horizontal. Neste caso, a asa e o estabilizador tomam a designação genérica de *planos sustentadores*.

Para que melhor se possa compreender como esses planos criam sustentação, começemos por considerar, no interior da câmara de prova de um túnel, uma superfície plana – uma lâmina rectangular, por exemplo – deslocando-se com uma certa inclinação.

A essa inclinação, isto é, ao ângulo formado pela direcção das linhas de corrente com o plano da lâmina, chamaremos *ângulo de ataque*.

Verifica-se pelo respectivo espectro aerodinâmico (fig. 11) que o ar já não se distribui simetricamente, como no caso do disco.

Na parte inferior da lâmina, vê-se que as camadas de ar se comprimem, dando lugar a uma certa *pressão*, e nota-se, na parte superior, determinada rarefacção do ar, ou *depressão*, donde se conclui que tudo se conjuga para que a lâmina sofra uma impulsão para cima, resultante da soma da pressão que se gera na face inferior com a depressão que se forma na face superior.

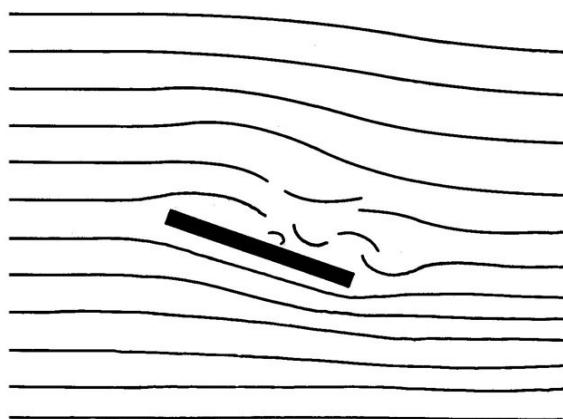


Fig. 11 – Espectro aerodinâmico da lâmina inclinada

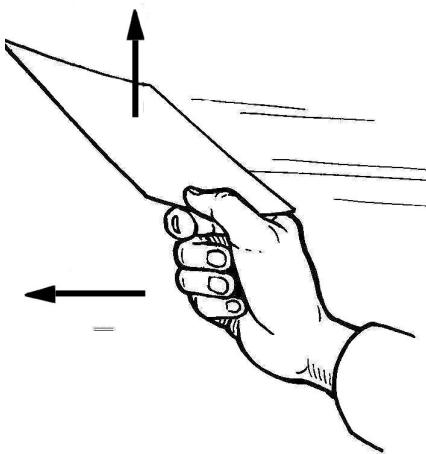


Fig. 12 – Ao fazermos deslocar no espaço uma folha de cartão inclinada, notamos que ela tende a elevar-se.

Analisemos, agora, o espectro aerodinâmico simplificado de uma lâmina curva.

Como se vê na figura 13, e compreende-se que assim seja, as linhas de corrente contornam a placa curva mais suavemente, fazendo-se portanto a distribuição de pressões de uma forma mais uniforme.

Ao contrário do disco, em que as pressões se distribuem de uma forma simétrica, neste caso das lâminas, verifica-se que a distribuição de pressões se faz como indica a figura 14, isto é, que os valores são mais elevados próximo do bordo da frente, o que faz com que o ponto de aplicação da

força **R** - resultante da soma das pressões e das depressões, a que se chama *reacção do ar* - se não mantenha no centro, como no caso do disco, mas se desloque para a parte anterior da lâmina.



Fig. 13

Nota-se ainda que a depressão é muito superior à pressão, o que quer dizer que a lâmina é muito mais aspirada que impulsionada.

A lâmina curva não é, todavia, usada na prática, em especial, pela impossibilidade de assegurar uma construção da asa suficientemente resistente.

Assim, a secção de uma asa, a que se dá o nome de *perfil alar*, apresenta uma forma especial, de boa penetração, normalmente constituída por linhas curvas, tanto na parte superior como na inferior

À frente, o perfil é geralmente arredondado e, na retaguarda, bastante afilado.

O perfil alar, no entanto, e sob o ponto de vista aerodinâmico, não é mais do que uma superfície curva envolvida por superfícies superiores e inferiores que dão espessura suficiente para assegurar uma estrutura resistente da asa, não alterando, por outro lado, as características originais de sustentação da placa curva.

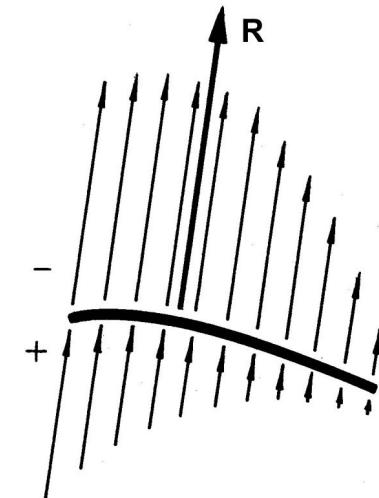


Fig. 14 – Distribuição de pressões na placa curva

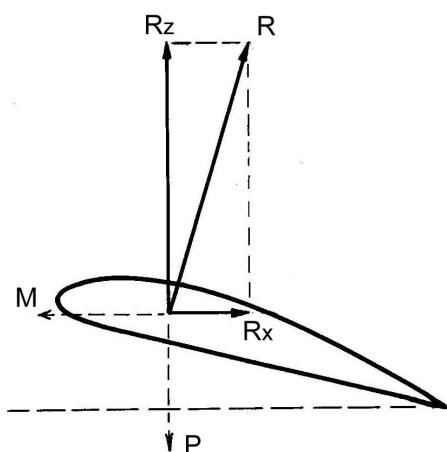


Fig. 15

Pode, pois, dizer-se que a secção de uma placa curva representa a linha média do perfil alar.

A asa comporta-se de forma análoga à lâmina curva; logo a distribuição de pressões é também semelhante e a força **R** (reacção do ar) estará, portanto, situada junto do bordo anterior do perfil e aplicada no *centro de pressão*. No perfil alar este centro encontra-se, mais ou menos, a $\frac{1}{3}$ do bordo da frente, para ângulos de ataque reduzidos.

Ao decompormos a força **R** obtemos um vector **Rx**, paralelo à direcção da corrente de ar, e outro perpendicular, representado por **Rz**.

A componente **Rz** é a *sustentação*, que se opõe ao peso do aeromodelo, e a componente **Rx** a *resistência ao avanço*, que se torna necessário vencer para assegurar o movimento (fig. 15).

A sustentação é sempre a componente perpendicular à direcção do deslocamento e a resistência ao avanço a componente que tem o mesmo sentido da corrente de ar relativa ⁽⁴⁾.

Contudo, ao fazermos variar o ângulo de ataque do perfil, todos os restantes elementos se modificam. Na verdade, com a alteração do ataque obtemos um espectro aerodinâmico diferente e, consequentemente, uma variação na distribuição de pressões e respectiva resultante.

Assim, dado que todos os outros elementos (sustentação, resistência e centro de pressão) estão dependentes da força **R**, as suas grandezas e posições são naturalmente alteradas.

Pelo exame das figuras verifica-se que, em virtude do aumento do ângulo de ataque, a reacção aerodinâmica **R** inclina-se para trás e atinge um valor mais elevado. A grandeza das forças de sustentação e resistência aumenta também e o centro de pressão desloca-se para a frente.

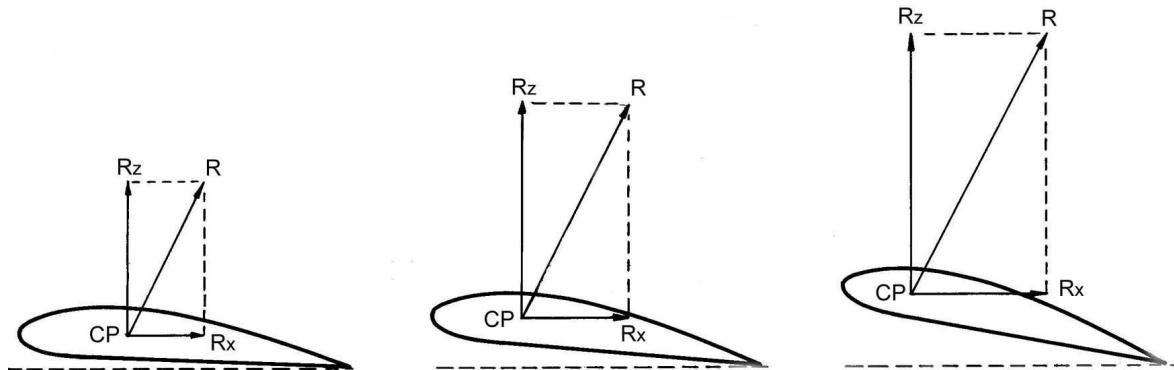


Fig. 16

⁽⁴⁾ A corrente de ar relativa é determinada pela direcção do ar, em relação ao avião. Se o avião voa horizontalmente, a corrente de ar relativa é horizontal. Se o avião "pica" ou "cabra", a direcção do vento relativo é oblíqua. Assim, a direcção da corrente de ar relativa confundir-se-á com a direcção da deslocação e o sentido será exactamente oposto ao do movimento do avião (fig. 17).



Fig. 17

Teorema de Bernoulli

Temos vindo a considerar, até aqui, que o perfil alar e a placa criam forças de sustentação, quando colocados com uma certa inclinação em relação à veia fluida. Sabe-se, contudo, que, enquanto a lâmina plana só tende a elevar-se quando inclinada, o perfil cria ainda sustentação apreciável colocado a 0° . Na realidade, a sustentação no perfil alar só deixa de existir quando este atinge um ângulo de ataque negativo de poucos graus, que se chama *ângulo de sustentação nula*.

Vejamos, então, como um perfil colocado a 0° cria sustentação.

Um corpo em movimento é susceptível de produzir trabalho mecânico. Por exemplo uma bala disparada contra um alvo, em virtude da alta velocidade de que está animada, produz trabalho, destruindo o alvo.

À capacidade que os corpos possuem de produzir trabalho mecânico, pelo facto de se encontrarem em movimento, chama-se *energia cinética*.

Um corpo pode ainda produzir trabalho por ocupar uma certa posição no espaço, à qual foi levado vencendo determinadas resistências. É o caso do martelo-pilão, cuja massa, levantada a uma certa altura, isto é, vencida a força da gravidade, quando abandonada cai, conseguindo enterrar no solo grandes estacas.

Nestas condições, diz-se que os corpos possuem *energia potencial*, quer dizer, energia possível.

Consideremos agora o exemplo de uma mangueira, lançando um jacto de água.

Se taparmos a saída, a pressão da água exercida sobre as paredes da mangueira aumentará. Ao contrário, se deixarmos correr livremente a água, a pressão diminuirá, tanto mais quanto maior for a velocidade da água.

O fenómeno pode ver-se claramente, se se usar uma parede pouco espessa e bastante elástica: tapando a saída, o diâmetro da mangueira aumentará de forma visível, denotando um crescimento da *energia de pressão*.

Assim se verifica que, *quando aumenta a energia cinética, diminui a energia de pressão, e vice-versa*.

Sabe-se que, de um modo geral, quando a energia potencial se transforma em energia cinética e esta em energia de pressão, a quantidade que diminui em uma delas é aumentada na outra, ou nas outras, e reciprocamente, de modo que a soma das três espécies de energia é sempre constante.

Estes foram, afinal, os resultados a que chegou DANIEL BERNOULLI, cuja lei geral de um fluido em movimento (e o ar, caso que nos interessa sobremaneira, é um fluido) é assim enunciada: *a soma das energias potencial, cinética e de pressão é constante*.

No caso da sustentação, por considerarmos o movimento horizontal, desprezamos a energia potencial que, nos aerodinos em voo, se manifesta apenas quando existe variação de altura.

Um exemplo que ilustra perfeitamente, no caso que estamos a estudar, o princípio estabelecido por BERNOULLI é o *tubo-venturi*.

Tomemos um tubo com uma garganta estreita, como mostra a figura 18, ao qual se adaptaram três outros tubos bastante estreitos, cujos terminais mergulham em água.

Soprando fortemente numa extremidade do tubo-venturi, vê-se que a água sobe nos três tubos indicadores, mas que no número dois atinge um nível mais alto.

Isto quer dizer que se deu uma diminuição da pressão que o ar exerce sobre as paredes do tubo, em virtude do aumento de velocidade na zona estrangulada.

Verificou-se experimentalmente que a velocidade do fluido é tanto maior quanto menor for a secção transversal do tubo, e isto porque o mesmo volume de fluido terá de percorrer um espaço maior no mesmo tempo.

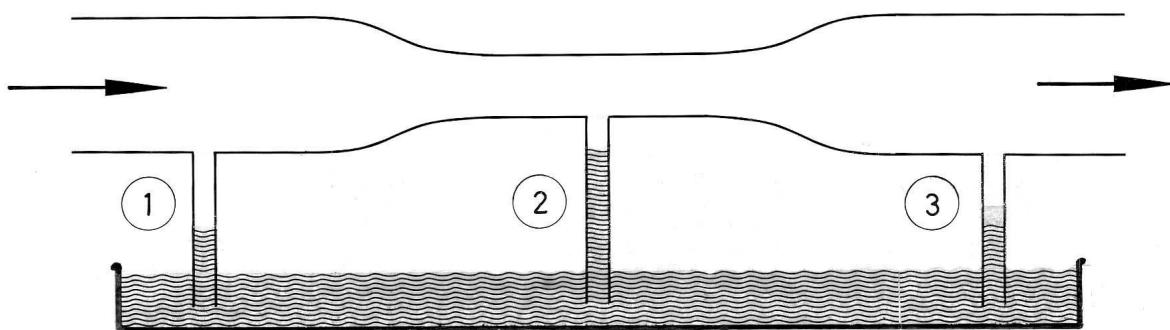


Fig. 18

Assim, voltando ao perfil, nós podemos verificar agora que, mesmo quando este se apresenta com ângulo de ataque nulo, consegue obter sustentação, em virtude da diferença de pressões que se geram nas suas faces superior e inferior.

Na face superior, a de maior curvatura do perfil, o ar terá de escapar-se com uma maior velocidade, porque a própria configuração do extradorso provoca um estreitamento na passagem da camada do ar. Logo, aumentando a energia cinética, a energia de pressão terá de diminuir para manter a constante.

Inversamente, no intradorso, a energia cinética diminui (o ar retarda a sua marcha normal, tanto mais quanto mais cavada for a face inferior) e a pressão aumenta.

A sustentação é, pois, assegurada pela sucção que se gera na face superior do perfil e, em menor escala, pela impulsão criada na face inferior.

As fotografias que ilustram esta página foram obtidas no túnel aerodinâmico de baixa turbulência do Dr. A. M. Lippisch e demostram, numa sequência de cinco instantâneos, o comportamento das linhas de fumo ao atacarem um perfil com um reduzido ângulo de ataque.

São, pois, as diferentes velocidades das camadas de ar superior e inferior, bem evidenciadas nas fotografias, que, gerando diferenças de pressões, conferem sustentação à asa.

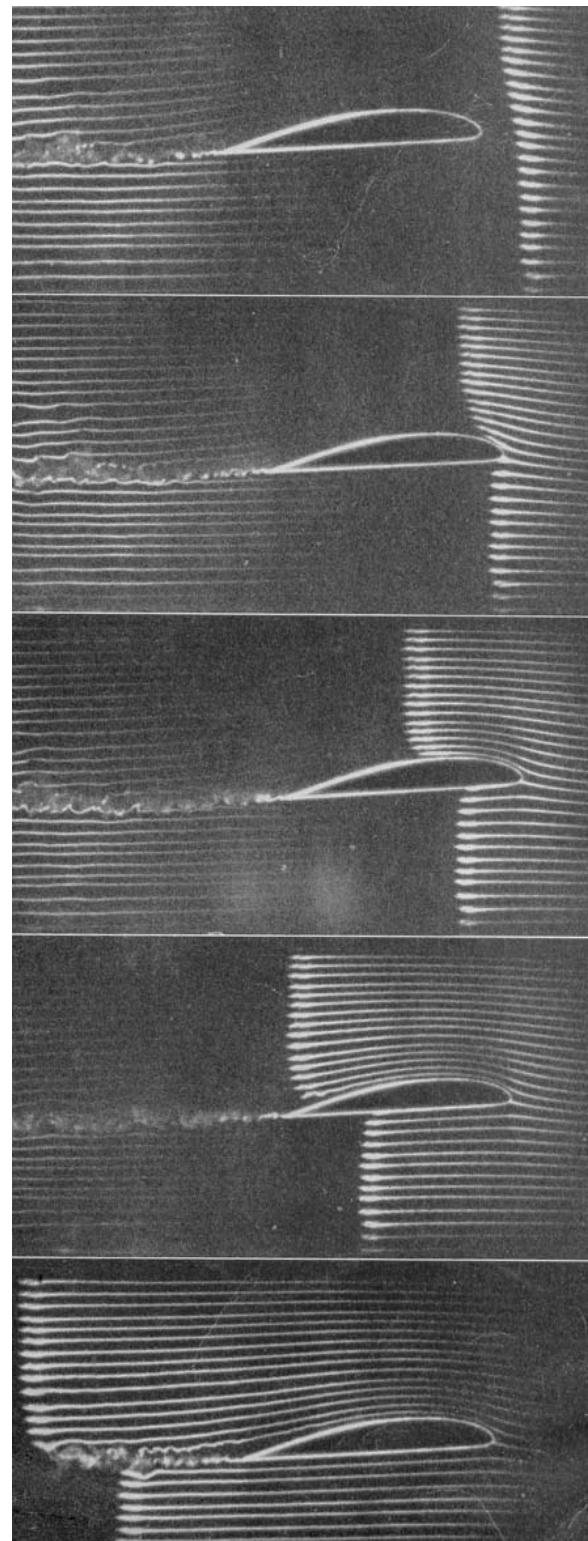


Fig. 19 – Foto Lippisch

FENÓMENO DA PERDA

No caso particular da sustentação, sabe-se que esta força, a de maior utilidade ao voo, cresce muito rapidamente com o aumento do ângulo de ataque e, nos aeromodelos, atinge o máximo a ângulos de cerca de 8 a 10 graus, conforme os perfis. A partir daí, cai rapidamente.

Na realidade, se dermos ao perfil uma inclinação exagerada, verificamos que as linhas de corrente, cujo escoamento se fazia, até aí, regularmente, se desprendem no extradorso do perfil, criando uma zona de violentos turbilhões. É a própria inércia das partículas do ar que provoca esse descolamento, ou insuficiente aderência da veia fluida.

Nestas circunstâncias, a sustentação decresce rapidamente, enquanto a resistência aumenta de uma forma considerável.

Àquele ângulo de ataque crítico, que determina a destruição do escoamento laminar e dá lugar à formação de turbilhões, chama-se *ângulo de perda*.

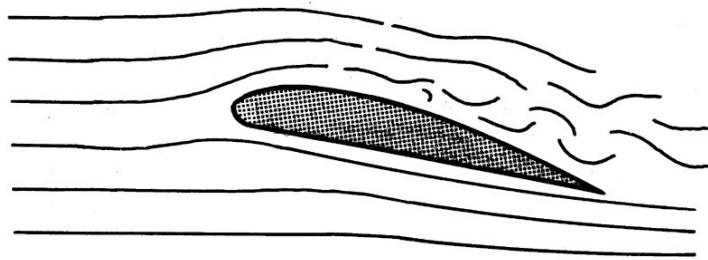


Fig. 20

A diminuição da velocidade relativa, do modelo, ocasionada por esse aumento anormal da resistência, cria, pois, em determinada altura, o *fenómeno da perda*, em que os efeitos aerodinâmicos são reduzidos a tal ponto que o valor da sustentação não será suficiente para equilibrar o peso do aparelho, e este cai. A essa velocidade limite chama-se *velocidade de perda*.

O ângulo de perda varia com a forma do perfil alar e, no mesmo perfil, com o alongamento da asa. Quanto maior for o alongamento, menor o ângulo de perda.

CENTRO DE PRESSÕES

Como já vimos atrás, o centro de pressões, que se pode também designar por centro de impulsão, é o ponto onde se supõe aplicada a força **R** – Reacção do ar.

Podemos, pois, definir como *centro de pressões (C.P.) o ponto de aplicação da resultante de todas as forças que tendem a elevar a asa*.

A posição do centro de pressões varia com os diversos perfis alares e, no mesmo perfil, com a alteração do ângulo de ataque.

Se, na maior parte dos perfis utilizados em aeromodelos, o *C.P.* se encontra, para reduzidos ângulos de ataque, sensivelmente a $\frac{1}{3}$ do bordo frontal, outros há que não seguem esta regra. Mais adiante, ao tratarmos o perfil alar e respectivas polares, veremos como se pode conhecer a posição exacta do centro de pressões, para os vários ângulos de ataque considerados.

Com a alteração do ataque de um perfil a distribuição de pressões modifica-se e, com ela, a grandeza e posição da força **R**. Nos perfis planos (caso da lâmina), à medida que o ângulo de ataque aumenta o ponto de aplicação da força **R** desloca-se para trás, isto é, o *C.P.* recua. No perfil alar, com excepção dos de dupla curvatura, dá-se o contrário: o centro de pressões avança com o aumento do ataque.

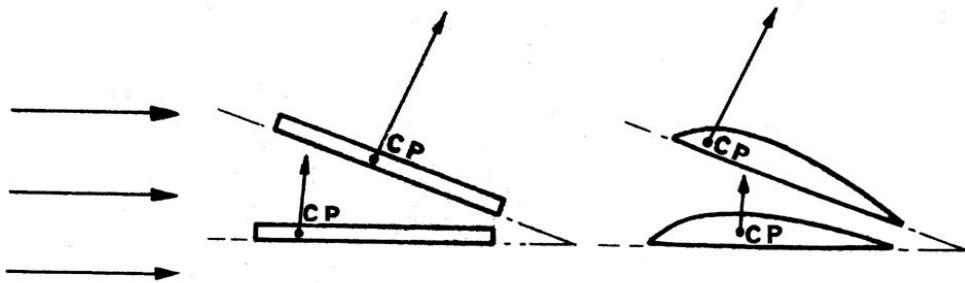


Fig. 21

Nos perfis de dupla curvatura ou auto-estáveis, o movimento do *C.P.* é semelhante ao dos perfis planos: o *C.P.* recua com o aumento do ângulo de ataque, e vice-versa. Daí o poderem empregar-se nas asas voadoras.

Pelo estudo dos diagramas que a seguir se apresentam pode avaliar-se como se desloca o *C.P.* nos diferentes valores de ataque considerados.

No caso da lâmina (fig. 22), vê-se que, na posição de 90° , o *C.P.* está instalado no centro da placa. À medida que o ângulo de ataque diminui, o centro de pressões vai ocupando os pontos CP_2 , CP_3 , CP_4 , etc. Isto é, vai-se aproximando do bordo da frente.

No perfil alar (fig. 23), tudo se passa de forma idêntica até próximo dos 30° . Porém, a partir daí, o *C.P.* avança mais rapidamente até atingir cerca de 10° , recuando depois bruscamente à medida que os ângulos diminuem.

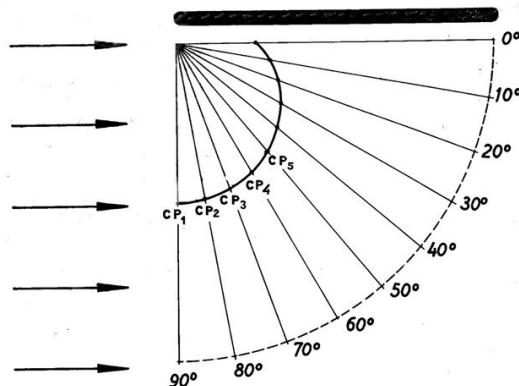


Fig. 22

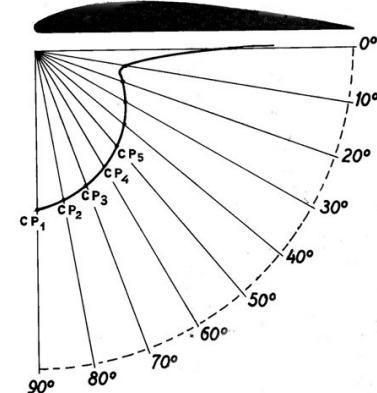


Fig. 23

Assim, e resumindo, consideremos o caso prático de uma asa que, solidária a todos os restantes elementos do aeromodelo, se desloque no espaço segundo a horizontal. Sabemos que o *C.P.* dessa asa se encontra a mais ou menos $\frac{1}{3}$ do bordo dianteiro. Logo que o modelo tenda a subir, por qualquer causa, o ângulo de ataque aumenta, dando lugar a que o centro de pressões se desloque para a frente.

Concluímos, portanto, que o centro de pressões avança quando o ângulo de ataque aumenta e recua quando aquele ângulo diminui, salvo no caso dos perfis auto-estáveis.

CENTRO DE GRAVIDADE

Se tentarmos levantar um corpo colocado no solo, seremos obrigados a despender um certo esforço, isto é, teremos de empregar uma força que contrarie a *acção atractiva da Terra sobre esse corpo*.

A essa acção, que solicita todos os corpos para a Terra, chama-se *gravidade*.

Tomemos um corpo – uma pedra, por exemplo – e abandonemo-lo. Ele fica sujeito à força da gravidade e, portanto, cai à vertical, solicitado pelo seu peso.

Um corpo é constituído por uma infinidade de partículas, tendo cada uma delas o seu peso próprio. À sua soma chama-se *peso do corpo*, força que é dirigida verticalmente de cima para baixo e tem o seu ponto de aplicação no chamado *centro de gravidade (C.G.)*.

Pode, pois, definir-se como centro de gravidade de um corpo, e portanto de um aeromodelo, o ponto de aplicação da sua força peso, quer dizer, o ponto onde se supõe estarem concentrados todos os pesos dos diversos elementos que o constituem.

A determinação do centro de gravidade do aeromodelo é de fundamental importância para a sua centragem – é em torno deste ponto que todos os movimentos se efectuam –, pelo que se torna particularmente importante conhecer a sua posição, quanto possível exacta.

Para o localizar, pode utilizar-se o processo descrito na figura 25.

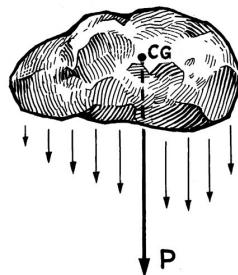


Fig. 24

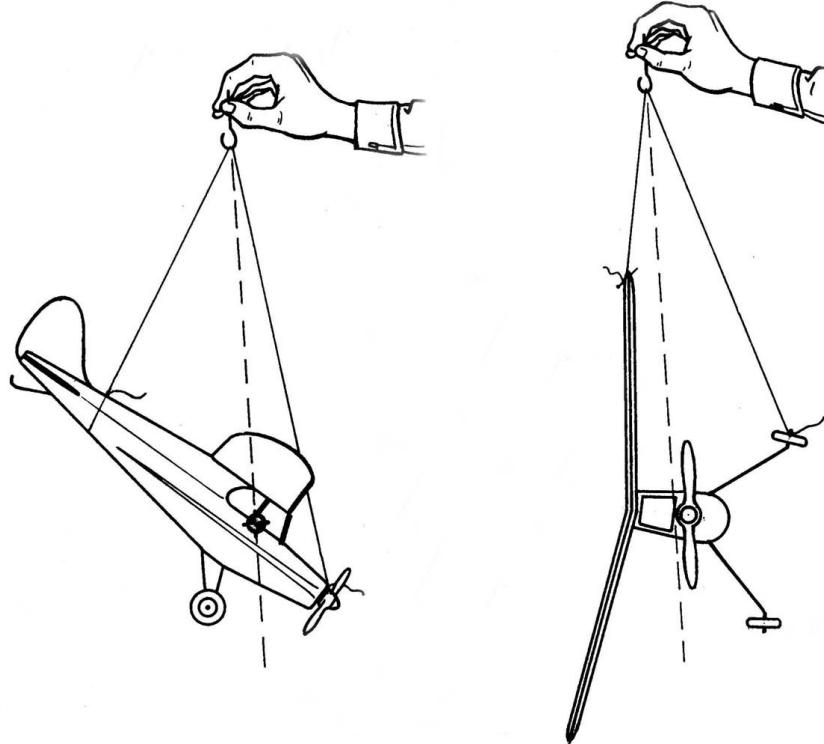


Fig. 25

Prendem-se as duas extremidades de um fio, maleável e resistente, em pontos afastados do modelo, por exemplo, uma junto à cauda, outra próximo do nariz, e suspende-se o modelo, passando o fio por um gancho. Assim, admite-se que o *C.G.* se encontra na vertical do gancho.

Para se obter o ponto exacto, suspende-se de novo o modelo, prendendo o fio noutras pontos, como por exemplo num bordo marginal e numa roda, e tira-se uma nova vertical do gancho.

O ponto de encontro das duas verticais determina a posição do centro de gravidade.

Durante as regulações de planeio, no campo, usa-se determinar o *C.G.* ainda de uma forma mais simples: colocam-se dois dedos sob a asa, deslocando-a para a frente ou para trás até obter uma posição horizontal da fuselagem (fig. 26).

Tal processo, mais rudimentar, dá a posição do centro de gravidade, algures, no plano vertical determinado pelos pontos de apoio, mas não define a sua localização num ponto, como é fundamental que se obtenha.

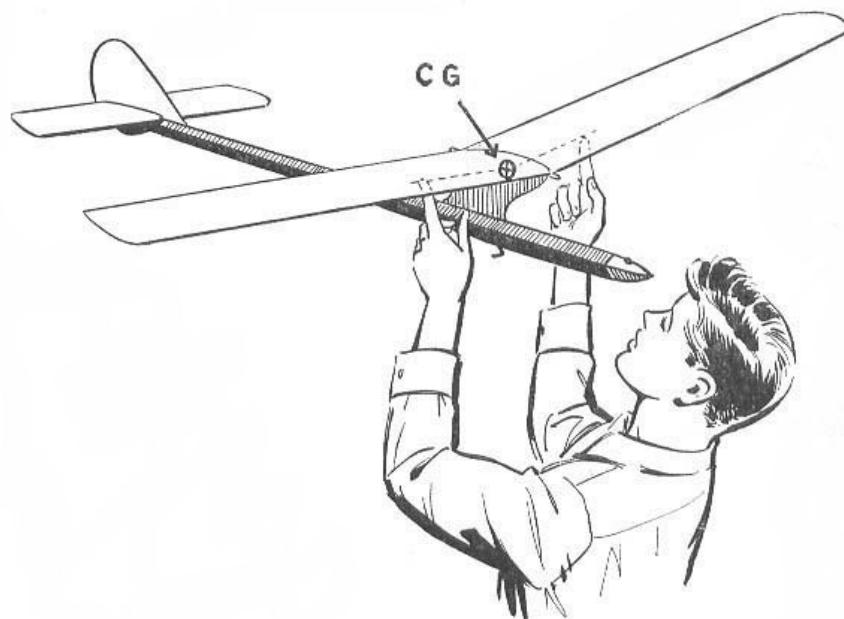


Fig. 26

PERFIL ALAR

Chama-se perfil alar à secção obtida por um corte transversal da asa, paralelo ao eixo longitudinal do modelo.

O perfil da asa é considerado um dos mais importantes elementos do aeromodelo, pois ele é um dos factores de maior influência nas qualidades do voo.

Um perfil alar é constituído por duas linhas: uma superior, que forma o dorso e a que se chama *extradorso*, e uma inferior, que estabelece o ventre e toma o nome de *intradorso*. Os pontos de encontro dessas duas linhas determinam, na parte anterior, o *bordo de ataque* ou de entrada e, na posterior, o *bordo de fuga* ou de saída.



Fig. 27

Características geométricas

As principais características geométricas de um perfil que, no nosso caso, interessa definir, são: a *corda*, a *linha média* e a *espessura máxima relativa*.

CORDA – É uma linha que une o bordo de ataque ao bordo de fuga. Nos perfis, cujo intradorso seja côncavo ou plano, a corda é constituída por uma recta tangente ao ventre do perfil. A distância que vai do bordo de ataque ao bordo de fuga, medida sobre a corda, define a *profundidade do perfil*.

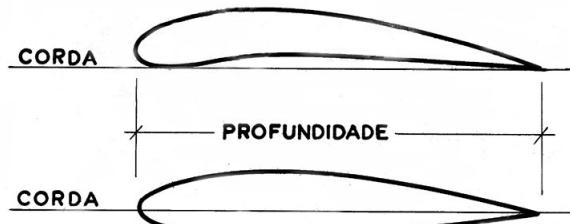


Fig. 28

LINHA MÉDIA – É a linha cujos pontos ficam equidistantes do extradorso e intradorso (fig. 29).

Nos perfis biconvexos simétricos, a linha média confunde-se com a corda, como se depreende facilmente.

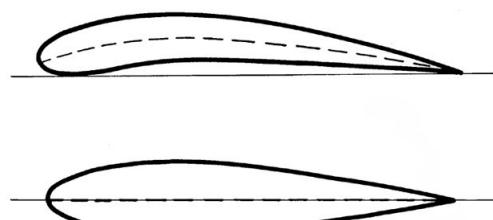


Fig. 29

ESPESSURA MÁXIMA RELATIVA – É a relação entre a altura máxima do perfil (Y_1) e a profundidade (T).

$$Esp. \ Máx. \ Rel. = Y_1 / T$$

Quanto à espessura máxima relativa, os perfis agrupam-se em três classes distintas:

- Finos, semiespessos e espessos.

Os *perfis finos* são aqueles cuja espessura máxima relativa não ultrapassa 7 %, *perfis semiespessos* são os de espessura compreendida entre 7 % e 14 % e *perfis espessos* os que ultrapassam os 14 %.

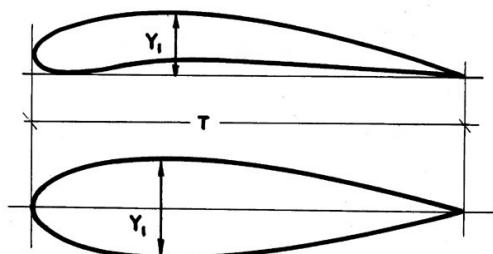


Fig. 30

Características aerodinâmicas

No que respeita às características aerodinâmicas de um perfil, importa destacar as seguintes: *eficiência* ou *finesse*, *ângulo de incidência*, *ângulo de sustentação nula*, *ângulo de ataque*, *ângulo de calado* e *ângulo de sustentação máxima*.

EFICIÊNCIA OU FINESSE – É a relação, para um dado ataque, entre os valores da sustentação e da resistência.

$$E = R_z / R_x$$

Mais adiante veremos como, por intermédio da [polar do perfil](#), se pode determinar a *eficiência máxima*, isto é, o ângulo de ataque em que aquela relação é máxima.

ÂNGULO DE INCIDÊNCIA – É o ângulo formado pela linha de sustentação nula com a direcção da corrente de ar relativa (fig. 31).

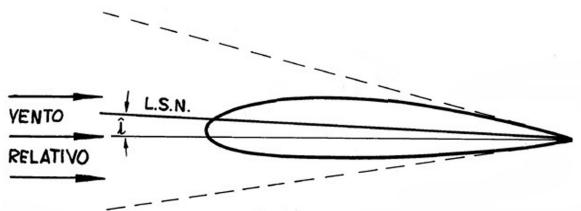


Fig. 32

A linha de sustentação nula é-nos dada, aproximadamente, pela bissecriz do ângulo formado pelas linhas que, partindo do bordo de fuga, são tangentes ao extradorso e intradorso do perfil. Esta linha indica a direcção do vento relativo, em que o perfil deixa de criar sustentação (fig. 32).

Um processo de realização mais fácil para determinar a linha de sustentação nula é o indicado na figura 33. Traça-se uma recta que, partindo do bordo de fuga, passe pela linha média num ponto situado a 40 % do bordo de ataque.

Como sabemos, a lâmina plana só tende a elevar-se quando inclinada. No entanto, a asa com perfil alar cria ainda uma sustentação apreciável colocada a 0º.

A sustentação do perfil só deixa de existir quando este atinge uma inclinação negativa de poucos graus, que define o *ângulo de sustentação nula*, variável consoante os perfis.

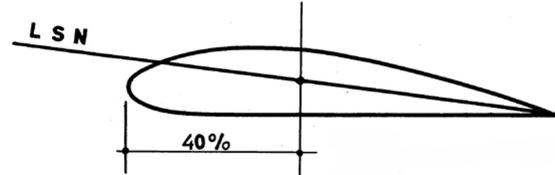


Fig. 33

ÂNGULO DE SUSTENTAÇÃO NULA – Será, pois, o ângulo formado pela linha de sustentação nula com a corda do perfil.

ÂNGULO DE ATAQUE – É o ângulo formado pela corda do perfil com a direcção do vento relativo (fig. 34).



Fig. 34



Fig. 35

ÂNGULO DE CALADO ou DE CALÇO – É o ângulo constituído pela corda do perfil e pelo eixo longitudinal do avião (fig. 35).

ÂNGULO DE SUSTENTAÇÃO MÁXIMA – é dado pelo ângulo de ataque em que a sustentação do perfil atinge o seu máximo valor. A partir deste ângulo, a sustentação decresce rapidamente e a resistência aumenta sempre, dando lugar ao fenómeno da perda.

Este ângulo determina, pois, o ataque para além do qual surge a perda e o aparelho cai, até atingir uma velocidade que lhe permita assegurar de novo a sustentação necessária para equilibrar o peso.

Verifica-se, desta forma, que são todos eles, ângulos distintivos, ainda em que determinadas circunstâncias possam confundir-se.

Assim, por exemplo, supondo-se o voo normal, equilibrado, os ângulos de calado e de ataque terão o mesmo valor. Os ângulos de incidência e de sustentação nula serão também iguais, se a direcção do movimento for a mesma da corda.

Nos perfis biconvexos simétricos e em quaisquer condições, a linha de sustentação nula confundir-se-á com a corda; logo, nestes perfis, o ângulo de ataque será igual ao de incidência.

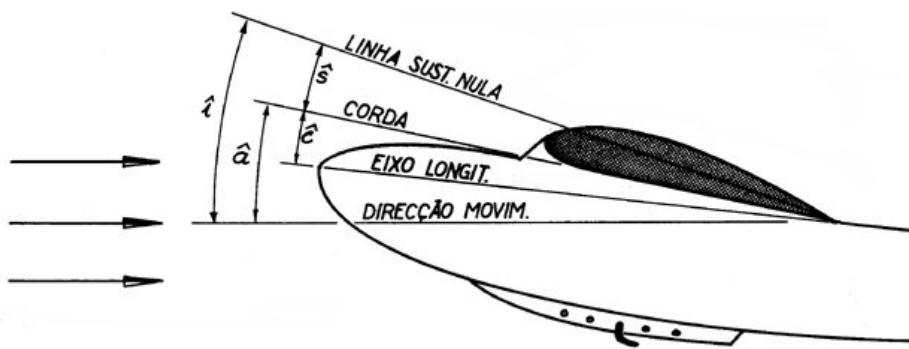


Fig. 36 – \hat{i} – ângulo de incidência
 $\hat{\alpha}$ – ângulo de ataque
 \hat{s} – ângulo de sustentação nula
 \hat{c} – ângulo de calado

Forma dos perfis

Quanto à sua forma, os perfis classificam-se em *biconvexos* (simétricos e assimétricos), *plano-convexos*, *côncavo-convexos* e de *dupla curvatura*.

Vejamos o que mais importa destacar em cada uma destas divisões.

PERFIS BICONVEXOS SIMÉTRICOS – São os perfis cujo dorso e ventre são convexos e iguais.

Estes perfis oferecem uma resistência mínima e não criam sustentação a 0° . Têm ainda a particularidade de, abaixo dos 0° , criarem *sustentação negativa*, de valor idêntico – contudo de sentido contrário – à sustentação criada no ângulo positivo correspondente. Por essa razão, estes perfis empregam-se em modelos de acrobacia que, em virtude das figuras que têm de efectuar, necessitam de comportar-se de igual modo em posições invertidas e direitas. Usam-se ainda em modelos de velocidade (biconvexos simétricos finos) e empenagens verticais e horizontais.

A posição do centro de pressão destes perfis é muito pouco variável e por isso se denominam *estáveis*. O C.P. encontra-se a cerca de 25 % da corda, isto é, a $\frac{1}{4}$ da profundidade (fig. 37).

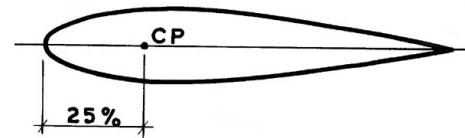


Fig. 37

PERFIS BICONVEXOS ASSIMÉTRICOS – Nestes perfis, tanto o dorso como o ventre são convexos, apresentando, todavia, o intradorso uma curvatura menos pronunciada.

A incidências reduzidas oferecem boa sustentação e mínima resistência, razão por que se empregam, com bons resultados, em modelos de velocidade pura.

O seu centro de pressões encontra-se sensivelmente a 28 % da corda (fig. 38).

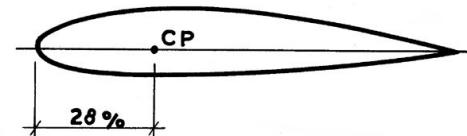


Fig. 38

PERFIS PLANO-CONVEXOS – Perfis em que o intradorso é plano e o extradorso convexo.

São muito sustentadores e usam-se em modelos de treino, de rádio-controlo e empenagens horizontais sustentadoras.

O seu centro de pressões encontra-se, aproximadamente, a 30 % da corda (fig. 39).

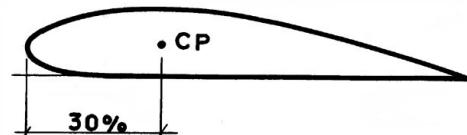


Fig. 39

PERFIS CÔNCAVO-CONVEXOS – Perfis cujo ventre e dorso são de forma côncava e convexa, respectivamente.

Os perfis côncavo-convexos criam maior sustentação, mas oferecem, em contrapartida, mais resistência ao avanço do que quaisquer outros.

São usados em modelos de duração. O seu centro de pressões situa-se a cerca de 33 % da corda e é muito variável.

Aliás, a experiência diz-nos que a instabilidade do centro de pressões é tanto maior quanto mais pronunciadas forem as curvaturas do ventre e do dorso, e quanto mais espesso for o perfil (fig. 40).

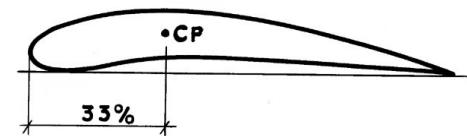


Fig. 40

PERFIS DE DUPLA CURVATURA – Perfis que, tanto no dorso como no ventre, têm formas côncava e convexa.

Estes perfis são empregados exclusivamente em asas voadoras (modelos destituídos de empenagem horizontal) pela particularidade, já apontada, de o seu centro de pressões se deslocar ao contrário dos restantes perfis alares: recuando com o aumento do ângulo de ataque, o C.P. restabelece o equilíbrio sem o auxílio do plano de cauda (fig. 41).

Por este motivo, também se designam por *perfis auto-estáveis*.

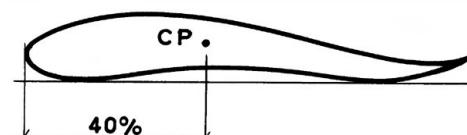


Fig. 41

Polar

Como já se demonstrou, a sustentação e a resistência variam com os ângulos de ataque.

Essa variação é representada graficamente por uma curva denominada *polar*, que nos dá os valores de sustentação e de resistência para os diferentes ângulos de ataque do perfil.

A polar traça-se de acordo com os resultados obtidos no túnel aerodinâmico. Coloca-se o perfil a estudar com determinado ângulo de ataque, na câmara de provas do túnel e registram-se os valores indicados nos quadrantes da sustentação e da resistência ao avanço.

Vai-se aumentando, em seguida, em experiências sucessivas, a inclinação do perfil e verificam-se os respectivos aumentos dos valores da resistência e sustentação.

Tomando os diversos valores obtidos na experiência, elabora-se um gráfico, a que se dá o nome de *diagrama polar* (fig. 42), o qual é constituído por uma curva polar (onde estão marcados os respectivos ângulos de ataque), obtida a partir da inscrição dos valores K_z e K_x sobre dois eixos, um horizontal, onde estão inscritos os coeficientes da resistência (K_x), e outro vertical com os coeficientes da sustentação (K_z).

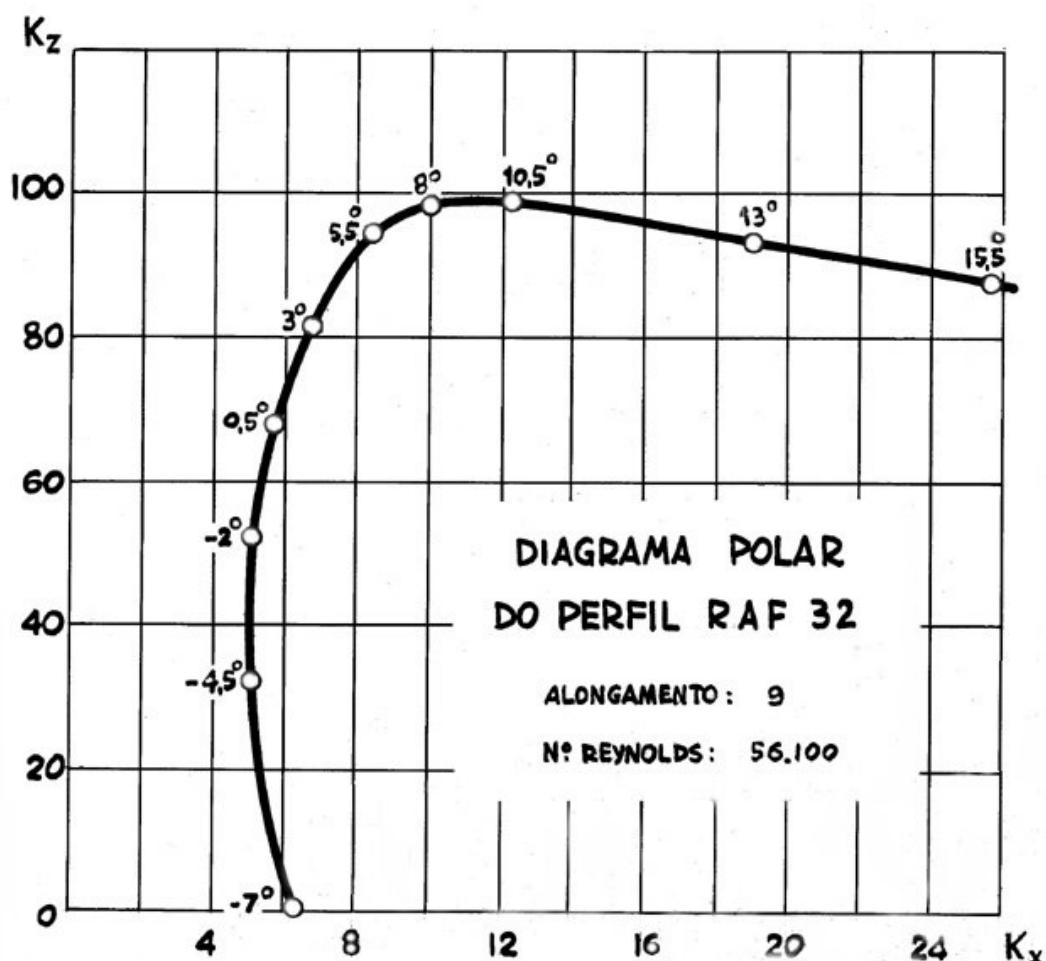


Fig. 42

Os laboratórios aerodinâmicos elaboram o diagrama registando a resistência ao avanço numa escala cinco vezes maior do que a da sustentação, dado que os valores da resistência são muito menores.

O diagrama polar representa ainda a particularidade de indicar, não os valores puros de R_x e R_z , obtidos directamente do túnel e expressos em unidades de peso, mas os chamados coeficientes de resistência e sustentação (K_x e K_z), tomados em função das pressões dinâmicas registadas.

Esses coeficientes são ainda multiplicados por 100, em virtude de os valores obtidos no túnel serem da ordem dos decimais.

Contudo, pela leitura da polar podem deduzir-se os valores, em unidades de peso, da sustentação e resistência, multiplicando a superfície da asa pela pressão dinâmica e pelo coeficiente respectivo ⁽⁵⁾.

O conhecimento da polar é particularmente importante por fornecer informações seguras acerca das qualidades aerodinâmicas do perfil.

Da polar podem tirar-se as seguintes conclusões:

1.^a – Podemos conhecer o máximo rendimento do perfil ou *eficiência máxima (E)*.

Para isso, traça-se uma recta tangente à polar, tirada pela origem. O ponto da tangência dá-nos o ângulo de ataque óptimo, isto é, o ângulo em que a razão K_z / K_x é máxima.

2.^a – Quanto mais direita e vizinha estiver a curva do eixo K_z , tanto melhores serão as características do perfil.

E assim é, porquanto, para os ângulos de ataque mais utilizáveis no voo, se poderão obter bons regimes de sustentação, com resistências mínimas.

3.^a – Pode ainda conhecer-se qual o K_x mínimo e qual o ângulo de ataque de melhor penetração do perfil: em que a velocidade é máxima, por ser mínima a resistência do ar. Para isso, tira-se uma paralela ao eixo dos K_z , tangente à curva polar. O ponto de tangência dá-nos o ângulo de ataque em que o K_x é mínimo.

4.^a – A polar indica-nos ainda o K_z máximo, ou ponto de máxima sustentação, determinado por uma tangente paralela ao eixo dos K_x .

É a partir dessa altura que começa a verificar-se o deslocamento das linhas de corrente no extradorso, entrando a asa em *perda de velocidade*.

5.^a – Pode determinar-se também o *ângulo óptimo de planeio*, em face da polar final.

⁽⁵⁾ A sustentação e a resistência ao avanço representam-se pelas seguintes expressões:

$$R_z = \frac{K_z}{100} \cdot \frac{\mu}{2g} \cdot SV^2 = \frac{K_z}{100} \cdot \frac{1}{16} \cdot SV^2 = \frac{K_z}{1600} \cdot SV^2$$

$$R_x = \frac{K_x}{100} \cdot \frac{\mu}{2g} \cdot SV^2 = \frac{K_x}{100} \cdot \frac{1}{16} \cdot SV^2 = \frac{K_x}{1600} \cdot SV^2$$

em que K_z e K_x são os coeficientes de sustentação e resistência dados pela polar, $\frac{\mu}{2g}$ a densidade do fluido, S a área da asa em m^2 e V a velocidade de deslocação em m/s .

A polar que temos vindo a considerar representa apenas os resultados de ensaio sobre o perfil considerado numa asa de alongamento infinito, sem entrar em linha de conta, portanto, com as resistências marginais da asa.

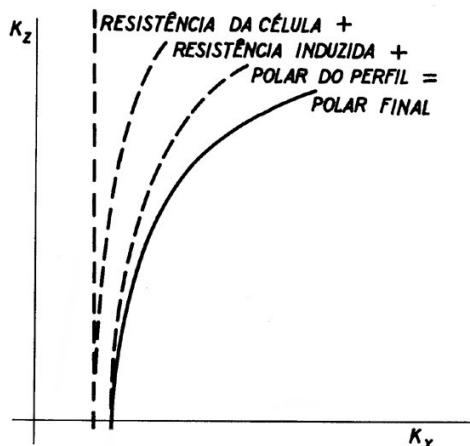


Fig. 43

Assim, para se considerar o aeromodelo completo, àqueles valores representados pela curva polar do perfil terão de ser adicionadas, não só a resistência induzida da asa para determinado alongamento, mas também a resistência ao avanço da fuselagem, planos de cauda e restantes acessórios exteriores do modelo.

Assim se obtém uma outra curva a que se dá o nome de *polar final*, que não é mais do que a junção de três polares: do perfil, da resistência induzida e da resistência da célula (fig. 43).

A resistência da célula pode considerar-se, sem grande erro, como uma recta paralela ao eixo dos Kz .

Na realidade, a resistência ao avanço da fuselagem em muito pouco se altera com a variação dos ângulos de ataque.

Conhecida a polar final, pode, pois, obter-se o ângulo óptimo de planeio, procedendo da seguinte forma: Traça-se uma linha tangente à curva polar (fig. 44), de modo que a distância entre o ponto de tangência (ponto C) e o eixo dos Kz (ponto B) seja dupla da distância entre esse eixo e o eixo dos Kx (ponto A).

O ponto de tangência com a curva polar dá-nos o ângulo de ataque em que a velocidade de descida é mínima e, portanto, o ângulo de calado da asa mais eficiente.

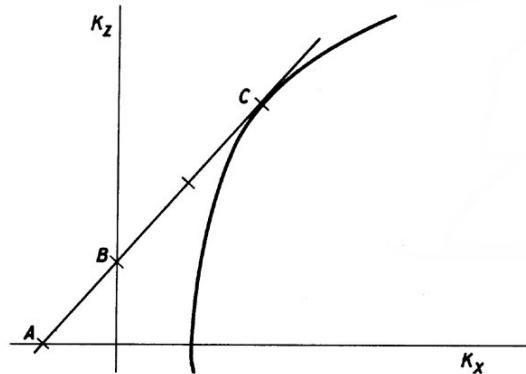


Fig. 44

CURVAS CARACTERÍSTICAS DO PERFIL

É frequente ver-se, em especial em publicações de língua Inglesa, não o diagrama polar, mas as chamadas *curvas características*, que são, afinal, a mesma coisa apresentada de forma diferente.

Tomemos um diagrama de curvas características – por exemplo, do perfil RAF 32 – e vejamos o que representam as curvas indicadas e como devem ser interpretados os valores inscritos.

Estão representadas no gráfico (fig. 45) quatro curvas: **CD** (coeficiente de resistência), **CL** (coeficiente de sustentação), **L / D** (razão Kz / Kx) e **CP** (centro de pressões).

No eixo horizontal estão marcados, em graus, os diversos ângulos de ataque, escala esta que é comum a todas as curvas.

Existem ainda quatro escalas verticais, que correspondem às respectivas curvas.

Pela observação da curva dos **Kz (CL)**, verifica-se que o perfil considerado começa a criar sustentação acima dos 7° negativos e atinge o ponto de máxima sustentação (**Kz** máximo) aos $9,5^\circ$. O fenómeno da perda dá-se, portanto, a partir dos 10° .

Podem encontrar-se ainda os coeficientes de sustentação para todos os ângulos de ataque intermédios.

A curva dos **Kx** (**CD**) mostra-nos, de acordo com a escala respectiva, (*drag coefficient*), que a resistência mínima do perfil se encontra a -3° de ataque, fornecendo-nos também os coeficientes de resistência para ângulos de ataque compreendidos entre -7° e 13° .

CHARACTERISTIC CURVES OF RAF 32

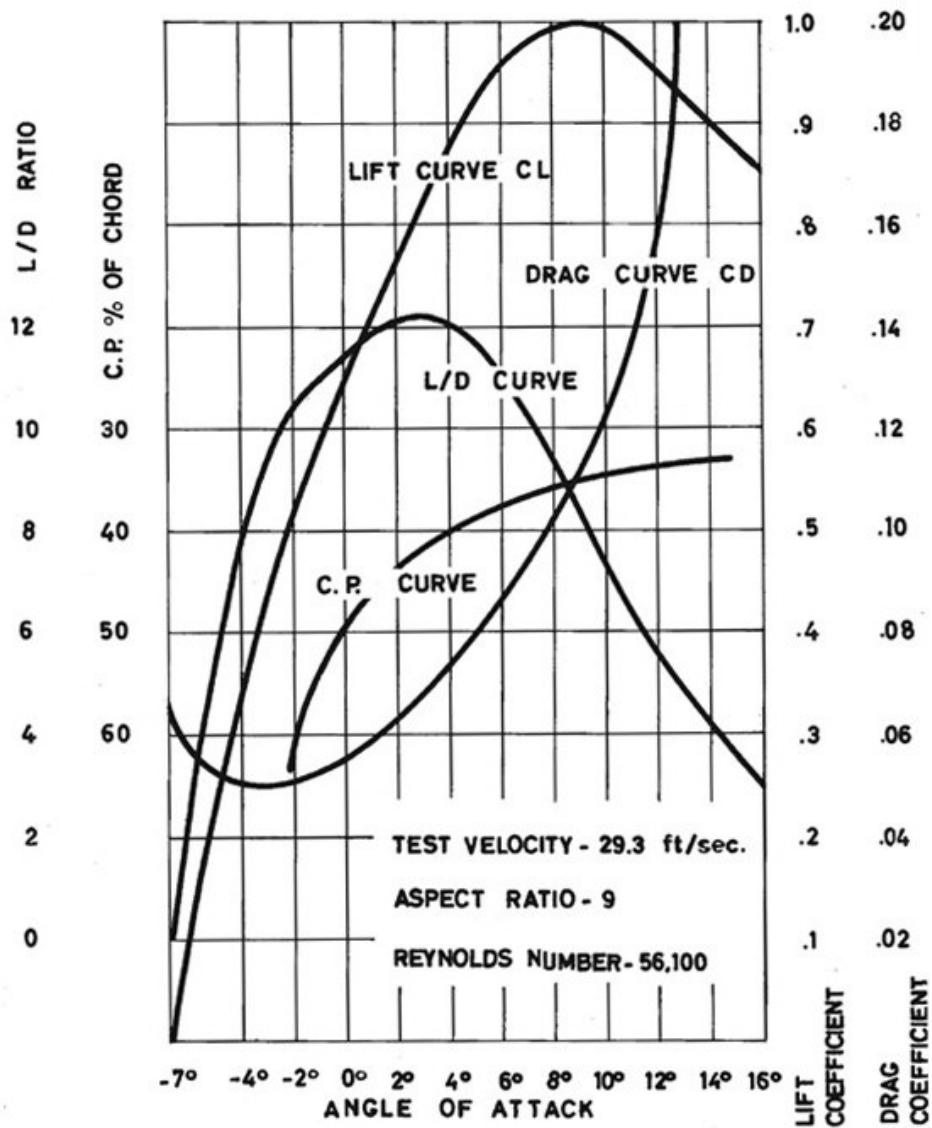


Fig. 45

A curva denominada L / D exprime a eficiência do perfil, ou razão Kz / Kx . Segundo esta curva, e observando a escala vertical respectiva (L / D ratio), pode conhecer-se a eficiência do perfil em qualquer ângulo de ataque considerado. O ponto mais alto da curva mostra a eficiência máxima do perfil, que se indica a um ângulo de 3º.

A quarta e última curva (**CP**) dá-nos a posição do centro de pressões (em percentagem da corda) para os diversos ângulos de ataque.

O diagrama indica ainda que o perfil foi ensaiado numa asa de alongamento 9, a uma velocidade de pouco mais de 30 km/h (29,3 pés/s) e a um *Número de Reynolds* de 56 100, condições estas que determinam os valores que as curvas exprimem.

Este ensaio foi feito, portanto, com vista à utilização do perfil RAF 32 em aeromodelos.

NÚMERO DE REYNOLDS

Vejamos, agora um pouco mais próximo, como se processam os movimentos do ar junto à asa.

Sobre a superfície de uma asa em movimento o ar adere e tende a retardar as camadas mais próximas.

Junto à face da asa, a velocidade do ar é praticamente nula, aumentando progressivamente até atingir uma velocidade aproximadamente igual à do avião.

A esta zona, ou camada, de escoamento de ar, vizinha da superfície da asa (zona cuja espessura anda por mais ou menos 1 milímetro), em que a velocidade do ar é variável, chama-se *camada limite*.

Há dois tipos de escoamento da camada limite: laminar e turbulento.

O laminar distingue-se por um arrastamento muito suave, enquanto o turbulento é caracterizado por movimentos desordenados do ar.

No perfil alar, a camada limite começa por um escoamento laminar que se torna turbulento a partir do chamado ponto de transição (fig. 46).

Este ponto aparece teoricamente a cerca de 30 % nos perfis vulgares e pode atingir os 50 % e 60 % em certos perfis modernos, que, por essa razão, se denominam *perfis laminares*.

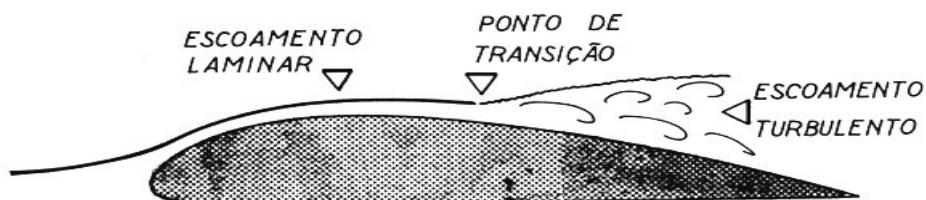


Fig. 46

O físico inglês Osborne Reynolds estabeleceu as relações básicas que nos habilitam a determinar que tipo de camada limite existe num dado escoamento. As suas teorias e ensaios conduziram à determinação de um número sem dimensões, a que se deu o nome de *Número de Reynolds*, que pode ser usado para determinar a natureza do escoamento ao longo de superfícies e ao redor de corpos em movimento.

O Número de Reynolds é dado pela expressão:

$$N.R. = \frac{V \cdot T \cdot d}{\mu} , \quad \text{onde:}$$

V – Velocidade da corrente livre;
 T – Comprimento do corpo;
 d – Densidade do fluido;
 μ – Coeficiente de viscosidade cinemática do fluido.

O exame das características do escoamento indica que a transição do laminar para o turbulento, ao longo de uma superfície, depende do Número de Reynolds. Assim, o escoamento laminar interrompe-se a certo Número de Reynolds crítico e torna-se turbulento.

O ponto de transição depende das asperezas da superfície e do grau de turbulência da corrente livre, tal como nos termos que constituem o Número de Reynolds.

Podemos, pois, definir Número de Reynolds como um número abstracto, dependente da velocidade de escoamento, das dimensões do corpo, da densidade do fluido e da sua viscosidade cinemática, que exprime as condições de separação do escoamento laminar para o turbulento.

No caso dos aeromodelos, em que os voos se efectuam sempre a baixa altura, em condições próximas da atmosfera-padrão, pode dizer-se que $\frac{d}{\mu}$ é sensivelmente igual a 67 000.

Assim, teremos:

$$N.R. = 67\,000 \cdot V \cdot T$$

Em que:

V – velocidade do ar, em m/s;
 T – profundidade da asa, em m.

Da expressão se conclui que o $N.R.$ para aeromodelos terá, forçosamente, de exprimir-se em valores muito menores que para aviões reais. Na verdade, enquanto num aeromodelo só muito raramente o $N.R.$ atinge valores da ordem dos 300 000, num avião de turismo já esse número pode ascender a 6 milhões e num caça a reacção ultrapassa francamente os 50 milhões.

Desenho de perfis

Um perfil desenha-se de acordo com a tabela fornecida pelo respectivo laboratório aerodinâmico. Deve depositar-se nesse trabalho o maior rigor, pois o rendimento da asa irá depender, em grande parte, da precisão e fidelidade com que se tiverem efectuado os cálculos para a construção do perfil.

A tabela de um perfil comprehende três ordens de valores, assinaladas, respectivamente, por:

X (percentagens da corda), Y_1 (linha do extradorso) e Y_2 (linha do intradorso).

Para que melhor se possa compreender o modo como devem interpretar-se esses valores e como se devem utilizar para desenhar o perfil, vejamos com um exemplo como se procede praticamente, em face da tabela dada.

Numa folha de papel milimétrico, marcamos uma recta, de comprimento igual à profundidade do perfil que pretendemos obter.

Suponhamos que o perfil escolhido é um Göttingen 602, com uma profundidade de 20 cm.

TABELA DO PERFIL GÖTTINGEN 602

| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|-------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|----|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|
| Y_1 | 2,5 | 4,0 | 4,85 | 6,2 | 7,05 | 7,75 | 8,8 | 9,45 | - | 10,0 | 9,8 | 9,1 | 8,0 | 6,55 | 4,75 | 2,55 | 1,35 | 0 |
| Y_2 | 2,5 | 1,48 | 1,15 | 0,75 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 0 | - | 0,4 | 0,65 | 1,0 | 1,25 | 1,15 | 1,0 | 0,6 | 0,3 | 0 |

Começamos por traçar uma linha com 200 milímetros de comprimento e tiramos em seguida perpendiculares nos pontos determinados pelas cotas X . Esses pontos obtêm-se multiplicando a cota pela profundidade do perfil e dividindo por 100. Assim, por exemplo, para o segundo valor de X , teremos:

$$X = \frac{1,25 \times 200}{100} = 2,5 \text{ mm}$$

O segundo ponto ficará, pois, a 2,5 do início da linha.

O terceiro ponto obter-se-á do mesmo modo, isto é, multiplicando a cota 2,5 por 200 e dividindo por 100. O resultado (5 mm) determina o local onde se traça a terceira perpendicular.

E assim se procederá para todos os valores de X , até 100.

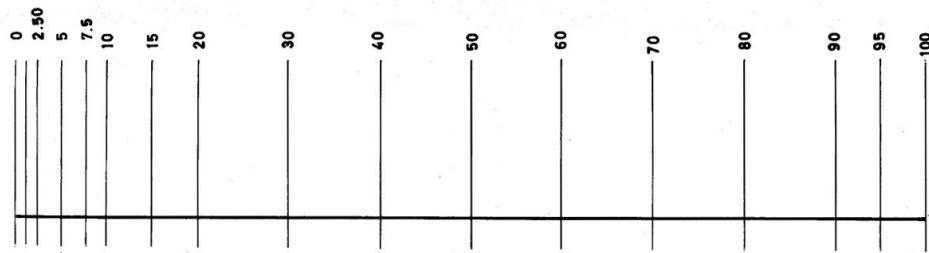


Fig. 47

Traçadas na corda do perfil as perpendiculares, sobre as quais vão ser marcados os pontos correspondentes às cotas Y_1 e Y_2 , vejamos onde se inscrevem esses pontos, que irão definir as linhas do extradorso e intradorso.

Para obter o primeiro valor de Y_1 , multiplicamos o valor indicado na tabela (2,5) pela corda e dividimos por 100. Assim,

$$Y_1 = \frac{2,5 \times 200}{100} = 5,0 \text{ mm}$$

Na primeira perpendicular marcamos, pois, acima da linha de corda, um ponto, à distância de 5 mm.

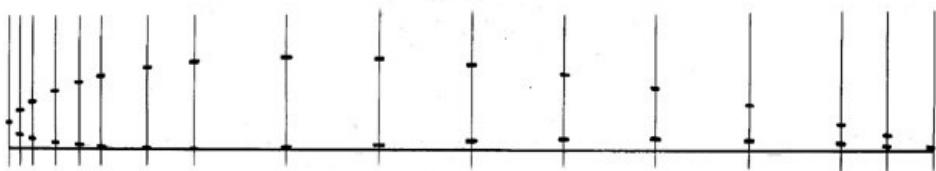


Fig. 48

Marcando da mesma forma todas as cotas Y_1 e Y_2 e unindo todos esses pontos por curvas contínuas, obtêm-se, respectivamente, as linhas do extradorso e do intradorso.

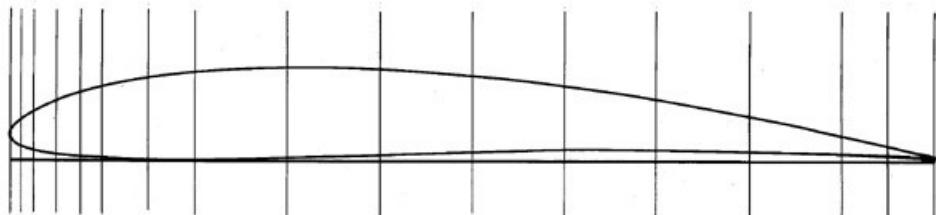


Fig. 49

Nos perfis N.A.C.A., ou naqueles cuja corda une o bordo de ataque ao de saída, alguns valores de Y_2 são antecedidos de um sinal negativo. Neste caso os pontos correspondentes a essas cotas devem ser marcados abaixo da linha da corda (*).

Escolha de perfis

Quando se pretende desenhar um aeromodelo, quer se trate de um planador de iniciação ou de um *speed* para provas, deve ter-se em conta que a eficiência do futuro modelo vai depender em grande parte do perfil escolhido.

Para facilitar essa escolha, indicam-se a seguir os mais adequados às diversas espécies de modelos e transcrevem-se as tabelas dos perfis aconselhados:

PLANADORES DE INICIAÇÃO – empregam-se perfis plano-convexos ou de intradorso ligeiramente côncavo, tais como: Clark Y, Göttingen 602.

PLANADORES DE CONCURSO – usam-se perfis côncavo-convexos, como N.A.C.A. 6409, Göttingen 500 e 602, RITZ, M.V.A. 173, Benedek 8556-b, Davis A=93 B=17, etc.

«WAKEFIELD» – N.A.C.A. 6409, R.A.F. 32, Eiffel 400, M.V.A. 123, M.V.A. 301, vários Benedek, entre os quais se podem destacar: B 7406-f, B 8556-b e B 6557-b, etc.

MOTOMODELOS – empregam-se os perfis plano-convexos ou côncavo-convexos: Clark Y, N.A.C.A. 6409, N.A.C.A. 6412, M.V.A. 301, Göttingen 301, Göttingen 602, B 8353-b/2, B 9304-b, etc.

ACROBACIA – são recomendáveis os perfis biconvexos simétricos, de maior ou menor espessura, consoante se destinem a modelos mais ou menos pesados: N.A.C.A M-3, N.A.C.A 0012, N.A.C.A 0015, N.A.C.A 0018, etc.

VELOCIDADE – devem empregar-se perfis biconvexos simétricos ou assimétricos finos. É também muito usual os especialistas empregarem perfis de concepção própria. Recomendam-se os N.A.C.A 0009, Göttingen 444 ou D.G.A. 1182.

CORRIDAS – perfis finos biconvexos simétricos ou assimétricos como: N.A.C.A 2409-34, R.A.F. 28, Saint-Cyr 52, Clark Y abatido, etc.

ASAS VOADORAS – perfis de dupla curvatura, como: R.A.F. 33.

INDOOR (modelos microfilme) – é muito usada a superfície superior do perfil fino de grande curvatura Marquardt S-2.

ESTABILIZADORES NEUTROS (não sustentadores a 0º) – N.A.C.A 0009 ou semelhantes.

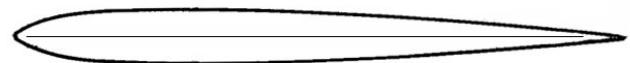
ESTABILIZADORES SUSTENTADORES – plano-convexos ou côncavo-convexos finos.

DERIVAS – biconvexos simétricos finos.

(*) **Nota da Edição Digital:** Para além do método clássico de desenhar perfis, descrito na edição original, os meios informáticos actuais permitem fazer essa operação facilmente, de forma automática. Um dos métodos possíveis poderá ser utilizando o Exel, para gerar gráficos, com base nas tabelas publicadas conjuntamente com a Edição Digital. Não está no âmbito deste trabalho preparar uma utilização directa de como tal poderá ser feito, mas pensamos que qualquer utilizador médio do Exel estará apto a fazê-lo.

COTAS DE PERFIS

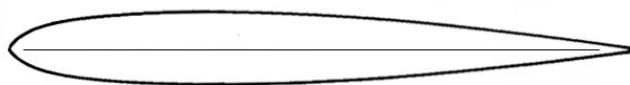
Biconvexos Simétricos



N.A.C.A. 0009

Fig. 50

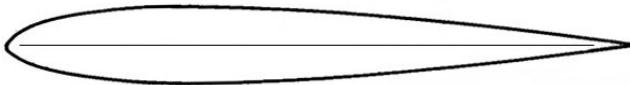
| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|---|------|-------|-------|-------|-------|----|------|----|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|----|-----|
| Y₁ | 0 | - | 1,96 | 2,66 | 3,15 | 3,51 | - | 4,3 | - | 4,5 | 4,35 | 3,97 | 3,42 | 2,74 | 1,98 | 1,8 | - | 0 |
| Y₂ | 0 | - | -1,96 | -2,66 | -3,15 | -3,51 | - | -4,3 | - | -4,5 | -4,35 | -3,97 | -3,42 | -2,74 | -1,98 | -1,8 | - | 0 |



N.A.C.A. M - 3

Fig. 51

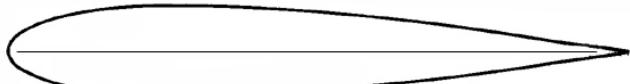
| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|---|------|-------|-------|------|-------|----|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|------|
| Y₁ | 0 | - | 2,41 | 3,39 | 4,0 | 4,47 | - | 5,57 | - | 5,95 | 5,89 | 5,50 | 4,85 | 3,96 | 2,88 | 1,62 | - | 0,2 |
| Y₂ | 0 | - | -2,41 | -3,39 | -4,0 | -4,47 | - | -5,57 | - | -5,95 | -5,89 | -5,50 | -4,85 | -3,96 | -2,88 | -1,62 | - | -0,2 |



N.A.C.A. 0012

Fig. 52

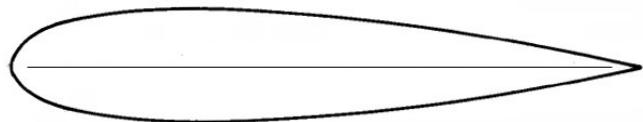
| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|---|------|-------|-------|-------|-------|----|-------|----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-----|
| Y₁ | 0 | - | 1,88 | 2,86 | 3,61 | 4,21 | - | 5,64 | - | 6,0 | 5,75 | 5,11 | 4,29 | 3,39 | 2,43 | 1,37 | - | 0 |
| Y₂ | 0 | - | -1,88 | -2,86 | -3,61 | -4,21 | - | -5,64 | - | -6,0 | -5,75 | -5,11 | -4,29 | -3,39 | -2,43 | -1,37 | - | 0 |



N.A.C.A. 0015

Fig. 53

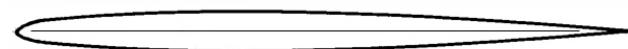
| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|----|-------|
| Y₁ | 0 | 2,36 | 3,26 | 4,44 | 5,25 | 5,85 | 6,68 | 7,17 | 7,42 | 7,5 | 7,25 | 6,61 | 5,7 | 4,58 | 3,27 | 1,81 | - | 0,15 |
| Y₂ | 0 | -2,36 | -3,26 | -4,44 | -5,25 | -5,85 | -6,68 | -7,17 | -7,42 | -7,5 | -7,25 | -6,61 | -5,7 | -4,58 | -3,27 | -1,81 | - | -0,15 |



N.A.C.A. 0018

Fig. 54

| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|---|------|-------|-------|------|-------|----|-------|----|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-----|
| Y₁ | 0 | - | 3,92 | 5,33 | 6,3 | 7,02 | - | 8,86 | - | 9,0 | 8,7 | 7,94 | 6,84 | 5,49 | 3,90 | 2,17 | - | 0 |
| Y₂ | 0 | - | -3,92 | -5,33 | -6,3 | -7,02 | - | -8,86 | - | -9,0 | -8,7 | -7,94 | -6,84 | -5,49 | -3,90 | -2,17 | - | 0 |



GÖTTINGEN 444

Fig. 55

| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|---|------|------|------|------|------|----|------|----|------|------|------|------|------|------|------|----|------|
| Y₁ | 0 | - | 1,0 | 1,5 | 1,7 | 1,9 | - | 2,5 | - | 2,6 | 2,9 | 2,6 | 2,4 | 2,0 | 1,5 | 0,9 | - | 0,1 |
| Y₂ | 0 | - | -1,0 | -1,5 | -1,7 | -1,9 | - | -2,5 | - | -2,6 | -2,9 | -2,6 | -2,4 | -2,0 | -1,5 | -0,9 | - | -0,1 |

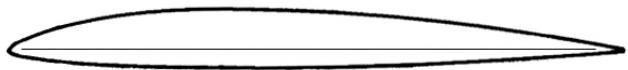
Biconvexos Assimétricos



D.G.A. 1182

Fig. 56

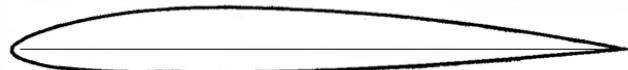
| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|---|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|----|-----|
| Y₁ | 0 | - | 1,9 | 2,5 | 2,8 | 3,1 | 3,65 | 4,0 | 4,2 | 4,3 | 4,3 | 4,0 | 3,5 | 2,9 | 2,1 | 1,25 | - | 0,3 |
| Y₂ | 0 | - | -0,8 | -1,2 | -1,5 | -1,7 | -1,95 | -2,1 | -2,2 | -2,3 | -2,4 | -2,3 | -2,0 | -1,75 | -1,25 | -0,5 | - | 0 |



N.A.C.A. 2409 - 34

Fig. 57

| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|
| Y₁ | 0 | - | 1,53 | 2,39 | 3,08 | 3,67 | 4,61 | 5,34 | 5,85 | 6,23 | 6,5 | 6,32 | 5,77 | 4,87 | 3,63 | 2,03 | - | 0,09 |
| Y₂ | 0 | - | -1,0 | -1,37 | -1,63 | -1,83 | -2,12 | -2,31 | -2,4 | -2,47 | -2,5 | -2,42 | -2,21 | -1,85 | -1,37 | -0,78 | - | -0,09 |

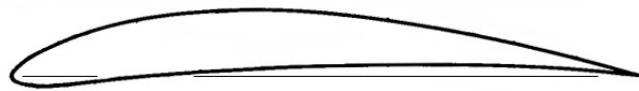


R.A.F. 28

Fig. 58

| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|---|------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|----|-----|
| Y₁ | 0 | - | 2,1 | 3,13 | 3,9 | 4,4 | 5,36 | 6,0 | 6,45 | 6,7 | 6,72 | 6,25 | 5,4 | 4,32 | 3,03 | 1,63 | - | 0 |
| Y₂ | 0 | - | -1,65 | -2,2 | -2,53 | -2,75 | -3,05 | -3,2 | -3,16 | -3,12 | -2,86 | -2,50 | -2,1 | -1,6 | -1,1 | -0,63 | - | 0 |

Côncavo - Convexos



N.A.C.A. 6409

Fig. 59

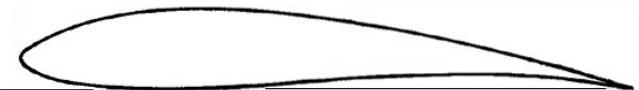
| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|----|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-----|
| Y₁ | 0 | 2,06 | 2,96 | 4,3 | 5,42 | 6,31 | 7,78 | 8,88 | - | 10,13 | 10,35 | 9,81 | 8,78 | 7,28 | 5,34 | 2,95 | 1,57 | 0 |
| Y₂ | 0 | -0,88 | -1,11 | -1,18 | -1,08 | -0,88 | -0,36 | 0,17 | - | 1,12 | 1,65 | 1,86 | 1,92 | 1,76 | 1,36 | 0,74 | 0,35 | 0 |



N.A.C.A. 6412

Fig. 60

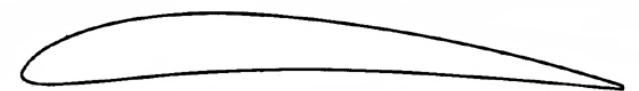
| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|------|-------|------|------|------|------|------|-----|
| Y₁ | 0 | 2,73 | 3,8 | 5,36 | 6,57 | 7,58 | 9,18 | 10,34 | - | 11,65 | 11,8 | 11,16 | 9,95 | 8,23 | 6,03 | 3,33 | 1,79 | 0 |
| Y₂ | 0 | -1,23 | -1,64 | -1,99 | -2,05 | -1,99 | -1,67 | -1,25 | - | -0,38 | 0,2 | 0,55 | 0,78 | 0,85 | 0,73 | 0,39 | 0,16 | 0 |



EIFFEL 400

Fig. 61

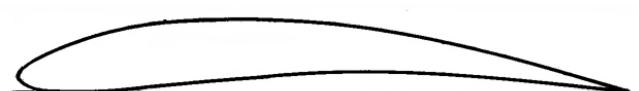
| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|-----|------|------|------|------|------|----|------|----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| Y₁ | 4,8 | 6,63 | 7,48 | 8,77 | 9,79 | 10,5 | - | 12,5 | - | 13,1 | 12,6 | 11,6 | 9,9 | 8,0 | 5,8 | 3,1 | 1,69 | 0,1 |
| Y₂ | 4,8 | 3,39 | 2,85 | 2,03 | 1,41 | 1,0 | - | 0,1 | - | 0,1 | 0,8 | 1,3 | 2,0 | 2,4 | 2,2 | 1,3 | 0,71 | 0,1 |



GÖTTINGEN 301

Fig. 62

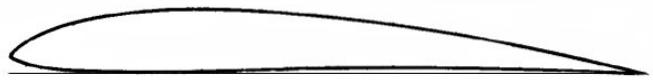
| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|-----|------|-----|-----|------|------|----|------|----|------|------|------|------|------|-----|-----|----|-----|
| Y₁ | 4,3 | - | 8,3 | 9,9 | 11,1 | 12,0 | - | 14,2 | - | 14,9 | 14,7 | 13,9 | 12,5 | 10,8 | 8,6 | 6,2 | - | 3,5 |
| Y₂ | 4,3 | - | 3,1 | 3,3 | 3,5 | 3,7 | - | 4,6 | - | 5,2 | 5,4 | 5,3 | 5,2 | 4,9 | 4,3 | 3,8 | - | 3,2 |



GÖTTINGEN 500

Fig. 63

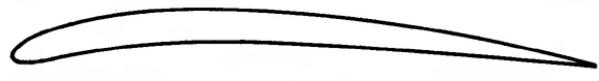
| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|------|------|------|-----|------|------|----|------|----|------|-------|-------|------|------|------|------|----|-----|
| Y₁ | 2,12 | - | 5,0 | 6,3 | 7,35 | 8,2 | - | 10,5 | - | 11,6 | 11,65 | 11,05 | 9,85 | 8,1 | 5,85 | 3,1 | - | 0 |
| Y₂ | 2,12 | - | 0,45 | 0,1 | 0 | 0,05 | - | 0,7 | - | 1,6 | 2,4 | 3,0 | 3,3 | 3,15 | 2,45 | 1,15 | - | 0 |



GÖTTINGEN 602

Fig. 64

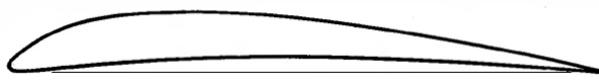
| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|----|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|
| Y₁ | 2,5 | 4,0 | 4,85 | 6,2 | 7,05 | 7,75 | 8,8 | 9,45 | - | 10,0 | 9,8 | 9,1 | 8,0 | 6,55 | 4,75 | 2,55 | 1,35 | 0 |
| Y₂ | 2,5 | 1,48 | 1,15 | 0,75 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 0 | - | 0,4 | 0,65 | 1,0 | 1,25 | 1,15 | 1,0 | 0,6 | 0,3 | 0 |



M.V.A. 123

Fig. 65

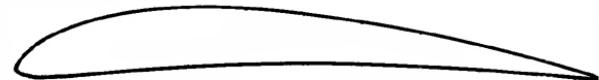
| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|-----|------|-----|-----|-----|------|----|------|----|------|------|------|------|-----|-----|-----|----|-----|
| Y₁ | 4,5 | - | 7,1 | 8,4 | - | 10,1 | - | 11,9 | - | 12,5 | 12,5 | 12,0 | 11,1 | 9,7 | 7,9 | 5,8 | - | 3,7 |
| Y₂ | 4,5 | - | 3,7 | 4,1 | - | 5,1 | - | 6,3 | - | 7,1 | 7,1 | 6,7 | 6,1 | 5,5 | 4,8 | 4,2 | - | 3,5 |



M.V.A. 173

Fig. 66

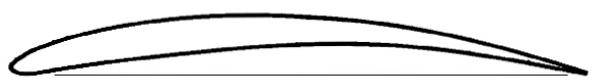
| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|
| Y₁ | 0,6 | 2,5 | 3,7 | 5,3 | - | 7,5 | - | 9,6 | - | 10,1 | 9,9 | 9,1 | 7,8 | 6,2 | 4,5 | 2,6 | - | 0,2 |
| Y₂ | 0,6 | 0 | 0,1 | 0,3 | - | 0,9 | - | 1,9 | - | 2,4 | 2,7 | 2,6 | 2,3 | 1,9 | 1,3 | 0,7 | - | 0 |



M.V.A. 301

Fig. 67

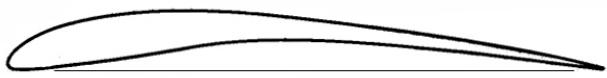
| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|-----|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|----|-----|
| Y₁ | 4,3 | - | 8,3 | 9,9 | - | 12,0 | 13,4 | 14,2 | 14,7 | 14,9 | 14,7 | 13,9 | 12,5 | 10,8 | 8,6 | 6,2 | - | 3,5 |
| Y₂ | 4,3 | - | 3,1 | 3,3 | - | 3,7 | 4,2 | 4,6 | 4,9 | 5,2 | 5,4 | 5,3 | 5,2 | 4,9 | 4,3 | 3,8 | - | 3,2 |



BENEDEK 6557 - b

Fig. 68

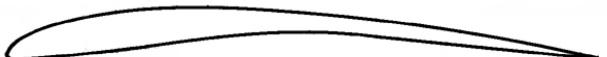
| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|-----|------|-----|------|------|------|-----|-----|------|------|------|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|
| Y₁ | 1,0 | 2,6 | 3,5 | 4,6 | 5,5 | 6,35 | 7,5 | 8,4 | 9,15 | 9,65 | 10,0 | 9,9 | 9,2 | 8,0 | 6,0 | 3,55 | 2,0 | 0,5 |
| Y₂ | 1,0 | 0,2 | 0 | 0,35 | 0,75 | 1,1 | 1,7 | 2,4 | 3,0 | 3,6 | 4,5 | 5,1 | 5,15 | 4,8 | 3,9 | 2,2 | 1,1 | 0 |



BENEDEK 7407 - d

Fig. 69

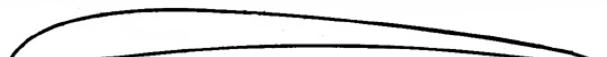
| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|------|-----|------|-----|
| Y₁ | 1,0 | 3,05 | 4,0 | 5,5 | 6,6 | 7,5 | 8,8 | 9,55 | 9,9 | 10,0 | 9,5 | 8,5 | 7,2 | 5,65 | 4,05 | 2,4 | 1,5 | 0,6 |
| Y₂ | 1,0 | 0,15 | 0,1 | 0,4 | 0,7 | 1,0 | 1,6 | 2,2 | 2,8 | 3,45 | 4,6 | 5,45 | 4,6 | 3,45 | 2,25 | 1,1 | 0,55 | 0 |



BENEDEK 7456 - d

Fig. 70

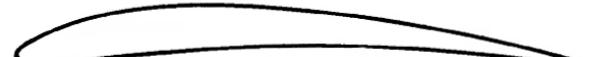
| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|
| Y₁ | 0,85 | 2,5 | 3,45 | 4,9 | 5,95 | 6,7 | 8,0 | 8,7 | 9,0 | 9,05 | 8,8 | 8,0 | 6,9 | 5,5 | 3,95 | 2,25 | 1,4 | 0,5 |
| Y₂ | 0,85 | 0 | 0,2 | 0,45 | 0,7 | 0,95 | 1,45 | 1,95 | 2,5 | 3,0 | 4,0 | 4,5 | 4,0 | 3,0 | 2,0 | 1,0 | 0,5 | 0 |



BENEDEK 7406 - f

Fig. 71

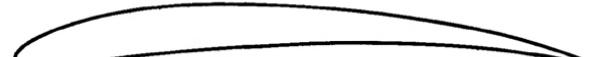
| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|-----|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|
| Y₁ | 0,9 | 2,95 | 3,95 | 5,6 | 6,6 | 7,4 | 8,55 | 9,2 | 9,55 | 9,65 | 9,3 | 8,6 | 7,7 | 6,65 | 5,4 | 3,95 | 2,9 | 0,5 |
| Y₂ | 0,9 | 0,1 | 0,1 | 0,45 | 0,8 | 1,0 | 1,5 | 1,95 | 2,4 | 2,8 | 3,4 | 3,8 | 3,75 | 3,4 | 2,65 | 1,6 | 0,9 | 0 |



BENEDEK 8406 - a

Fig. 72

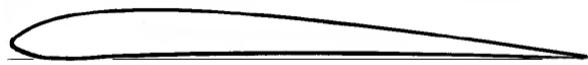
| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| Y₁ | 1,85 | 3,72 | 4,58 | 5,85 | 6,86 | 7,64 | 8,88 | 9,78 | 10,35 | 10,6 | 10,46 | 9,83 | 8,78 | 7,28 | 5,37 | 3,04 | 1,71 | 0,28 |
| Y₂ | 1,85 | 0,29 | 0,06 | 0,02 | 0,17 | 0,43 | 1,11 | 1,76 | 2,32 | 2,81 | 3,31 | 3,46 | 3,39 | 3,03 | 2,36 | 1,34 | 0,68 | 0 |



BENEDEK 8556 - b

Fig. 73

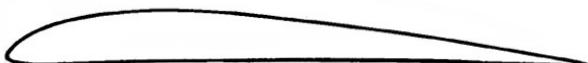
| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Y₁ | 1,4 | 3,0 | 4,0 | 5,3 | 6,3 | 7,0 | 8,25 | 9,15 | 9,75 | 10,2 | 10,5 | 10,2 | 9,35 | 8,2 | 6,4 | 4,0 | 2,5 | 0,6 |
| Y₂ | 1,4 | 0,3 | 0,1 | 0 | 0,2 | 0,4 | 1,0 | 1,5 | 2,1 | 2,5 | 3,2 | 3,75 | 4,0 | 3,9 | 3,2 | 2,0 | 1,1 | 0 |



BENEDEK 8353 – b/2

Fig. 74

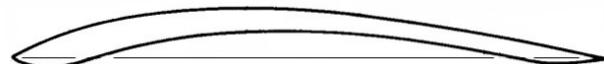
| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|-----|------|-----|-----|------|------|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| Y₁ | 2,0 | 3,5 | 4,4 | 5,5 | 6,25 | 6,90 | 7,6 | 8,0 | 8,2 | 8,2 | 7,8 | 7,0 | 6,0 | 4,7 | 3,3 | 1,9 | 1,15 | 0,4 |
| Y₂ | 2,0 | 1,0 | 0,6 | 0,2 | 0,05 | 0 | 0,2 | 0,35 | 0,5 | 0,65 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,6 | 0,3 | 0,18 | 0 |



BENEDEK 9304 – b

Fig. 75

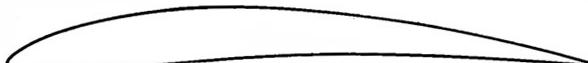
| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|-----|------|------|-----|-----|------|------|------|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|
| Y₁ | 1,5 | 3,4 | 4,5 | 5,8 | 6,8 | 7,6 | 8,75 | 9,3 | 9,5 | 9,45 | 9,0 | 8,0 | 6,95 | 5,5 | 4,0 | 2,2 | 1,25 | 0,25 |
| Y₂ | 1,5 | 0,5 | 0,15 | 0 | 0,1 | 0,25 | 0,45 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,75 | 0,85 | 0,85 | 0,8 | 0,6 | 0,3 | 0,15 | 0 |



MARQUARDT S - 2

Fig. 76

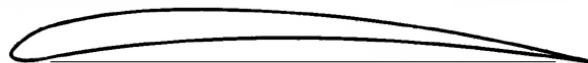
| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|---|------|-----|------|-----|------|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|----|-----|
| Y₁ | 0 | - | - | 2,35 | - | 4,4 | - | 6,7 | - | 7,8 | 8,3 | 7,9 | 6,9 | 5,6 | 3,9 | 2,0 | - | 0 |
| Y₂ | 0 | - | - | -1,5 | - | -1,0 | - | 1,5 | - | 3,5 | 4,5 | 4,5 | 3,9 | 2,6 | 0,9 | -1,0 | - | 0 |



DAVIS A = 93 B = 17

Fig. 77

| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|---|------|------|------|-----|------|----|-----|----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|
| Y₁ | 0 | 2,1 | 3,0 | 4,5 | - | 6,3 | - | 8,7 | - | 10,0 | 10,3 | 9,9 | 8,8 | 7,4 | 5,5 | 2,9 | - | 0 |
| Y₂ | 0 | -0,7 | -0,8 | -0,9 | - | -0,8 | - | 0 | - | 0,8 | 1,4 | 1,8 | 2,0 | 1,9 | 1,5 | 0,9 | - | 0 |



RITZ

Fig. 78

| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|
| Y₁ | 1,0 | 3,0 | 3,6 | 5,0 | - | 6,4 | - | 8,0 | - | 8,5 | 8,3 | 7,5 | 6,6 | 5,3 | 3,7 | 2,0 | - | 0 |
| Y₂ | 1,0 | 0 | 0 | 0,5 | - | 1,0 | - | 2,1 | - | 3,0 | 3,5 | 3,6 | 3,5 | 3,0 | 2,1 | 1,0 | - | 0 |



R.A.F. 32

Fig. 79

| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|------|------|------|------|-----|------|-------|-------|----|-------|------|-------|-------|-----|------|------|------|------|
| Y₁ | 3,42 | 5,56 | 6,52 | 7,84 | - | 9,72 | 11,02 | 11,92 | - | 12,98 | 13,1 | 12,46 | 11,06 | 9,1 | 6,56 | 3,6 | 1,98 | 0,12 |
| Y₂ | 3,42 | 1,96 | 1,50 | 0,88 | - | 0,3 | 0,08 | 0 | - | 0,3 | 0,7 | 1,1 | 1,46 | 1,6 | 1,46 | 0,92 | 0,52 | 0,12 |

Dupla Curvatura

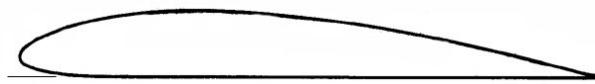


R.A.F. 33

Fig. 80

| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|------|------|------|------|-----|------|-------|------|----|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| Y₁ | 2,14 | 4,42 | 5,54 | 7,8 | - | 9,62 | 11,28 | 12,3 | - | 13,22 | 12,94 | 11,66 | 9,7 | 7,5 | 5,3 | 3,5 | 2,86 | 2,38 |
| Y₂ | 2,14 | 0,64 | 0,28 | 0,08 | - | 0,08 | 0,2 | 0,34 | - | 0,58 | 0,5 | 0,26 | 0,08 | 0,04 | 0,24 | 0,96 | 1,48 | 2,38 |

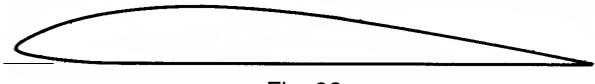
Plano - Convexos



CLARK Y

Fig. 81

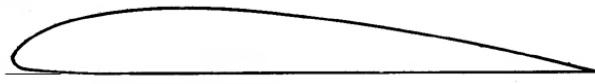
| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|-----|------|------|------|------|------|-------|-------|----|------|------|-------|------|------|------|-----|------|------|
| Y₁ | 3,5 | 5,45 | 6,50 | 7,9 | 8,85 | 9,6 | 10,68 | 11,36 | - | 11,7 | 11,4 | 10,52 | 9,15 | 7,35 | 5,22 | 2,8 | 1,49 | 0,12 |
| Y₂ | 3,5 | 1,93 | 1,47 | 0,93 | 0,63 | 0,42 | 0,15 | 0,03 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |



SAINT – CYR 52

Fig. 82

| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|-----|------|------|------|------|-----|----|------|----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|
| Y₁ | 2,5 | - | 4,24 | 5,50 | 6,47 | 6,8 | - | 9,1 | - | 10,0 | 9,8 | 8,8 | 7,5 | 5,5 | 3,9 | 2,1 | - | 0 |
| Y₂ | 2,5 | - | 1,66 | 1,30 | 0,87 | 0,8 | - | 0,02 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 |



GÖTTINGEN 436

Fig. 83

| X | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|----|-------|-------|-----|------|-----|-----|------|------|------|
| Y₁ | 2,66 | 4,53 | 5,54 | 7,0 | 8,11 | 8,98 | 10,16 | 10,82 | - | 11,08 | 10,55 | 9,6 | 8,28 | 6,6 | 4,7 | 2,64 | 1,54 | 0,25 |
| Y₂ | 2,66 | 1,21 | 0,79 | 0,37 | 0,15 | 0,05 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,25 |

ALONGAMENTO ALAR E RESISTÊNCIA INDUZIDA

Chama-se alongamento à relação entre a envergadura de uma asa e a sua profundidade média.

$$\lambda = \frac{E}{T_m}$$

Pode também dizer-se que o alongamento é a relação entre o quadrado da envergadura e a superfície da asa.

$$\lambda = \frac{E^2}{S}$$

Esta última expressão usa-se para o caso de asas de forma elíptica, ou outras em que não seja prático determinar o valor da corda média.

É o alongamento factor de grande importância nas características aerodinâmicas da asa.

Como se sabe, uma asa em movimento cria forças de pressão no ventre e de depressão no dorso. Assim, nas extremidades da asa, vamos encontrar um escoamento de ar do intradorso para o extradorso em torno do bordo marginal (fig. 84), fenómeno que se manifesta em virtude da tendência que todos os fluidos possuem de se escaparem das zonas de maior pressão para as de menor pressão.

Como indica a figura 85, as linhas de corrente do ventre da asa convergem para cima, atraídas pela zona de depressão, e projectam-se para trás, num movimento espiralado, em virtude da própria deslocação da asa.

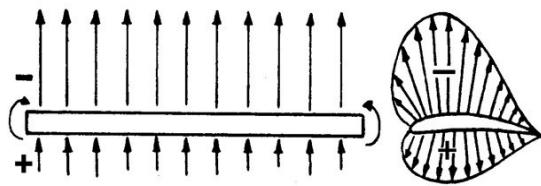


Fig. 84

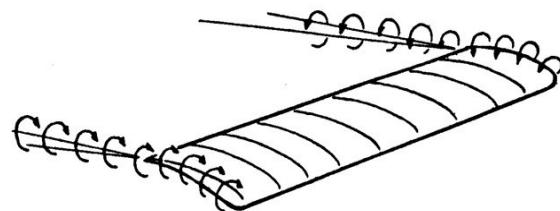


Fig. 85

Estes movimentos turbilhonianos, a que se dá o nome de *turbulência marginal* ou *resistência induzida*, produzem na asa um sensível aumento de resistência e uma ligeira diminuição da sustentação. Estes efeitos, como se depreende, serão tanto maiores quanto maior for a diferença entre as forças de pressão e de depressão.

Dado que a resistência induzida é prejudicial ao voo, torna-se necessário atenuar ou, se possível, eliminar essas turbulências, reduzindo a diferença de pressões entre o intradorso e o extradorso.

Com essa finalidade usam-se normalmente, os seguintes processos:

1 – MAIOR ALONGAMENTO: Ao aumentar o alongamento da asa, reduz-se a profundidade e, consequentemente, a intensidade do movimento turbilhunar dos bordos marginais.

Adoptando asas de forma elíptica ou trapezoidal, reduz-se também a resistência induzida em virtude de o perfil ir diminuindo gradualmente para as extremidades (fig. 86).

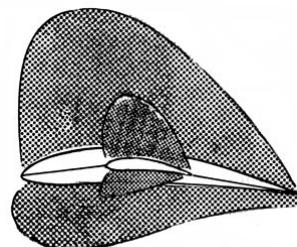


Fig. 86

2 – BORDOS MARGINAIS ARREDONDADOS: Da mesma forma, se se arredondarem as extremidades da asa, diminuir-se-á a diferença de pressões entre o dorso e o ventre.

3 – DERIVAS NOS BORDOS MARGINAIS: Com a finalidade de impedir a formação de turbulências marginais, usa-se, ainda, instalar placas verticais ou derivas nos perfis das extremidades, em especial em empenagens horizontais.

Isso isola as forças de pressão e de depressão e evita o escoamento do ar do intradorso para o extradorso.

4 – TORÇÃO GEOMÉTRICA: A asa é construída de forma a que o ângulo de calado vá diminuindo para os extremos, encontrando-se os perfis das extremidades nas vizinhanças da sustentação nula (fig. 87).

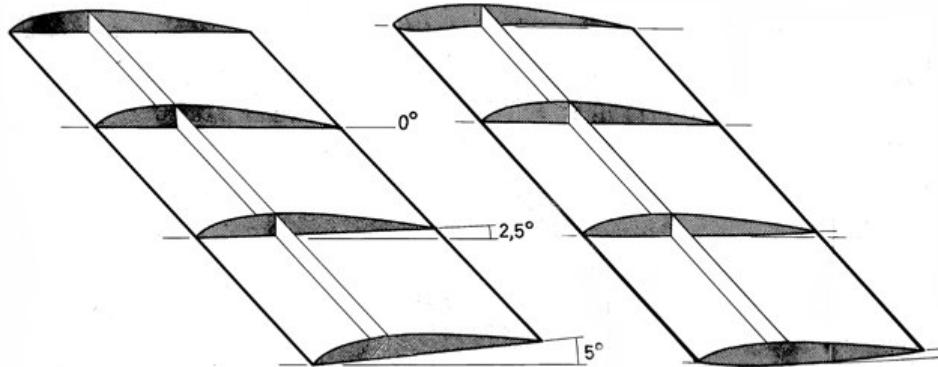


Fig. 87

Fig. 88

5 – TORÇÃO AERODINÂMICA: Obtém-se a torção aerodinâmica, fazendo evoluir o perfil da asa com o emprego de nervuras de forma diferente, de modo a que a sustentação vá diminuindo ao longo da asa e nos extremos seja praticamente nula (fig. 88).

Como já se disse, o alongamento e a torção, quer geométrica, quer aerodinâmica, têm ainda a vantagem de retardar o fenômeno da perda, dada a diferença de incidências ao longo da asa.

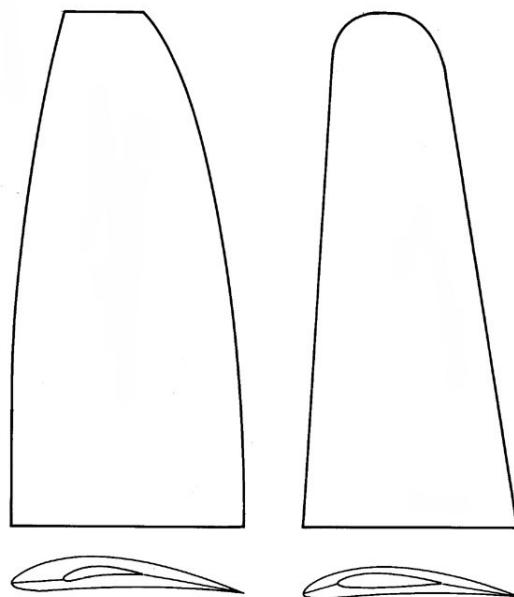


Fig. 89

Para atenuar a resistência induzida, podem ainda empregar-se, simultaneamente dois ou mais dos sistemas descritos como, por exemplo: asas elípticas com torção geométrica, asas trapezoidais de bordos arredondados e torção aerodinâmica, etc. (fig. 89).

No entanto, e porque os sistemas de torção reduzem a sustentação total da asa, e são, de certo modo, complicados e trabalhosos de executar, os processos que mais se empregam nos aeromodelos de competição resumem-se a: arredondamento das pontas em asas de grande alongamento (em regra, trapezoidais ou rectangulares de pontas elípticas) e redução da espessura máxima relativa nos perfis das zonas das extremidades.

VOO PLANADO E VOO COM MOTOR

Diz-se que um planador voa, descendo sempre.

Na realidade, sendo destituído de tracção, o planador progride porque o seu centro de gravidade, avançado em relação ao centro de pressões, o faz assumir, constantemente, uma posição picada; e isto, porque o *C.G.* tem sempre tendência de se colocar na vertical do *C.P.*

A tracção, no caso do planador, é substituída, como pode ver-se pelo gráfico da figura 90, pela componente P_x do peso.

Assim, no voo planado, o peso P é decomposto em duas forças – P_x , paralela ao deslocamento, e P_z , perpendicular – e equilibrado pela resistência R_x e pela sustentação R_z .

À trajectória descendente percorrida pelo *C.G.*, que assegura o equilíbrio destas forças, chama-se *planeio*, e ao ângulo que essa trajectória faz com a horizontal ângulo de *planeio* β .

É evidente que, quanto menor for este ângulo, isto é, quanto maior for a relação D/H (fig. 91), maior será a eficiência do modelo.

Sabendo-se que a eficiência aerodinâmica se exprime pela relação R_z/R_x , conclui-se que, para obter um reduzido ângulo de planeio, será necessário que o modelo possua baixa resistência ao avanço e grande sustentação.

À relação contrária H/D chama-se *coeficiente de planeio*.

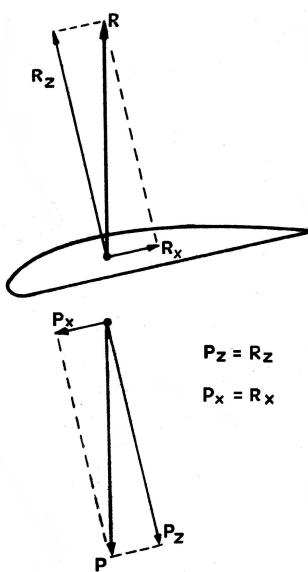


Fig. 90

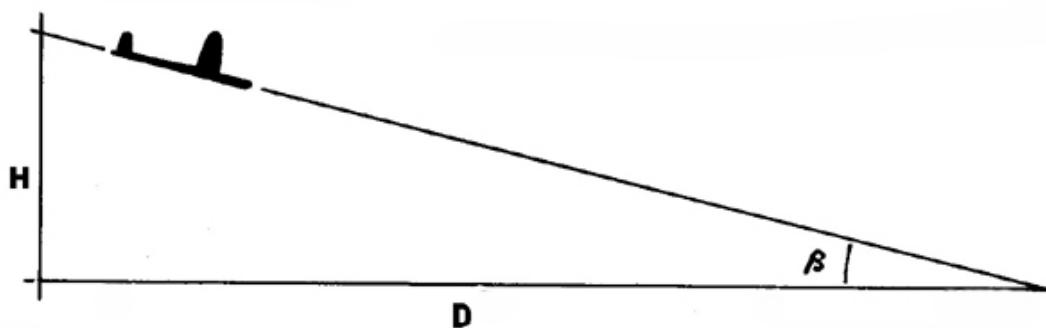


Fig. 91

O coeficiente de planeio representa, pois, a relação entre a altura perdida e a distância ao solo percorrida pelo modelo.

No voo planado há ainda a considerar a altura perdida, em relação ao tempo gasto – a *velocidade vertical de descida*, que terá de ser mínima, para que a duração seja máxima.

Assim, à velocidade de translação do modelo, que permite a maior duração de voo planado, e, portanto, a máxima eficiência, chama-se *velocidade mínima de descida*.

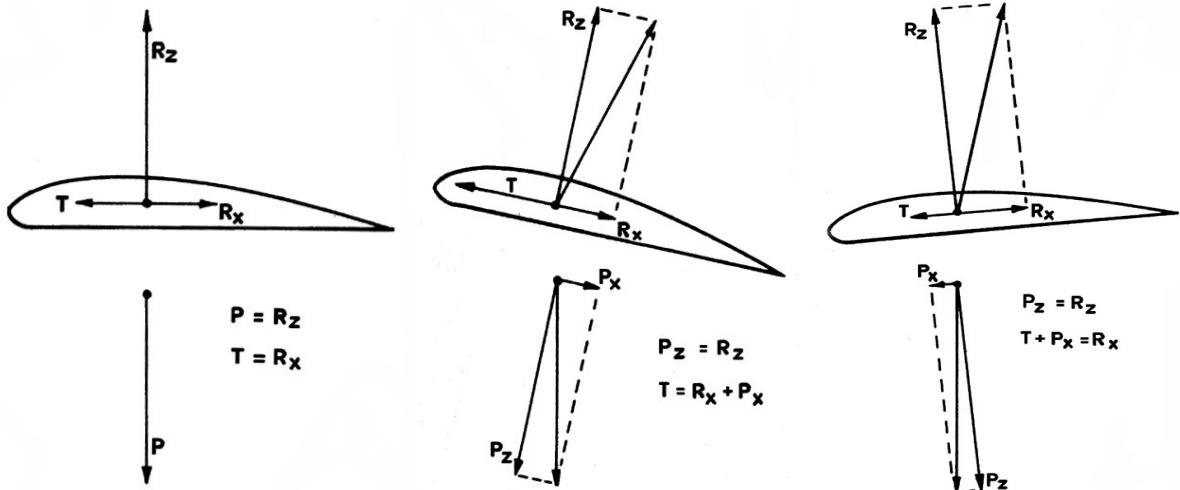


Fig. 92

Fig. 93

Fig. 94

No voo com motor, haverá que considerar ainda, além da sustentação, da resistência e do peso, a força de tracção T .

Se o peso é equilibrado pela sustentação e a resistência pela tracção, o modelo encontra-se em equilíbrio, voando à horizontal (fig. 92).

No voo ascendente (fig. 93), o peso P é equilibrado pela sustentação e pela tracção. Esta será igual à soma de R_x com P_x .

No voo descendente (fig. 94), o peso é equilibrado pela sustentação e pela resistência ao avanço, a qual, neste caso, é igual a $P_x + T$.

ESTABILIDADE

Estabilidade é a propriedade que um aeromodelo possui de poder retomar a sua linha de voo normal logo que cesse a causa que provocou o desequilíbrio.

Ao observarmos um aeromodelo que, voando segundo uma trajectória regular, baixa inesperadamente, por exemplo, urna das asas ou levanta o nariz, em virtude de qualquer interferência estranha, e logo em seguida volta à posição normal de voo, dizemos que ele é estável. Se, ao contrário, o modelo, desviado da sua posição de equilíbrio, tende a desviar-se mais dessa posição, dizemos que é instável.

Um aeromodelo, ao deslocar-se no espaço, está sujeito a movimentos que se realizam em torno de três eixos de rotação principais, que passam pelo centro de gravidade: eixo transversal, eixo longitudinal e eixo vertical.

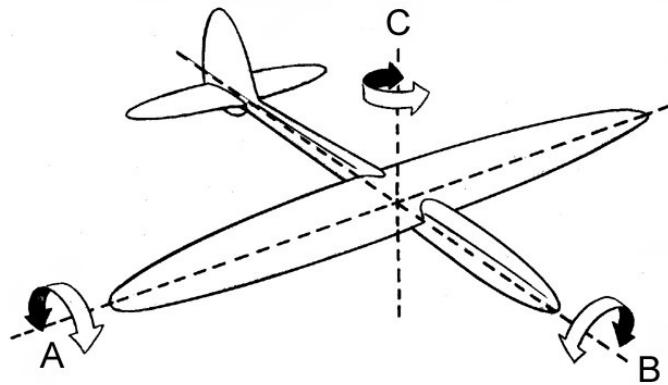


Fig. 95 –
 A – eixo transversal
 B – eixo longitudinal
 C – eixo vertical

Em torno do eixo transversal, que se supõe instalado na direcção da envergadura, realizam-se os movimentos de picar e cabrar. Ao eixo longitudinal, que coincide com a trajectória, correspondem os movimentos de berço, isto é, de inclinação da asa. Em torno do eixo vertical, perpendicular aos anteriores, realizam-se os movimentos de deriva, à esquerda e à direita.

Um aeromodelo deve, para ser estável, compensar em torno dos seus eixos as perdas de equilíbrio accidentais, de modo que a linha de voo (trajectória descrita pelo centro de gravidade) coincida aproximadamente com o eixo longitudinal do modelo.

O aeromodelo terá, pois, de realizar em torno desses eixos a estabilidade correspondente, para voar em estado de equilíbrio.

ESTABILIDADE LONGITUDINAL

Ao eixo transversal corresponde a estabilidade longitudinal e os movimentos que se lhe referem são os de picar e cabrar.

Já vimos que um perfil alar é, por natureza, instável: o [centro de pressão](#) desloca-se para a frente com o aumento do ângulo de ataque, e vice-versa.

Assim, para assegurar a indispensável estabilidade longitudinal, foram os modelos dotados de planos de cauda que têm como função principal equilibrar o modelo com uma forma aerodinâmica, que gera um momento oposto ao da asa.

Consideremos uma asa, representada por um perfil (fig. 96), com um determinado ângulo de ataque (α), em que o *C.P.* coincide com o *C.G.* e imaginemos aplicadas neste ponto comum as forças **S** (sustentação) e **P** (peso).

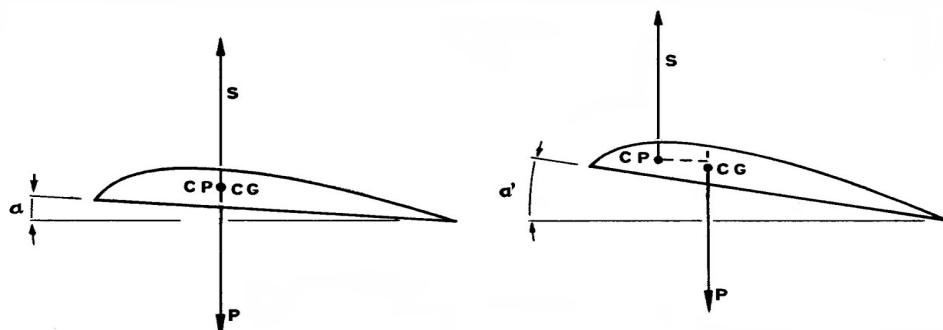


Fig. 96

A asa encontra-se em equilíbrio, pois a resultante é nula, já que ambas as forças, aplicadas no mesmo ponto e de sentidos opostos, têm a mesma grandeza.

Todavia, ao aumentarmos o ângulo de ataque (α') o C.P., onde está aplicada a força **S**, avança, enquanto o C.G. permanece na mesma posição. Gera-se, portanto, um binário que tende a provocar um movimento de rotação, aumentando esse ângulo e tornando cada vez maior o desequilíbrio.

Para se obter o equilíbrio desejado, dotam-se os aviões de um plano horizontal de cauda, ou estabilizador, que, solidário à asa por meio da fuselagem, criará também, com as variações do ângulo de ataque, um binário que contraria o gerado na asa.

Assim, aparecem dois binários, que se opõem: um, formado pelas forças **S** e **P**, que tende a fazer rodar a asa e, portanto, a desequilibrar o avião, e outro formado pelas forças **S'** e **P**, que obriga a restabelecer o equilíbrio (fig. 97).

Isto é, cria-se no modelo, quando ele entra accidentalmente em desequilíbrio longitudinal, um momento que é igual ao produto da força **S** pela sua distância ao C.G. Para restabelecer o equilíbrio, o plano de cauda criará também um momento – o momento estabilizador – equivalente ao produto da força **S'** pela distância **d**.

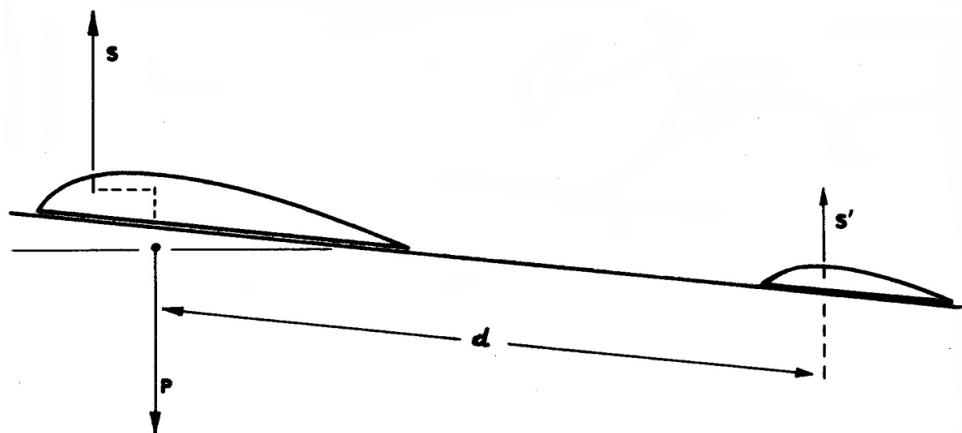


Fig. 97

Com efeito, se por qualquer causa estranha o ângulo de ataque aumentar, o momento estabilizador fará com que a cauda suba. Ao invés, se o ângulo de ataque diminuir, a cauda tenderá a descer, restabelecendo o equilíbrio (fig. 98).

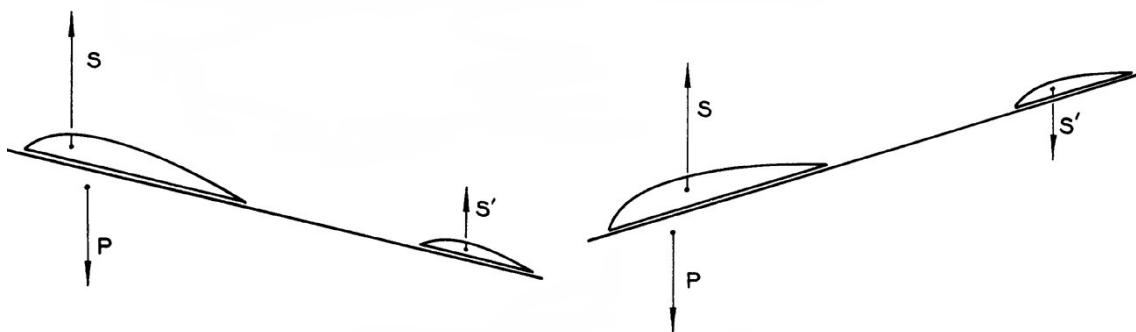


Fig. 98

No entanto, para que se possa conseguir a estabilidade longitudinal que determine o ângulo óptimo de planeio, torna-se necessário dar às superfícies sustentadoras uma determinada incidência relativa: tanto a asa como o estabilizador serão instalados na fuselagem segundo os melhores ângulos de calado para o planeio pretendido.

Assim, os planos sustentadores determinarão entre si um certo ângulo, formado pelas linhas de corda da asa e do estabilizador, ângulo esse que toma o nome particular de *V longitudinal* (fig. 99).

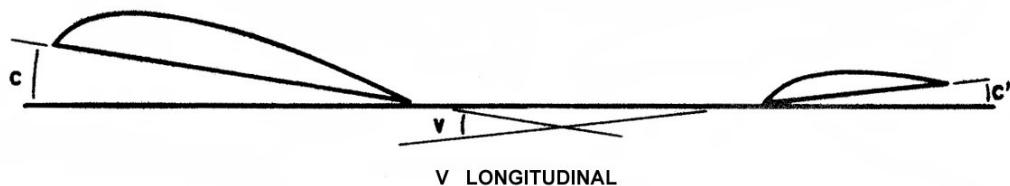


Fig. 99

Diz-se, na prática, que o momento estabilizador é o produto da área do plano horizontal de cauda pela distância *d*.

Para se obter um momento estabilizador eficaz não é necessário aumentar em demasia essa distância; o mesmo resultado será obtido aumentando a área do estabilizador.

A experiência diz-nos que, de um modo geral, para assegurar uma boa estabilidade longitudinal em modelos de duração, a distância *d* deve andar por 4 vezes a corda média da asa e que a área do estabilizador deve estar compreendida entre $\frac{1}{3}$ e $\frac{1}{5}$ da superfície alar.

ESTABILIDADE LATERAL

Os movimentos que correspondem à estabilidade lateral são os de berço, ou de inclinação da asa, e realizam-se em torno do eixo longitudinal.

A estabilidade lateral assegura-se dotando os modelos de determinadas superfícies verticais (derivas), normalmente colocadas acima do eixo longitudinal, e dispondo as asas em diedro, isto é, elevando as suas extremidades em relação à parte central.

Quando o modelo roda em torno do eixo longitudinal, exerce-se, sobre as superfícies verticais, uma reacção do ar que tende a fazer regressar à posição inicial essas superfícies (fig. 100).

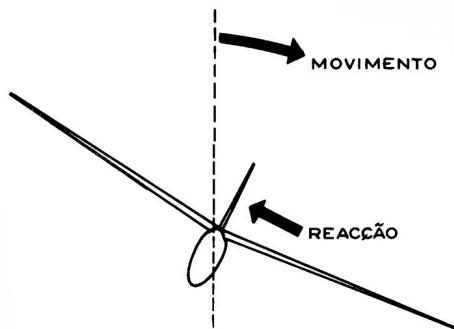


Fig. 100

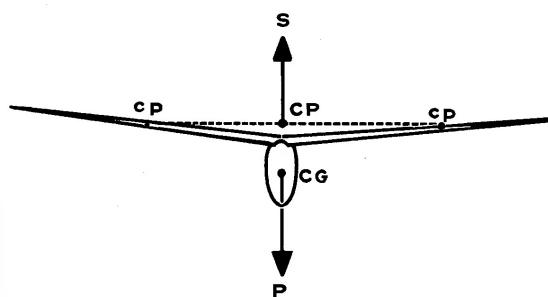


Fig. 101

Quando o modelo se inclina lateralmente, cria-se um momento estabilizador pendular, cujo braço é dado pela distância (*a*), da vertical do *C.P.* ao centro de gravidade (fig. 102).

No entanto, quando o modelo se inclina, é o diedro que exerce maior influência no restabelecimento do equilíbrio.

Considerando uma asa com diedro, verificamos que o centro de pressão dessa asa está colocado numa posição elevada (fig. 101). Neste caso o *C.P.* total encontrar-se-á a meio da uma recta, que une os centros de pressão das semi-asas.

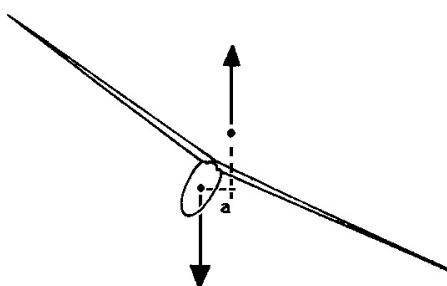


Fig. 102

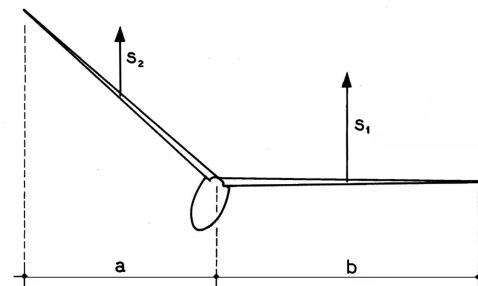


Fig. 103

Daqui se conclui que tanto mais estável será o modelo quanto maior for o afastamento dos centros de gravidade e de pressão, o que torna evidente, no caso da estabilidade lateral, a supremacia das asas com diedro em relação às asas rectas.

Em relação à área projectada, o diedro impõe ainda uma outra acção estabilizadora.

Como se verifica pela figura 103, a asa inferior apresenta uma superfície de projecção maior do que a asa elevada e, assim, dado que a sustentação é directamente proporcional à área alar, a asa mais baixa tenderá a elevar-se, restabelecendo o equilíbrio.

As formas de diedro mais usadas em aeromodelos são as seguintes:

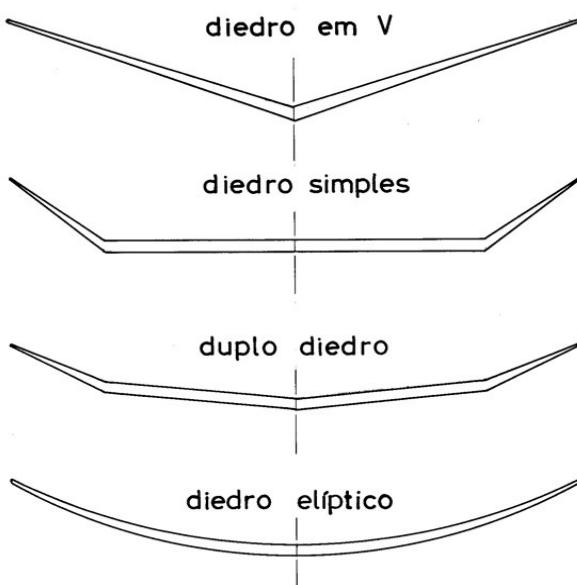


Fig. 104

O mais eficiente é, sem dúvida, o diedro elíptico, mas a grande dificuldade na sua construção leva os praticantes a usarem outras formas de diedro, também eficientes.

O duplo diedro tem uma acção estabilizadora muito enérgica e, por isso, é utilizado com frequência nos motomodelos de voo livre, em virtude da instabilidade na saída destes modelos.

Nos «borrachas» usam-se, normalmente, diedros em V e nos planadores ambos os tipos, de preferência o duplo diedro.

Especialmente nos motomodelos, em que se exige uma boa estabilidade lateral, usa-se colocar a asa sobre uma *cabana*. Assim, afastando o *C.P.* o mais possível do *C.G.*, obtém-se um momento pendular estabilizador muito elevado, sem necessidade de um diedro pronunciado, o que, a utilizar-se, provocaria uma diminuição de sustentação e, portanto, de eficiência.

ESTABILIDADE DE ROTA

A estabilidade de rota, que se realiza em torno do eixo vertical, opõe-se aos movimentos de deriva, à esquerda e à direita.

A estabilidade de rota é assegurada por uma racional distribuição da área lateral do modelo e, em muito menor escala, pela forma em flecha dada à asa.

Nas asas em flecha, com as pontas marginais projectadas para trás, a semiasa que avança opõe maior resistência ao avanço do que a outra (fig. 105), concorrendo assim, com uma pequena parcela, para manter a rota do modelo.

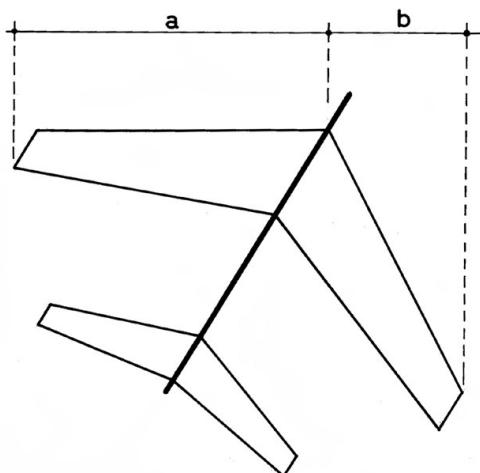


Fig. 105

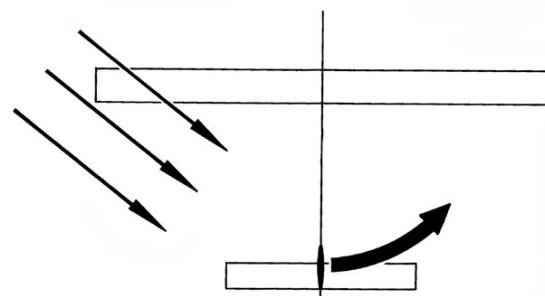


Fig. 106

No entanto, o que assegura essencialmente a estabilidade de rota é uma distribuição adequada da área lateral do modelo, da qual a maior parte deve encontrar-se atrás do eixo vertical.

Imaginemos um modelo que, voando contra o vento, é momentaneamente atacado por uma rajada lateral. Ele reagirá como um cata-vento: a parte posterior, onde está concentrada a maior parte da área, apresenta-se com uma incidência positiva em relação ao vento relativo e cria um momento que o fará rodar sobre o eixo vertical e ficar de novo frente ao vento (fig. 106).

Num aeromodelo, tal efeito é tanto maior quanto maior for a área do estabilizador, ou quanto maior for a sua distância ao centro de gravidade.

É evidente, no entanto, que um momento estabilizador elevado irá originar um movimento de cauda demasiado enérgico, reagindo o modelo aos mais insignificantes golpes de ar laterais, o que não é aconselhável nos modelos destinados a voo térmico.

Diz-nos a experiência que a melhor distribuição da área lateral é a seguinte: três partes para a frente do eixo vertical e cinco para trás.

Em resumo, para se obter urna boa estabilidade lateral, deve o *centro de área lateral* do modelo encontrar-se no eixo longitudinal, um pouco atrás do centro de gravidade, tanto mais recuado quanto maior se pretenda o momento estabilizador.

Vejamos, agora, como se define e encontra o centro de área lateral.

Centro de área lateral (C.A.L.)

O C.A.L. é o ponto onde se supõe aplicada a resultante das forças que actuam perpendicularmente ao plano vertical do modelo, considerado na direcção do movimento.

Por outras palavras, é o ponto de aplicação da resultante de todas as forças aerodinâmicas, que atacam lateralmente o modelo.

Para determinar a sua posição exacta, desenha-se a vista lateral do modelo, completo, duplicando a área do diedro e trem de aterragem, bem como a deriva, se esta for dupla.

Traça-se depois urna linha vertical que divida a área assim obtida em duas partes iguais – uma anterior, outra posterior – e uma linha horizontal, que divida também a mesma superfície em partes iguais – uma superior, outra inferior.

O ponto de encontro dessas duas linhas, que representa o centro geométrico da figura, determina o centro de área lateral (fig. 108).

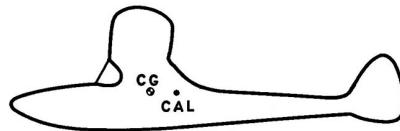


Fig. 107

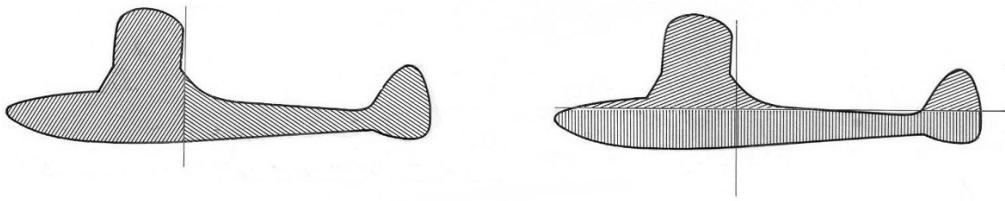


Fig. 108

No entanto, por se tratar de um processo trabalhoso de determinação de áreas, usam-se, na prática, outros métodos, também exactos e bastante mais simples.

Um deles é o descrito na figura 109.

Recorta-se em cartolina a vista lateral do modelo (que se desenhou à escala de $1/4$, por exemplo, não esquecendo duplicar todas as superfícies que sejam duplas) e suspende-se a silhueta obtida, que se prende pela deriva a um fio de prumo, marcando-se a vertical determinada pelo fio.

Em seguida, suspende-se de novo a silhueta por um outro ponto e traça-se a nova vertical. O ponto de intercepção das duas linhas, que não é mais do que o centro de gravidade da cartolina, coincide com o centro de área lateral do modelo.

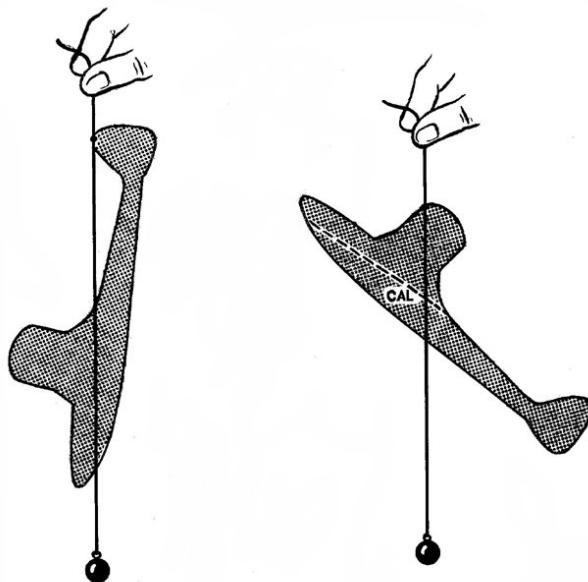


Fig. 109

Um outro processo (fig. 110) consiste em equilibrar a silhueta sobre uma cunha, primeiro numa posição, depois numa outra posição normal à primeira. Marcando na silhueta as linhas de contacto com a aresta da cunha, encontra-se o *C.A.L.*, no ponto de cruzamento das duas linhas.

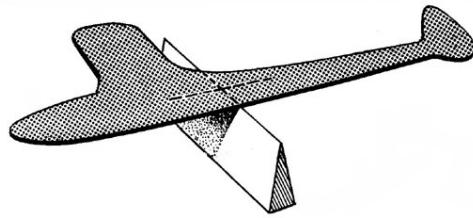


Fig. 110

Eixo de rolamento

Quando se diz que um modelo possui boa estabilidade de rota, não significa que ele tenha, necessariamente, de percorrer uma trajectória rectilínea. Muitos modelos são equilibrados de modo a descreverem linhas de voo espiraladas, em especial os modelos de duração em voo térmico, para assim obterem subidas e planeios mais adequados ao fim em vista.

Assim, teremos de considerar ainda um outro factor teórico que intervém na estabilidade de rota - o *eixo de rolamento* -, que se define como a recta que passa pelos centros das áreas laterais, anterior e posterior, tomadas com referência ao centro de gravidade (fig. 111).

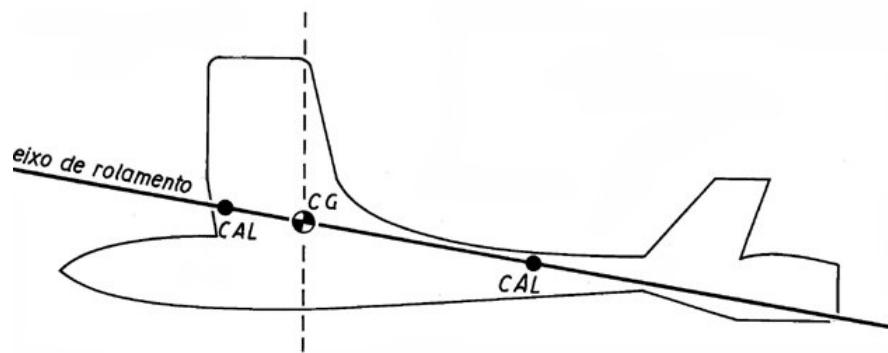


Fig. 111

Essa linha determina o eixo segundo o qual o modelo roda quando é investido por uma corrente de ar lateral. Se o eixo de rolamento fizer com a direcção do movimento um ângulo positivo, o modelo tenderá a inclinar o nariz para cima, verificando-se o contrário, se o eixo tiver uma incidência negativa.

Daqui se conclui assumir este eixo grande importância no voo em espiral, principalmente nos modelos a motor (motomodelos de voo livre, «borrachas», telecomandados, etc.), nos quais é fundamental assegurar uma distribuição da área lateral que determine um eixo de rolamento de incidência positiva.

Isso permitirá uma mais segura estabilidade nas saídas em espiral, sendo mais um factor a contribuir para que o modelo, nas voltas, não incline o nariz para baixo e entre em parafuso.

CAPÍTULO II

O HÉLICE

O hélice é o elemento do aeromodelo que transforma o movimento de rotação do motor no de translação do aparelho. Por outras palavras, o hélice transforma a energia mecânica fornecida pelo motor de explosão ou pela meada de elástico na potência necessária à tracção do modelo.

É ao conjunto hélice-motor que se chama *grupo motopropulsor* do aeromodelo ou avião.

O hélice é constituído por uma, duas ou mais lâminas, dispostas com uma certa inclinação, que tomam o nome de pás, e pelo *cubo*, que é a parte central, vizinha do eixo.

Consoante o número de pás, os hélices denominam-se de *monopás*, *bipás*, *tripás*, etc.

As suas características aerodinâmicas são muito semelhantes às de uma asa e, assim, distinguem-se também, no hélice: o bordo de ataque, o bordo de fuga, os bordos marginais, os perfis, etc.

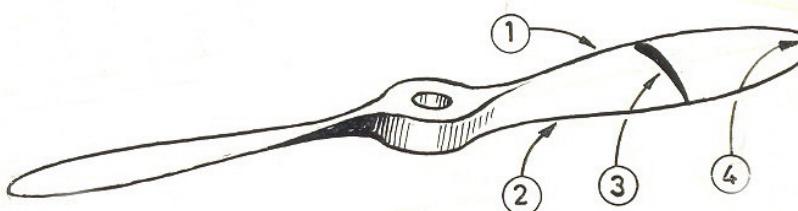
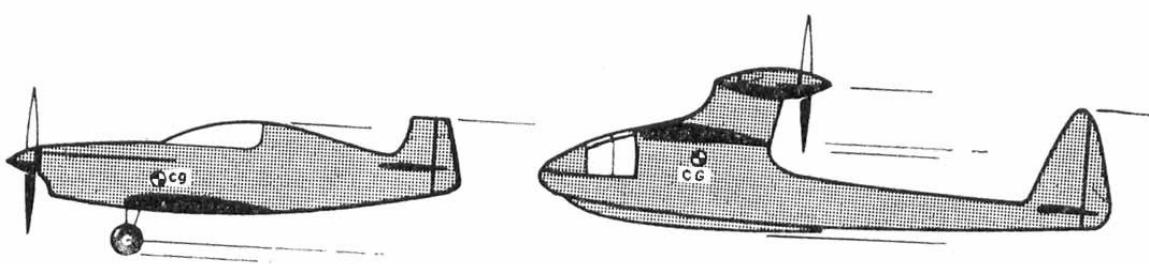


Fig. 112 –
1 – bordo de ataque;
2 – bordo de fuga;
3 – perfil;
4 – bordo marginal.

Os hélices podem ser tractores ou propulsores e esquerdos ou direitos.

O *hélice tractor* está colocado, e exerce a sua acção, à frente do centro de gravidade e o *hélice propulsor* atrás daquele centro (fig. 113).

Pode dizer-se, em linguagem simples, que o hélice tractor *puxa* o modelo, ao passo que o propulsor o *empurra*.



Hélice tractor

Hélice propulsor

Fig. 113

Segundo o sentido de rotação, os hélices dividem-se em *esquerdos* e *direitos*. Os primeiros rodam da esquerda para a direita, colocando-se o observador na frente do modelo, e os segundos no sentido inverso (fig. 114).

Os hélices mais utilizados são os direitos, em virtude de ser esse o sentido universal dado aos motores a pistão, que rodam ao invés dos ponteiros do relógio. Todavia, nos modelos com motor de elástico, já que a torção da meada se pode dar tanto num sentido como no outro, adoptam-se às vezes hélices esquerdos.

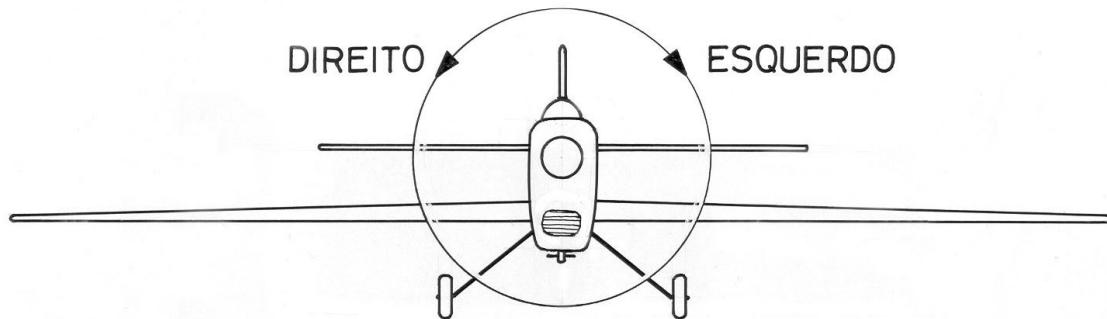


Fig. 114

COMO ACTUA O HÉLICE

As características principais do hélice são o diâmetro e o passo. O *diâmetro do hélice* é precisamente o diâmetro da circunferência descrita pelas extremidades das pás na sua rotação. Num hélice bipá, será pois a distância que vai da extremidade de uma das pás à outra.

O *passo* é a distância percorrida pelo hélice numa rotação completa.

O hélice ao rodar, impulsionado pelo motor, perfura o ar como um parafuso penetra na madeira. A força que a chave de fendas exerce no parafuso para que ele avance pode comparar-se à potência que o motor fornece para que o hélice progride.

Contudo, o comportamento do hélice é ligeiramente diferente do do parafuso. Na realidade, ele trabalha num elemento muito mais compressível e elástico, donde resultam perdas que originam um menor avanço.

A sua deslocação cria, como uma asa, forças de depressão no dorso das pás e de pressão no ventre (que, no caso particular do hélice, se traduzem por forças de tracção), bem como resistências induzidas que contrariam a sua progressão normal. Pode dizer-se que as pás são asas giratórias e que a força de tracção no hélice tem idêntica origem à da sustentação na asa.

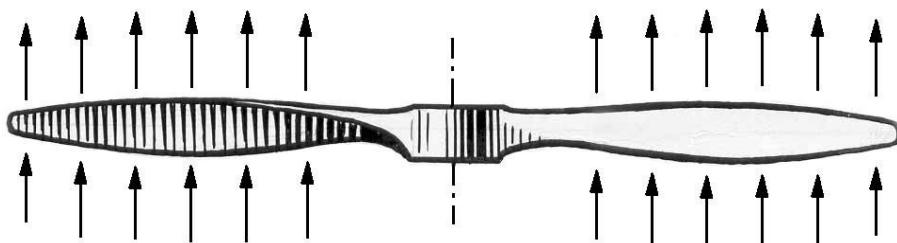


Fig. 115 - Forças de tracção.

O avanço efectivo do hélice não corresponde, em virtude daquelas perdas e resistências, ao passo teórico, chamando-se a essa diferença o *recuo*.

O *passo prático* – distância que, na realidade, o hélice avança numa volta completa – somado ao recuo, dará, pois, o passo teórico (fig. 116).

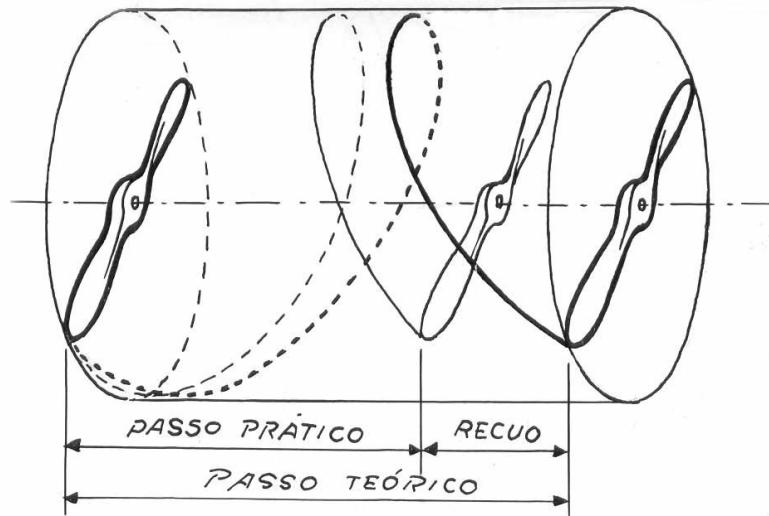


Fig. 116

Um hélice de bom rendimento terá um passo constante, isto é, todas as secções da pá terão o mesmo avanço. As mais próximas do eixo terão maior inclinação que as secções mais afastadas, pois sendo a velocidade de circulação naqueles pontos inferior à das extremidades do hélice, o avanço será idêntico.

Assim, para que o passo seja constante, os ângulos de posição das diversas secções da pá serão tanto maiores quanto mais próximas estiverem do cubo, em virtude da velocidade relativa dos diversos pontos da pá crescer na razão directa da distância desses pontos ao eixo do hélice (fig. 117).

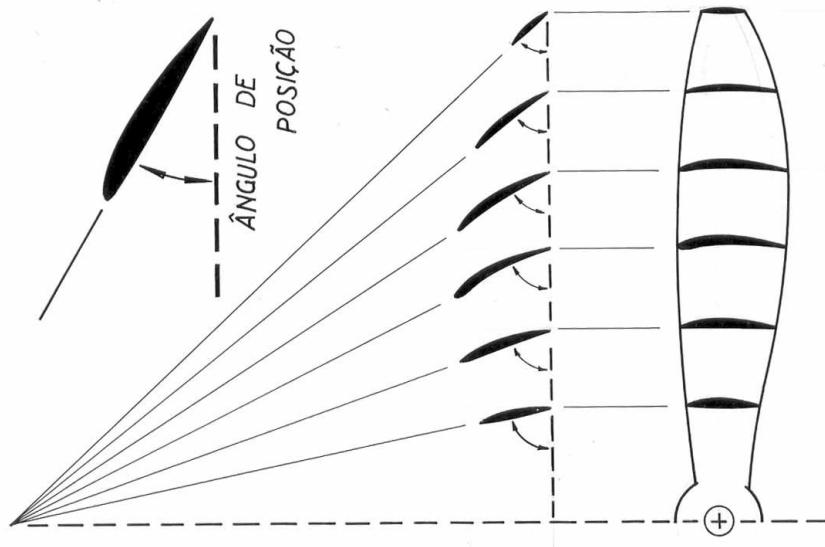


Fig. 117

Tomemos como exemplo um hélice de 8" de diâmetro aplicado num motor que desenvolva 17 000 r.p.m. É fácil comprovar que a extremidade deste hélice atingirá a velocidade de 639 km/h, enquanto um ponto situado, por exemplo, a $\frac{1}{4}$ da pá a partir do eixo, rodará apenas a 160 km/h.

Daqui se conclui, atendendo aos princípios gerais da aerodinâmica, que, para o hélice dispor de uma tracção distribuída uniformemente ao longo da pá, as secções que atingem menor velocidade devem ter inclinações maiores que as das secções com maior velocidade.

Os turbilhões que se desprendem dos extremos e do centro do hélice, provocados pela alta velocidade de rotação, assumem valores importantes e fazem com que a zona de maior rendimento se encontre a cerca de $\frac{3}{4}$ do comprimento da pá, a contar do eixo. Este é o ponto onde, normalmente, a pá é mais larga.

EFEITO DE «TORQUE»

Chama-se *efeito de «torque»* à reacção criada pela força rotacional do hélice, que tende a fazer rodar o modelo no sentido oposto ao do deslocamento das pás.

Isto pode demonstrar-se fazendo correr o modelo pelo solo, sem asa. O *torque* fará rodar a fuselagem no sentido contrário ao da rotação do hélice.

O efeito de *torque* será tanto maior quanto maior for o diâmetro do hélice e a área das pás.

Em voo, a força de *torque* é grandemente amortecida pela asa, mas mesmo assim faz baixar uma das pontas, provocando um deslocamento equivalente a um golpe de ar constante, actuando sobre a superfície de uma das semiasas.

Nos modelos de hélices direitos, o *torque* tende a fazer girar o modelo para a esquerda, obrigando-o a espiralar para esse lado.

EFEITO GIROSCÓPICO

Um corpo que gira a elevada velocidade tende a manter inalterável a posição do seu eixo de rotação, e o efeito é tanto maior quanto maior for a velocidade rotacional e o peso do corpo. Contudo, quando o eixo é obrigado a mudar de posição, em virtude de uma força estranha, desloca-se como se a força fosse aplicada num ponto situado a 90° , no sentido da rotação.

Podemos facilmente verificar o fenómeno fazendo rodar no seu eixo uma roda de bicicleta. Logo que ela gire velozmente, façamos inclinar rapidamente o eixo para a esquerda. A roda inclinar-se-á, com certa dificuldade, não para o lado em que pretendíamos levá-la, mas para cima ou para baixo, consoante a tivéssemos posto a girar, respectivamente, da direita para a esquerda ou da esquerda para a direita.

Esta força especial de reacção chama-se *efeito giroscópico*, força que é aplicada sobre um eixo normal ao eixo de rotação e é comprovada experimentalmente por meio de um instrumento denominado «giroscópio».

Se em determinado ponto do giroscópio em movimento for exercida uma pressão, esta reflectir-se-á num ponto situado a 90° , no sentido da rotação.

Um hélice girando a alta velocidade constitui uma massa giroscópica, estando sujeita, portanto, àqueles efeitos.

Assim, por exemplo, um modelo que tenha a tendência de rodar à esquerda está sujeito ao efeito giroscópico que o obriga a cabrar, se o hélice com que está equipado for direito.

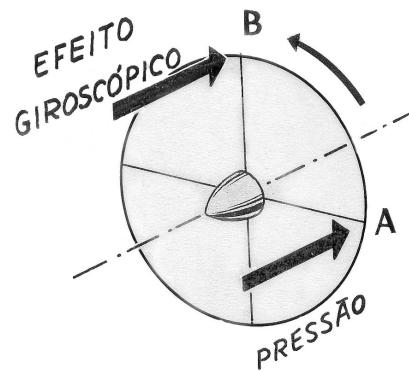


Fig. 118

E isto porque a inclinação do modelo à esquerda representa como uma pressão exercida no ponto **A** (fig. 118). O efeito giroscópico actuará, portanto, no ponto **B**, isto é, 90º à frente, no sentido do deslocamento do hélice, determinando no modelo uma tendência para cabrar.

CÁLCULO E ESCOLHA DO HÉLICE

Calcular um hélice representa estabelecer o diâmetro, o passo, a área das pás e o perfil.

Esses elementos determinam-se tendo em conta diversos factores, tais como: a classe do modelo (modelo com motor de borracha, motomodelo, velocidade, acrobacia, etc.), a potência do motor de explosão, a carga alar do modelo, a envergadura, a superfície sustentadora, a secção da meada-motor, etc.

O diâmetro, que é uma das principais características a estabelecer, depende da envergadura e superfície alares e do peso do modelo. Pode dizer-se, de um modo genérico, que um modelo pesado deve ter um hélice de grande diâmetro, exigindo-se o mesmo a modelos de grande envergadura ou de elevada carga alar, salvo nos modelos de velocidade pura.

O passo está directamente relacionado com a potência do motor e velocidade de translação requerida. Quanto maior for o passo, maior será o avanço, se se dispuser da potência necessária. O passo varia ainda, na razão inversa, com a área alar e carga do modelo. Um *speed*, por exemplo, terá um hélice de grande passo, enquanto um modelo de maiores proporções, a que se não exija elevada velocidade, necessitará de um hélice de passo fino.

Passo e diâmetro são, no entanto, características intimamente ligadas. Assim, pode dizer-se que um modelo de vastas dimensões e pesado deve ter um hélice de passo fino e grande diâmetro, ao passo que um modelo leve e de grandes proporções (um «Wakefield», por exemplo) poderá ter um hélice também de grande diâmetro e passo mais elevado.

No que respeita à superfície das pás, ela é quase sempre de proporções muito reduzidas, com excepção dos modelos com motor de borracha, nos quais se usam pás avantajadas para reduzir a velocidade rotacional do hélice.

Na generalidade, pode afirmar-se que a superfície das pás varia com o número de rotações pretendido: quanto maior rotação, menor a área da pá. É por isso que, nos modelos de velocidade, se empregam hélices de pás muito estreitas, enquanto nos «borrachas» a área das pás chega a ultrapassar, por vezes, 15 % da área alar.

Dado, como já se disse, que o hélice é uma asa sob o ponto de vista aerodinâmico, o perfil das pás segue as mesmas regras que o das asas. Assim, se se tratar de um hélice destinado a girar lentamente (caso dos modelos com motor de borracha), o perfil das pás será fino, côncavo-convexo e de grande curvatura. Nos modelos com motor de pistão, o perfil do hélice será côncavo-convexo de muito pequena curvatura, plano-convexo ou mesmo biconvexo assimétrico, isto é, escolher-se-ão perfis cuja resistência ao avanço seja mínima, já que o hélice se destina a girar a alta velocidade.

Ao contrário da maior parte das asas, o perfil das pás é sempre evolutivo, dada a própria configuração do hélice que, junto ao cubo, tem sempre uma espessura maior para lhe proporcionar a indispensável robustez.

Para diminuir a resistência induzida, que, devido ao alto regime de rotação, atinge valores elevados e provoca um abaixamento do rendimento geral, usa-se arredondar as extremidades das pás, ou fazer evoluir o perfil de modo que nos extremos do hélice ele tenha a forma biconvexa.

Hélices para motores de borracha

Calcular um hélice para um modelo com motor de borracha não é tarefa fácil.

Uma das principais dificuldades é a variação da potência do motor. Na realidade, no princípio do voo, quando a meada está carregada ao máximo, a potência é grande, decrescendo à medida

que o motor vai desenrolando, o que não acontece no caso dos motores de explosão, cujo regime de trabalho, durante o voo, é normalmente invariável.

Todavia, existem regras que a prática, em especial, nos deu a conhecer e nos permitem calcular, em valores muito aproximados, o hélice ideal para cada caso.

Um elemento de vital importância, no caso particular dos «borrachas», é a superfície das pás.

Diz-nos a experiência que aquela área deve estar compreendida entre 10 % e 15 % da área da asa. A proporção exacta depende, no entanto, da velocidade rotacional que, como se sabe, está intimamente ligada à potência do motor. Se a potência for elevada, a velocidade rotacional será alta e, assim, para se obter uma maior eficiência e um mínimo de efeito de *torque*, a área das pás deve estabelecer-se junto dos 10 % mencionados. No caso de *motores lentos*, a área das pás pode elevar-se até 15 %, aproveitando-se assim uma maior tracção.

A prática ensina-nos ainda que o diâmetro do hélice deve estabelecer-se entre $\frac{1}{3}$ e $\frac{1}{2}$ da envergadura da asa. Dentro destes limites, quanto maior for a superfície alar e o peso, maior será o diâmetro do hélice.

Depois de determinados o diâmetro e a superfície das pás, resta-nos conhecer o passo, de fundamental importância para o bom rendimento do hélice.

Para o determinar, trabalharemos com a relação **P/D** (passo sobre diâmetro).

A experiência demonstra que, para a maioria dos «borrachas», excluindo os de microfilme, a melhor relação **P/D** oscila entre 1 e 1,5.

Dentro deste princípio, o passo determinar-se-á de acordo com a velocidade relativa do modelo. Se o voo for veloz, devemos escolher um valor aproximado à relação de 1,5; se a velocidade média do modelo for a da maioria dos «borrachas», a relação mais baixa é a que melhor convém.

Para não diminuir demasiado a eficiência do motor, não se deve nunca ir além de 1,5. Nos modelos «Wakefield», a relação passo-diâmetro quase nunca ultrapassa 1,3.

A este respeito convém ainda observar que um hélice de passo muito reduzido, encontrando uma menor resistência ao avanço, gira a uma velocidade elevada, abreviando o tempo de descarga do motor e originando um apreciável momento de torção que fará o modelo executar uma saída crítica.

Hélices de roda livre e de pás dobráveis

O hélice de um «Wakefield», dada a grande área das pás, ofereceria enorme resistência se, depois de esgotada a energia do motor, permanecesse parado e rígido. Assim, dotam-se estes modelos, bem como todos os «borrachas» de maiores proporções, com hélices especiais, que têm a particularidade de reduzir o mais possível a resistência ao avanço, quando o modelo entra em voo planado.

Estes hélices são de dois tipos: de roda livre e de pás dobráveis.

O *hélice de roda livre* é rígido, mas possui um sistema de ligação ao eixo que lhe permite libertar-se automaticamente do motor logo que este tenha perdido toda a força de torção. Assim, girando livremente no seu eixo, em virtude da própria deslocação do modelo, reduz em grande parte a resistência oposta pelas pás.

O tipo de hélice de roda livre mais usado, pela sua facilidade de construção e segurança de funcionamento, é o representado na figura 119.

O eixo é dada a forma especial que a figura representa. Aí vai prender um travão em **L**, que tem por função fixar o hélice ao eixo, enquanto o motor estiver em carga.

Logo que a meada deixe de exercer tensão, o próprio hélice, continuando a girar, faz com que o travão se solte do eixo, ficando a rodar livremente.

O hélice de pás dobráveis tem a particularidade de recolher as pás, logo que o motor deixa de exercer acção, eliminando assim, quase por completo, a nefasta resistência, oposta pelas enormes pás abertas.

O cubo é dotado de um sistema de dobradiças, por intermédio das quais as pás podem tomar duas posições definidas: a posição de trabalho (fig. 120-A), na qual, durante a rotação, as pás se conservam abertas em virtude da força centrífuga, e a posição escamoteável (fig. 120-B), em que as pás, depois de terminada a descarga, se colocam ao lado da fuselagem.

A resistência ao avanço oposta por estes hélices, durante o planeio, é pois muito reduzida.

As pás, recolhidas à fuselagem, criam ainda uma certa turbulência que afecta o rendimento geral, mas isso não impede que sejam estes os hélices mais usados e os que se consideram de maior eficiência. Para reduzir, quanto possível, essa turbulência, há que determinar a colocação das dobradiças de tal modo que as pás se confundam o mais possível com a fuselagem.

Os tipos de mecanismos do nariz, de hélices de pás dobráveis mais eficientes e usados, são os representados na figura abaixo.

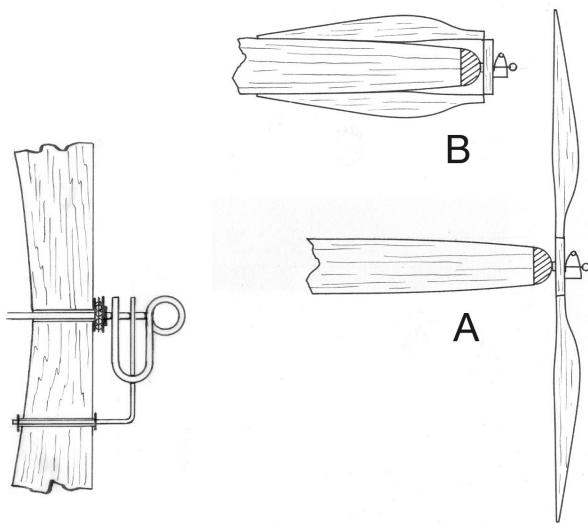


Fig. 119

Fig. 120

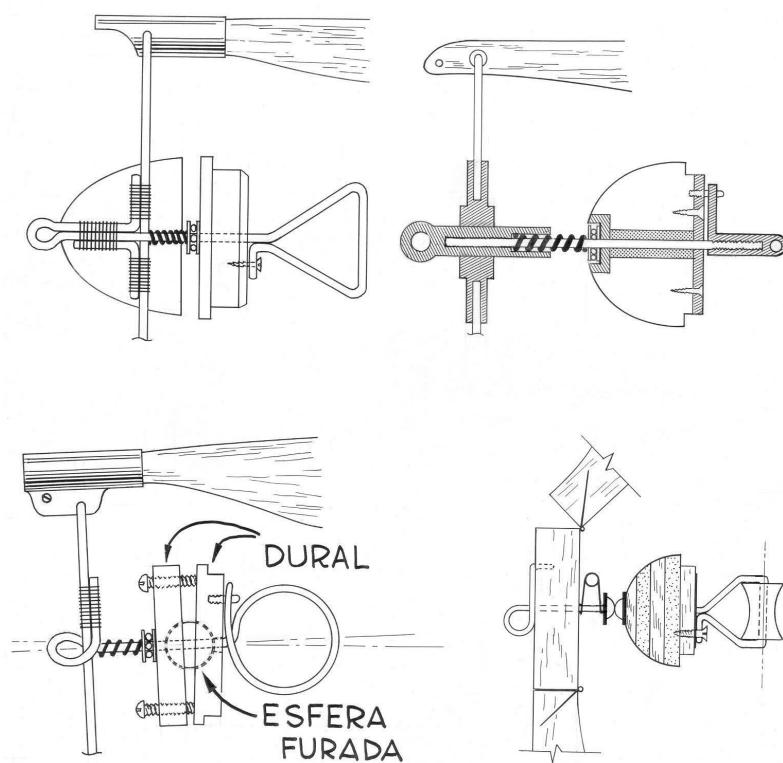


Fig. 121

Hélice monopá

O hélice monopá, usado apenas em modelos com motor de borracha, pode ser de roda livre ou de pá dobrável.

O equilíbrio do hélice monopá obtém-se colocando, a uma distância determinada, um contrapeso de chumbo. Contudo, a sua centragem é sempre difícil, pois torna-se quase impossível eliminar a vibração, proveniente de uma distribuição de massas que não é simétrica.

Para se obter um maior equilíbrio, usa-se colocar o chumbo a uma distância igual à compreendida entre o eixo e o centro de gravidade da pá.

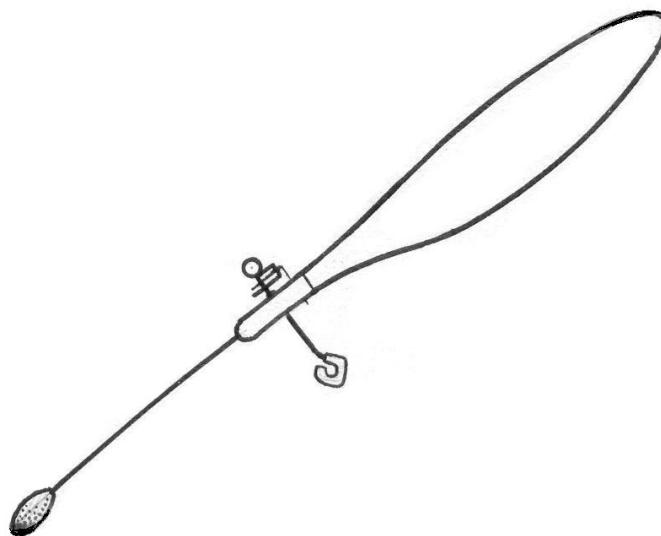


Fig. 122

As principais vantagens destes hélices, em relação aos bipás, são a simplicidade da sua construção e o maior rendimento, sob o ponto de vista aerodinâmico, em virtude de a pá, por ser única, trabalhar num meio muito menos turbulento.

Hélices para motores de explosão

Escolher o hélice que melhor convém a um modelo equipado com um motor de explosão é, sem dúvida, trabalho mais fácil do que determinar as características de um hélice para «borracha».

Aqui, se se pretende obter um rendimento elevado, usa-se deitar mão de tabelas e recomendações fornecidas pelo fabricante do motor, havendo o trabalho de interpretar esses valores de acordo com as normas recomendadas para cada caso, dentro de cada modalidade.

Apesar de consultadas, portanto, essas indicações, deve ter-se em mente que o hélice a adoptar depende também das características do próprio modelo.

Nos motomodelos de voo livre usam-se normalmente hélices com um diâmetro compreendido entre $1/7$ e $1/8$ da envergadura alar, andando o passo por, mais ou menos, metade do diâmetro.

A parte mais larga da pá, que se situa, aproximadamente, a $2/3$ a partir do cubo, anda por cerca de 10 % do diâmetro.

De uma forma geral, e dentro daqueles princípios, pode dizer-se que um motomodelo com uma carga alar elevada deve ter um hélice de grande diâmetro e pequeno passo, enquanto para cargas alares inferiores o hélice terá um diâmetro menor e um passo mais elevado.

Nos modelos de acrobacia, combate e treino de voo circular as características dos hélices não variam muito em relação aos de voo livre, já que naquelas modalidades se pretende também uma potência constante, e não uma elevada velocidade. Apenas o passo dos hélices de voo circular é um pouco superior ao dos de voo livre.

Nos modelos de velocidade, o diâmetro é bastante mais reduzido. Os motores de 2,5 c.c. de cilindrada usam hélices de cerca de 6", os de 5 c.c. de, mais ou menos, 7 1/2 " e os de 10 c.c. de 8 1/2 ", aproximadamente. O passo é sempre superior ao diâmetro e as pás são muito estreitas e finas, com as extremidades arredondadas, para reduzir ao mínimo as resistências marginais.

Para calcular o hélice apropriado, deve, pois, consultarem-se as tabelas publicadas ⁽⁶⁾ e interpretá-las de acordo com as regras aconselhadas para cada caso.

Um dos gráficos que tem maior interesse é o da potência do motor, em função do número de r.p.m. (rotações por minuto).

O gráfico da figura 123, que representa a curva da potência de um motor *glow-plug*, de 2,5 c.c. de cilindrada, mostra que a potência máxima (0,49 H. P.) é obtida às 18 000 rotações por minuto.

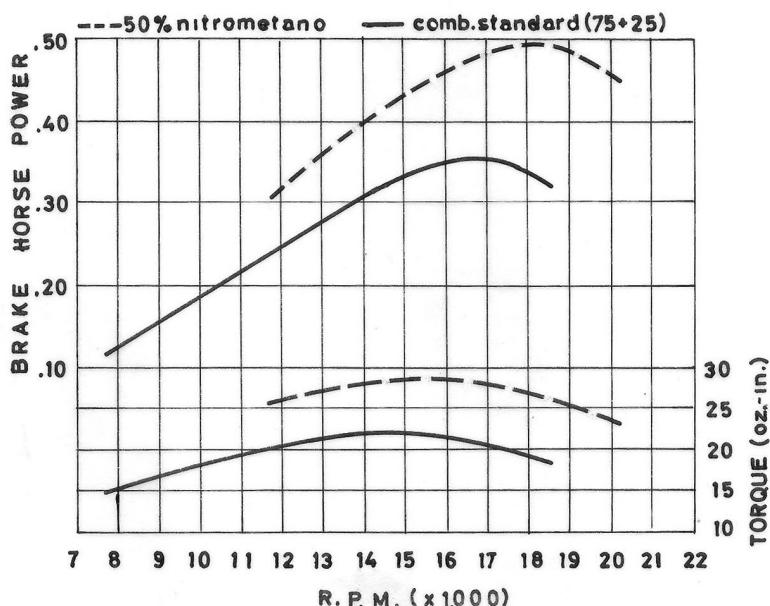


Fig. 123 – Curva de potência do motor «Super Tigre» G 20-115 Jubillée

Para se tirar o máximo rendimento deste motor, deve, como é lógico, usar-se um hélice que o faça rodar aproximadamente àquele regime.

Sabe-se, no entanto, que, em voo, e para a mesma afinação de motor, o recuo do hélice diminui, aumentando o número de r.p.m. Assim, nos modelos de alta *performance* (Velocidade e Corridas) verifica-se um aumento do número de r.p.m. do motor da ordem dos 10 %, ao passo que nos restantes modelos (de tipo *sport*, motomodelos de voo livre, etc.) esse aumento atinge em regra os 20 % (fig. 124).

⁽⁶⁾ As revistas da especialidade publicam também, regularmente, análises de motores, muitas vezes mais completas e rigorosas do que as dos fabricantes, nas quais incluem gráficos das curvas de potência e de torque, tabelas do rendimento de diversos hélices das marcas mais conhecidas e outras indicações úteis.

Nestas circunstâncias, e para que venha a obter-se em voo o máximo rendimento do motor, deve adoptar-se o hélice que, no banco de ensaios, o faça rodar a um regime inferior, em 10 ou 20 %, consoante os casos, ao número de r.p.m. óptimo.

Assim, por exemplo, e reportando-nos ao gráfico da figura 123, se se utilizasse um hélice que fizesse rodar o motor em bancada a 18 000 r.p.m. o motor iria atingir, em voo, um regime de trabalho da ordem das 20 000 r.p.m., regime este que não interessaria obter, dada a baixa potênci a que iria fomecer. Para o caso em questão, optar-se-ia por hélices que, no banco de ensaios, fomessem aproximadamente as 16 200 ou 14 400 rotações, conforme se destinasse a modelos de alta performance ou de tipo *sport*.

Existem ainda tabelas que dão a conhecer o rendimento dos diversos hélices comerciais, de marcas e características diferentes, com as quais o motor foi ensaiado.

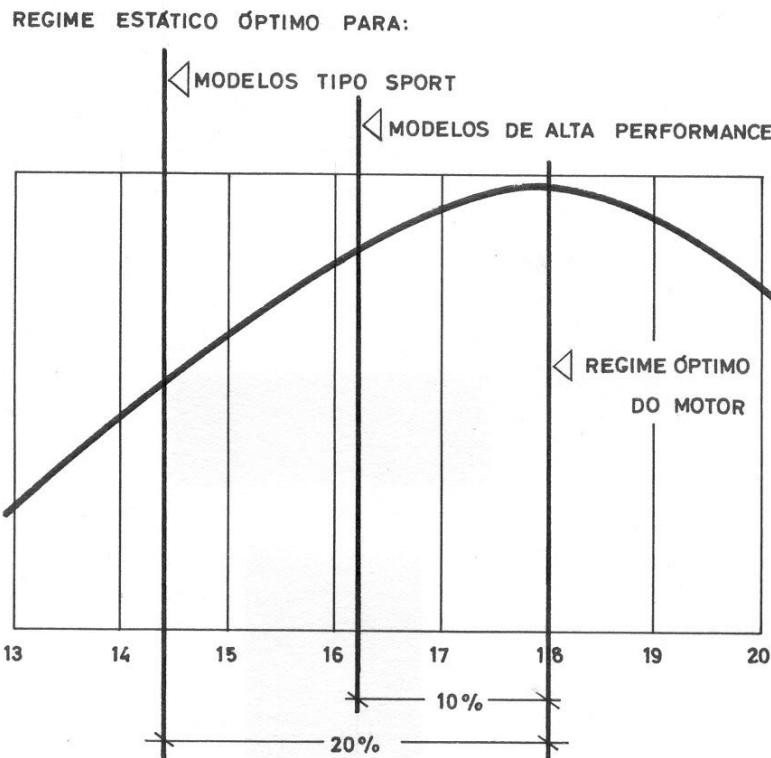


Fig. 124

Por aí se pode escolher aquele que mais convém, apesar de ser sempre aconselhável calcular e construir um hélice de rigoroso passo constante, cujas características permitam a rotação que confere ao motor a potência máxima e se ajustem, ao mesmo tempo, ao tipo de modelo a que se destina.

De qualquer modo, porém, serão as experiências de campo que, finalmente, determinarão o hélice que dá maior rendimento ao modelo, seja ele de acrobacia, de velocidade ou de voo livre.

É aconselhável usar-se, nas primeiras experiências, o hélice teoricamente mais indicado e tomar nota dos resultados. Depois, deve experimentar-se outros hélices, de diâmetros e passos ligeiramente superiores e inferiores, e comparar os resultados obtidos, para se chegar a conclusões definitivas.

DESENHO DO HÉLICE

Depois de estabelecidas as características do hélice – diâmetro, passo, área das pás e perfil –, toma-se necessário dar realização gráfica aos valores definidos, para determinar as dimensões do paralelepípedo rectangular que servirá à construção do hélice.

O diâmetro e a área das pás são elementos que facilmente se transportarão para o bloco a talhar, depois de conhecidos os seus valores.

O perfil das pás não requer qualquer desenho prévio no bloco. Ele será desenhado à parte, apenas para a elaboração de céreas que irão ajudar no desbaste final.

Resta o passo. Como determinar a incidência das pás e transportá-la para o bloco?

Cada ponto dum hélice em rotação descreve um cilindro, cujo raio é a distância que vai do ponto ao eixo e a altura o avanço desse ponto, numa volta completa. Se desdobrarmos esse cilindro num plano, o mesmo é dizer, se planificarmos o hélice, obtemos um rectângulo (fig. 125), onde estão representados graficamente, no lado maior, o perímetro da circunferência descrita pelo ponto e, no lado menor, o passo teórico.

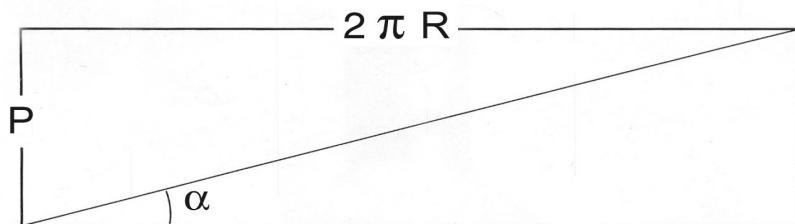


Fig. 125

A diagonal é a linha imaginária traçada no cilindro pelo ponto do hélice. Representa, pois, a inclinação da pá nesse ponto.

Ao ângulo formado pela diagonal e pelo lado maior chama-se *ângulo de incidência da pá ou ângulo de posição*, que, como se sabe, diminui gradualmente, para a extremidade da pá, nos hélices do passo constante.

Para talhar o hélice, possuímos já a vista frontal, obtida de acordo com o diâmetro e área das pás. Teremos ainda de desenhar, portanto, a vista lateral ou alçado, que nos permitirá obter aqueles ângulos correctos.

Dado que importa determinar apenas o desenho de uma das pás, já que ambas são simétricas, basta-nos trabalhar com o raio. Reduziremos, pois, o perímetro, representado no rectângulo pelo lado maior, dividindo por 2π . O mesmo teremos de fazer, no que respeita ao lado menor (passo), para que o ângulo se mantenha inalterável.

Começamos por traçar, portanto, uma linha correspondente ao raio e, normal a esta, uma outra igual ao passo sobre 2π .

Na planta da pá (fig. 126-A) marcamos as secções que interessa considerar e transportamos as suas posições para a linha **R**, representativa do raio. Unimos em seguida esses pontos de referência ao ponto **A** (fig. 126-B).

Como passo subsequente, transportamos a primeira secção (segmento **a-a'**), assinalada na planta, para a linha **R**, a partir do primeiro ponto, no sentido **B-O**. Fazemos o mesmo em relação as restantes secções.

Dos pontos **a'**, **b'**, **c'**, etc., tiram-se perpendiculares até à intercepção com as respectivas hipotenusas.

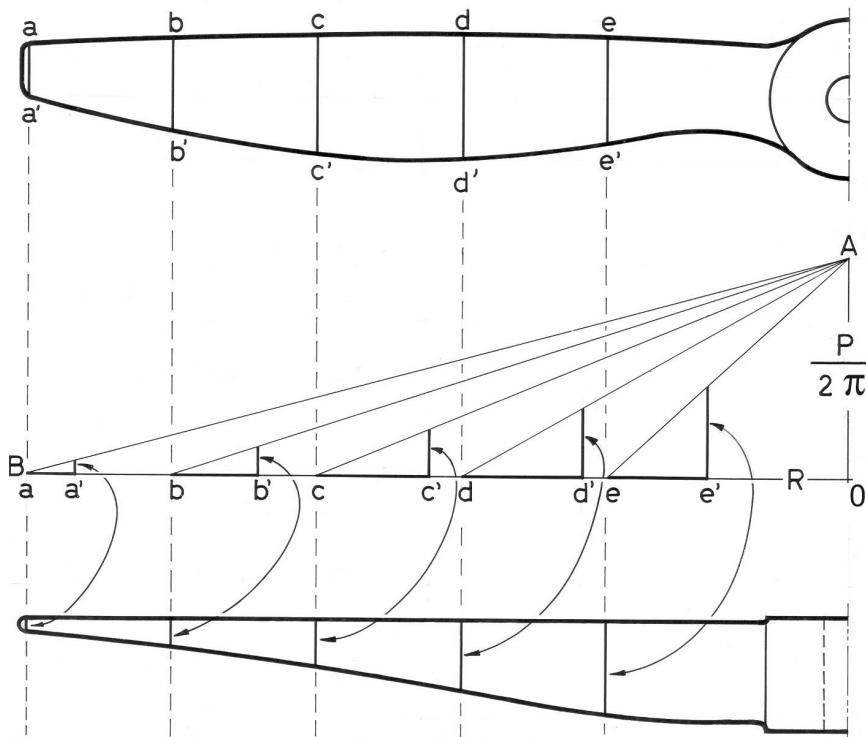


Fig. 126

Os novos segmentos, assim obtidos, representam as cotas que hão-de fornecer o alçado do hélice (fig. 126-C).

É evidente que, quantas mais forem as secções assinaladas na planta, mais exacta será a determinação das linhas que constituirão o alçado.

Resta ainda acrescentar que, antes de iniciada a construção do hélice, deve subir-se ligeiramente a linha superior do alçado, correspondente ao bordo de ataque.

Observe-se a figura 127, que representa a inclinação do perfil da pá, em determinada secção.

O ângulo α é o ângulo de posição da pá, o lado maior do triângulo representa a largura da pá nessa secção, e o lado menor a altura ou alçado determinado pelo desenho.

Vê-se claramente que, em virtude da própria espessura do perfil, terá de ser deixada, no bloco, uma margem acima da linha que representa, no alçado, o bordo de ataque do hélice.

Esta margem depende, como é evidente, da espessura do perfil, nesse ponto.

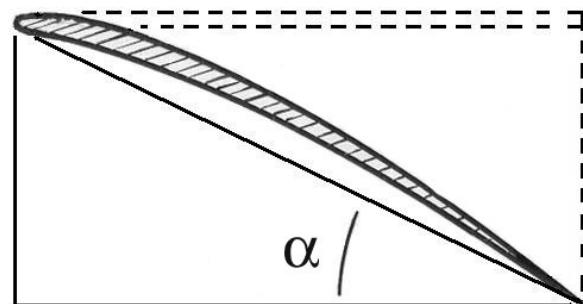


Fig. 127

CONSTRUÇÃO DO HÉLICE

Construir um hélice não é tarefa tão difícil como muitas vezes se pensa. Depois de estabelecidos os cálculos e elaborados os desenhos respectivos, torna-se relativamente fácil a sua execução, se se realizar o trabalho com método e alguns cuidados.

Os hélices para «borrachas» são construídos, normalmente, em balsa, usando-se também o choupo e o amieiro. A madeira a empregar nestes hélices deve ser leve e facilmente trabalhável.

Por outro lado, os hélices para motores de explosão são construídos em madeiras rijas, de fibra certa e compacta. As madeiras mais utilizadas são a faia, o freixo e a nogueira.

Obtida a madeira apropriada, prepara-se um paralelepípedo rectangular, com as dimensões correspondentes à planta e alçado do hélice que se pretende construir, havendo o cuidado de deixar acima da linha superior do alçado uma certa margem, de acordo com a espessura do perfil.

Nas faces respectivas, desenham-se as duas vistas e, em seguida, fura-se o bloco, no ponto de encontro das diagonais, traçadas na face correspondente à planta (fig. 128). Este furo, por onde vai passar o eixo do motor, terá de ser executado com a maior exactidão, para garantir uma perfeita centragem. Se for possível, deve usar-se um engenho de furar, de coluna.

Em seguida, desbasta-se o bloco até às linhas de demarcação. As faces obtidas terão de ser rigorosamente perpendiculares entre si, para que o passo, em especial, não seja alterado.

O trabalho seguinte consiste em dar às pás o perfil estabelecido. Este desbaste começa, normalmente, por se fazer com a ajuda de uma grossa, apertando o bloco num torno, junto ao cubo.

Primeiramente, deixam-se as pás com perfil plano, de espessura idêntica à espessura máxima do perfil definitivo. É a partir daqui que, com a ajuda de limas e lixa cada vez mais finas, se chega à fase final de dar às pás o perfil apropriado, podendo, nesta altura, usar-se algumas cérceas que ajudarão a obter a indispensável simetria em ambas as pás.

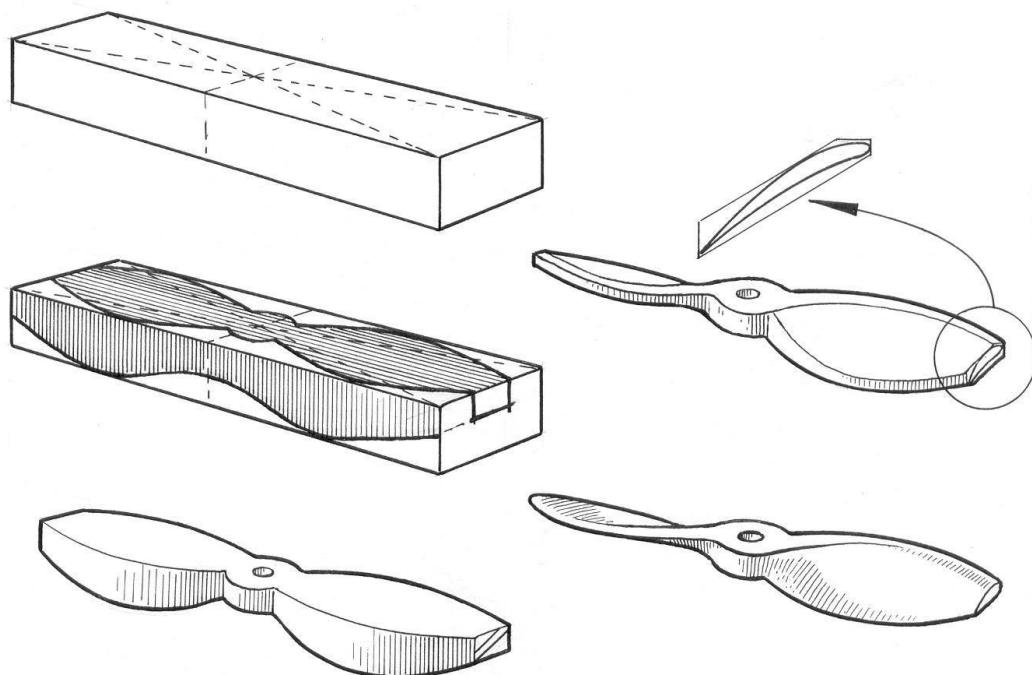


Fig. 128

Nos perfis côncavo-convexos usa-se dar a forma côncava raspando o ventre da pá com o auxílio de goivas ou com um fragmento de vidro de corte curvo.

O hélice, depois de construído, necessita de ser centrado. É preciso assegurarmo-nos de que as duas pás têm o mesmo peso; caso contrário, o hélice provocaria vibrações e desequilíbrios nefastos ao motor e ao próprio rendimento.

Um dos sistemas mais simples para verificar-se esse equilíbrio é o de colocar o hélice no próprio eixo e fazê-lo rodar. Ao parar, ele deve ficar em equilíbrio indiferente. Se, contudo, uma das pás ficar, sistematicamente, em baixo, deve aligeirar-se, desbastando-a com lixa fina. Todo o hélice deve depois indutá-lo com várias demãos de verniz, o que contribuirá para reduzir o atrito e, consequentemente, aumentar o rendimento geral.

Finalmente, convém verificar, de novo, a centragem. Se ela necessitar de correção, compensar-se-á dando um pouco de induto na pá mais leve.

CAPÍTULO III

AFINAÇÃO E CENTRAGEM

AFINAÇÃO

Um modelo, depois de construído, não está, normalmente, apto a voar. Necessita de ser submetido a uma *afinação* geral e pormenorizada e a uma *centragem* cuidadosa.

A afinação ou centragem estática, como também se costuma dizer, consiste em controlar todos os elementos do modelo, verificando se a construção representa fielmente as condições que o plano determina.

Assim, há que verificar com rigor a distribuição de massas e a disposição das superfícies aerodinâmicas, bem como o funcionamento de todos os dispositivos do modelo.

Destas verificações depende em grande parte o resultado das primeiras experiências de campo. Uma afinação pouco cuidadosa em que, por exemplo, se condescende numa má distribuição de pesos, ou defeituosa colocação das superfícies, proporciona, por certo, uma centragem difícil, pondo o modelo em risco de se partir logo aos primeiros ensaios.

Recomendam alguns bons especialistas que, antes da afinação dos modelos, em especial dos de voo livre, se deixem os aparelhos repousar ao tempo, para assim se permitir uma completa secagem das madeiras e vernizes.

Na realidade, verifica-se com frequência que um modelo, afinado logo após terminada a construção, dá um bom rendimento nos primeiros voos, mas depois de algumas horas de campo perde todas as qualidades de equilíbrio, em virtude de ligeiros empenos sofridos pela acção do sol, do vento ou da humidade.

Assim, é de boa norma não fazer voar um modelo novo logo nas primeiras saídas para o campo. Deve-se, sim, deixá-lo apanhar vento e algum sol, para que as madeiras sequem completamente e a cobertura ceda à acção retroactiva do verniz. Só depois disso, de o modelo tomar a *forma definitiva* se obterá uma afinação segura e voos de características semelhantes, sem necessidade de continuas alterações.

Como se procede então para afinar um modelo ?

Em primeiro lugar, pode verificar-se se a distribuição de massas é correcta, isto é, se o centro de gravidade se encontra no local indicado no plano.

As correcções fazem-se normalmente com a ajuda de grãos de chumbo. Para fazer variar, longitudinalmente, a posição do centro de gravidade coloca-se o chumbo nos extremos da fuselagem: no nariz, se se pretende avançar o *C.G.* ; na cauda, se se pretende recuá-lo.

Para o fazer deslocar, lateralmente, lastra-se o extremo da asa. A maior parte das vezes não é necessário recorrer ao chumbo; uma camada de induto na asa mais leve basta para compensar a diferença de peso e levar o *C.G.* ao seu local.

Depois de se haver levado o *C.G.* ao sítio considerado mais conveniente, deve proceder-se a uma verificação geral das várias partes do modelo, corrigindo os possíveis empenos das superfícies.

As observações deverão recair, em especial, sobre a asa, estabilizador e deriva, que têm uma tendência natural para se deformarem enquanto as madeiras e vernizes não secam completamente.

Qualquer torção desta natureza, por alterar as incidências, irá influenciar grandemente as condições de voo, razão por que deve, sempre que possível, ser eliminada.

Para *destorcer*, por exemplo, uma asa, usa-se indutá-la de novo, ou simplesmente humedecê-la com o diluente do verniz, e sujeitá-la no estaleiro com uma ligeira torção contrária, deixando-a secar convenientemente. Depois de retirada do estaleiro, deve encontrar-se desempenada.

Um outro processo, usado em modelos leves, como «borrachas» e planadores, consiste em destorcer a asa ou empenagem, com o auxílio de vapor de água.

Mantém-se a superfície a desempenar, durante algum tempo, sobre um recipiente de água a ferver e vai-se forçando aos poucos, até se ter provocado uma torção contrária, equivalente ao empeno inicial. Depois disso, deixa-se secar a superfície, que tomará a forma correcta.

Este sistema é muito eficiente, pois o vapor de água permite que não só o papel de forro e verniz, mas a própria estrutura de madeira, se deixem moldar facilmente à posição pretendida.

No entanto, quando o empeno se deve a má entelagem, e é muito pronunciado, toma-se conveniente desforrar toda a superfície e entelá-la de novo com redobrado cuidado para evitar que o papel fique mais esticado nuns lados do que noutras.

Durante a afinação, também a fuselagem deve ser objecto de observações especiais.

Ela deve ser, em especial nos «borrachas», suficientemente resistente à torção, a fim de não deixar que a posição relativa da asa e estabilizador se altere. A maior parte das vezes, mais uma ou duas demãos de verniz são o bastante para dar à fuselagem a rigidez necessária.

No caso de modelos com asas encaixadas na fuselagem, deve verificar-se, com todo o rigor, se os suportes na fuselagem permitem um mesmo ângulo de calado para ambas as asas. Idêntica precisão deve ser exigida para o assentamento do estabilizador.

Vejamos agora quais os processos que podem ser utilizados para localizar os possíveis empenos de que o modelo enferma, alguns deles susceptíveis de passarem despercebidos a uma observação directa.

Depois de se haver montado todo o modelo, deve examinar-se a posição relativa de todos os seus elementos.

Coloca-se o modelo sobre um estaleiro ou bancada, rigorosamente direitos (fig. 129), para verificação da simetria das diversas partes e controlo das cotas mais importantes.

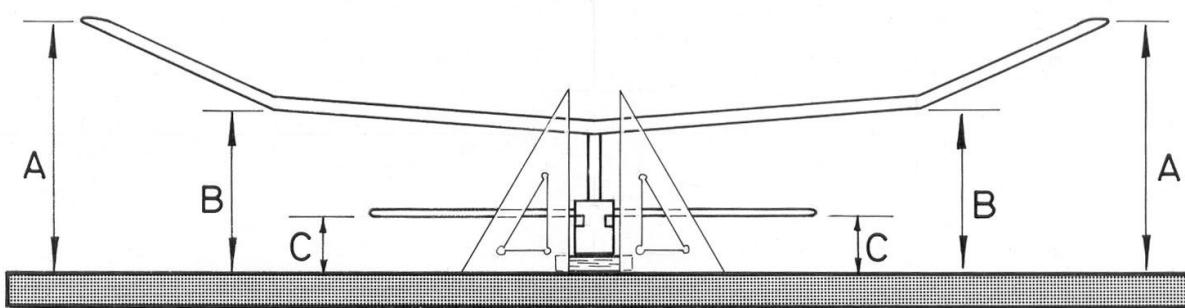


Fig. 129

O modelo deve assentar-se sobre blocos de madeira, de modo que os lados da fuselagem fiquem normais ao estaleiro e a linha longitudinal da fuselagem paralela também ao plano do estaleiro.

Assim, visto o modelo de frente, verifica-se se os diedros estão simétricos e se a sua inclinação é a determinada no projecto; se a posição do estabilizador, em relação à asa é a conveniente; se a deriva mantém a indispensável perpendicularidade com o estabilizador; se os lados da fuselagem são normais ao estabilizador, etc.

Visto de lado o modelo (fig. 130), podem facilmente controlar-se os ângulos de calado da asa e do estabilizador.

Para tal, basta prender uma régua de madeira, rigorosamente direita, com auxílio de pequenos elásticos circulares, ao intradorso da asa e do estabilizador. Tomando as cotas da régua ao estaleiro, junto dos bordos de fuga e ataque, e notando num gráfico a diferença, facilmente se determinam os ângulos de calado das superfícies.

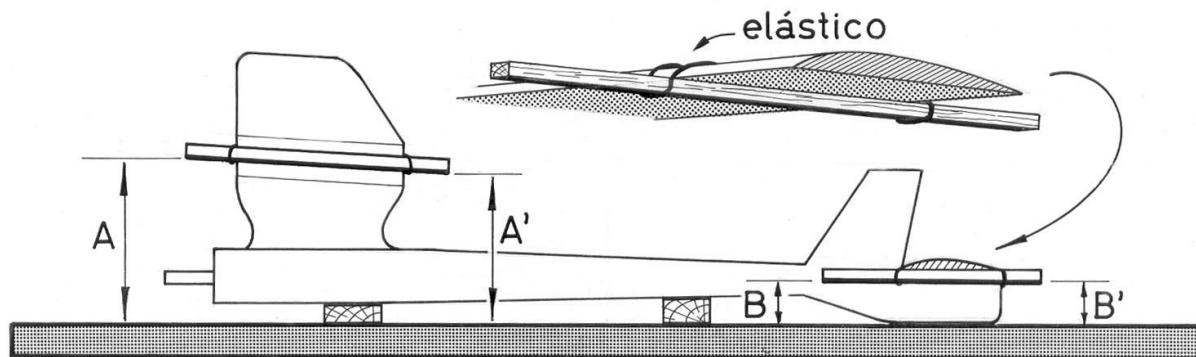


Fig. 130

Adaptando a uma régua um transferidor, do centro do qual parte um fio de prumo, como indica a figura 131, pode ler-se, directamente na escala, o ângulo de calado da asa.

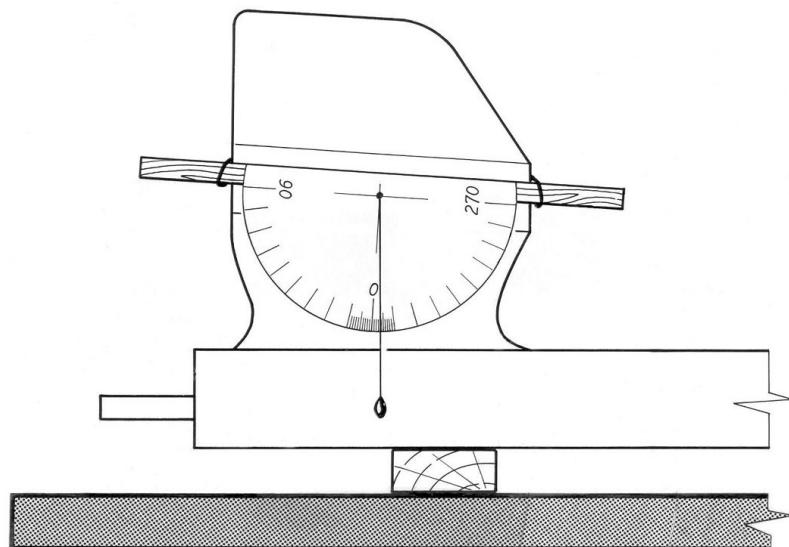


Fig. 131

No caso de fuselagens que não dêem fácil assentamento em estaleiro, faz-se prolongar, até à asa, a régua do estabilizador, ou vice-versa, e tomam-se as cotas da mesma forma. Assim se pode obter, não os ângulos de calado da asa e do estabilizador, separadamente, como no exemplo anterior, mas a relação existente entre eles (fig. 132).

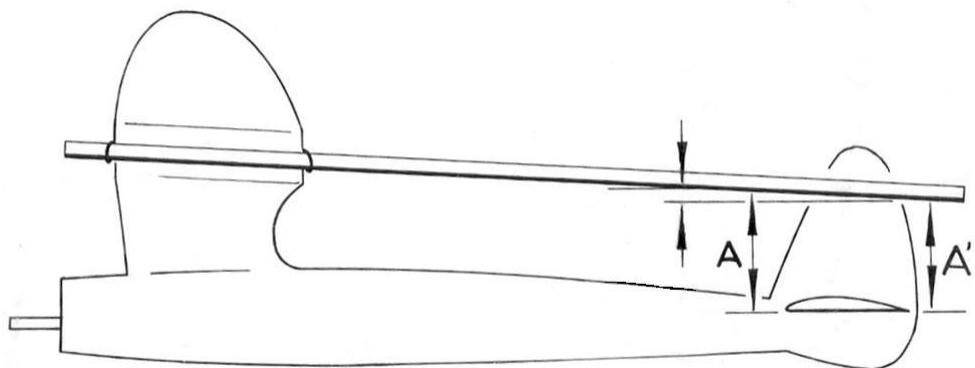


Fig. 132

Com o mesmo sistema de réguas, e aplicando-as em diversos locais, pode verificar-se ainda se a asa ou o estabilizador apresentam, em toda a sua extensão, o mesmo ângulo. Se a asa estiver desempenada, as cotas tomadas, das pontas das réguas ao estaleiro, devem ser as mesmas, tanto no bordo de ataque como no de fuga, ao longo de toda a superfície (fig. 133).

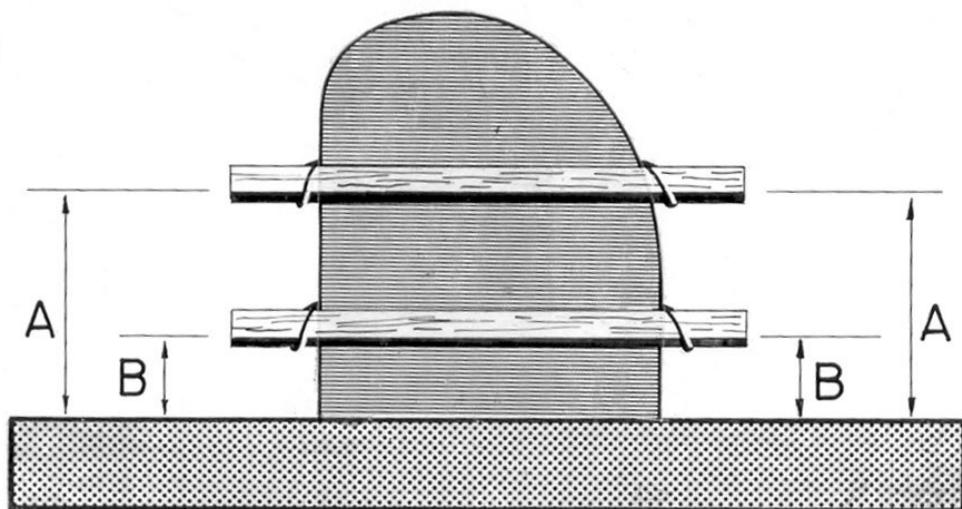


Fig. 133

Finalmente, e para verificar o alinhamento em planta, pode proceder-se como indica a figura 134. Coloca-se na cauda, na linha de eixo da fuselagem, um alfinete ou um prego fino. Daí faz-se partir um fio, com o qual se verifica se os pontos **A** e **B** (normalmente coincidentes com a longarina central da asa) estão à mesma distância.

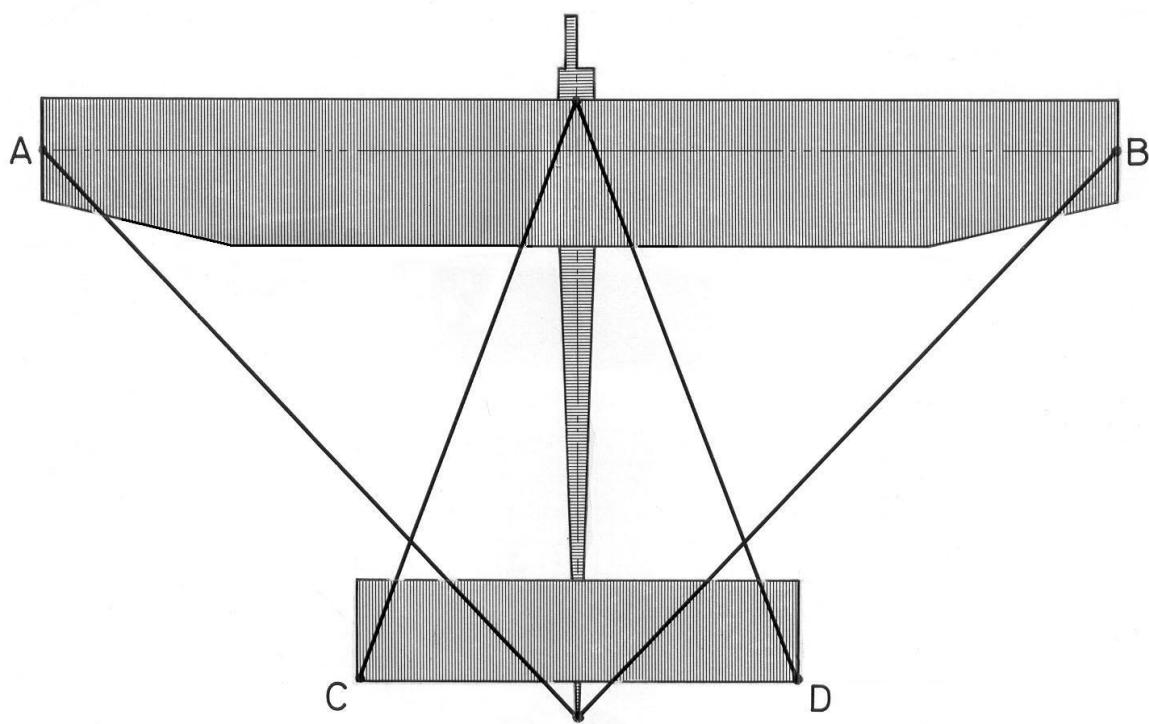


Fig. 134

Colocando o alfinete na parte anterior da fuselagem, verifica-se, do mesmo modo, o alinhamento do estabilizador.

Muitos outros casos devem ainda ser cuidadosamente observados durante a afinação.

Deve verificar-se a tensão dos elásticos que prendem a asa à fuselagem. A asa deve libertar-se, no caso de choque violento do modelo, mas, por outro lado, não se deve mover durante o voo, particularmente nas subidas rápidas e durante o reboque.

Também o estabilizador deve estar suficientemente preso à fuselagem para que se não desloque com facilidade. Ele deve, no entanto, poder saltar, no momento preciso, para deternalizar o modelo, mantendo uma posição definida. Neste caso, se a tensão dos elásticos não for suficiente, o estabilizador pode assumir uma posição pouco correcta, obrigando o modelo a picar em parafuso.

Finalmente, há que verificar o funcionamento do termalizador, a robustez do gancho de lançamento e, nos «borrachas», a posição do nariz, o *trancar* do hélice no fim da descarga, o comprimento da meada-motor, verificando se ele é exagerado, o que pode vir a alterar a posição do C.G. e, consequentemente, o planeio. Nos motomodelos, se o motor está instalado com a inclinação adequada, se o *timer* funciona convenientemente. Nos modelos de voo circular, se os cabos e alavancas de controlo funcionam livres de prisões, se o depósito de combustível está suficientemente limpo das poeiras que se introduzem no seu interior, quando se lixam as madeiras, se o motor está bem apertado, se as rodas giram livremente.

Enfim, há que inspeccionar tudo, com o maior rigor, para evitar possíveis dissabores nos ensaios de centragem.

CENTRAGEM

Consiste a centragem em equilibrar, experimentalmente, o modelo, de modo a fazê-lo comportar-se correctamente em voo.

Na prática, centrar um modelo resume-se, fundamentalmente, em realizar pequenos ajustes nos calços da asa e do estabilizador, para uma dada posição do *C.G.*, ou vice-versa, de modo a obter o coeficiente de planeio mais conveniente à natureza do voo que se pretende. Nos modelos com motor há que coordenar, ainda, a centragem sob tracção, na subida, com a centragem de planeio, como se verá nos capítulos especialmente dedicados a Motomodelos e «Borrachas».

Um modelo que tenha sido bem afinado é, em geral, fácil de centrar. Não existem, no entanto, formulas decisivas para a obtenção de centragens óptimas. Num mesmo modelo podem aplicar-se centragens diferentes, com bons resultados.

Não pode, pois, dizer-se que a um dado planador, que entra por exemplo em perdas sucessivas, se lhe deve avançar o *C.G.* de tantos centímetros ou diminuir o V longitudinal de tantos graus.

Centrar um modelo é operação demasiado subtil para nos podermos apenas cingir a dados rígidos, ou certezas infalíveis. Pode, quando muito, enunciar-se determinados princípios e, de acordo como eles, conjugando-os em experiências sucessivas, tentar obter o melhor rendimento.

Os primeiros ensaios de centragem devem fazer-se com tempo calmo, em terreno liso, livre de obstáculos; de preferência no interior de um hangar, ginásio ou salão de grandes proporções.

Deve começar-se por lançar o modelo à mão (contra o vento, se for ao ar livre), segurando a fuselagem nas proximidades do *C.G.*

O modelo deve-se largar ligeiramente picado (nunca em posição cabrada), acompanhando-o com o braço de forma a imprimi-lhe uma velocidade semelhante à do voo (fig. 135).



Fig. 135 – O modelo deve-se largar ligeiramente picado, acompanhando-o com o braço, de forma a imprimi-lhe uma velocidade semelhante à do voo.

O modelo não deve ser atirado bruscamente. A melhor prática consiste em correr com ele, mantendo-o na atitude de voo, acelerar-lhe ligeiramente a velocidade e largá-lo bem em frente, com o nariz um pouco inclinado para baixo.

Uma vez entregue aos seus próprios meios, ele iniciará um voo, que porá em evidência os possíveis defeitos de centragem.

O voo será correcto, considerando-se o modelo centrado em planeio, quando a sua trajectória for o mais longa e direita possível, sem que o modelo ondule, oscile lateralmente ou se afunde.

Depois de o modelo se mostrar razoavelmente centrado, nos lançamentos à mão, deve tentar-se voos mais altos. Junto ao solo, o modelo não manifesta com clareza as deficiências ligeiras que, porventura, ainda possua.

Um modelo em voo tem tendência, como todos os corpos, a tomar uma posição de equilíbrio estável; ele tende a adquirir uma posição que permita colocar o centro da gravidade por baixo e na vertical do centro de pressão (fig. 136).

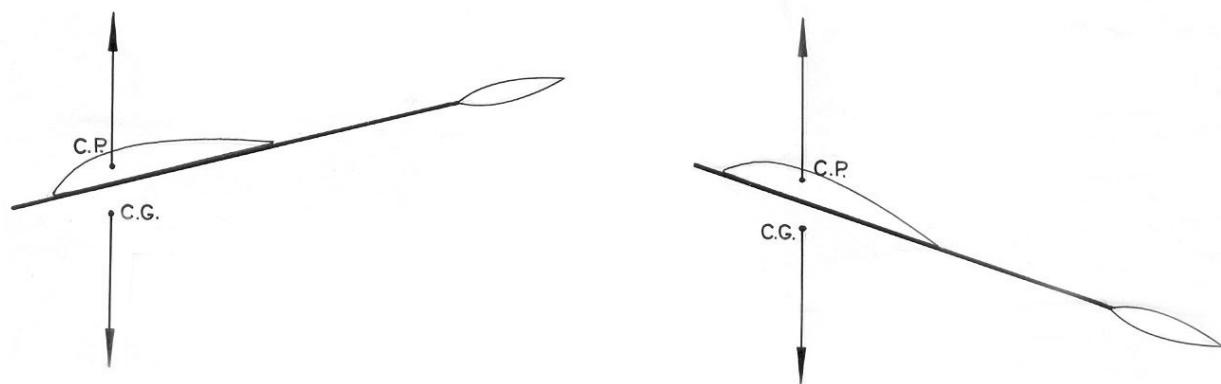


Fig. 136

Assim, quando o C.G. está muito avançado, o modelo rapidamente baixa o nariz, entrando em picada, em virtude da propensão que ambos os centros têm de se encontrarem na mesma vertical.

Ao contrario, se o C.G. está recuado, o modelo levanta o nariz, procurando também a posição de equilíbrio estável.

Observemos a figura 137, onde estão representados os principais efeitos de más centragens longitudinais.

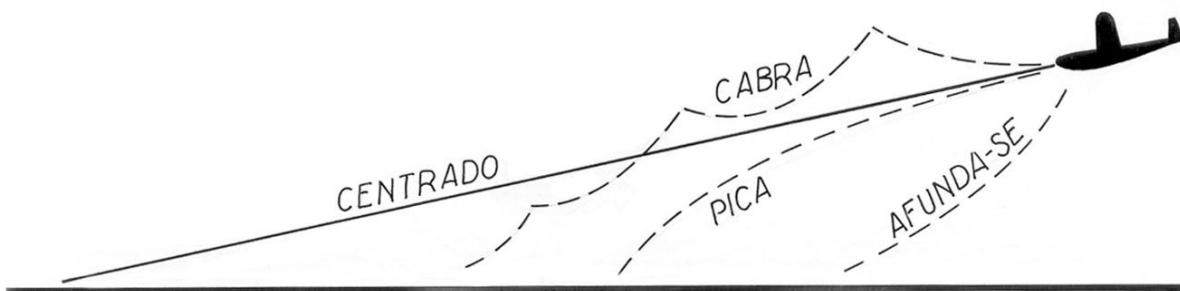


Fig. 137

Se o modelo, ao ser largado, se eleva, entrando em perdas consecutivas, diz-se que está *cabrado*; se, ao contrário, ele desce rapidamente metendo o nariz em baixo, diz-se que está *picado*; se ele cai, numa atitude cabrada, diz-se que se *afunda*.

Uma defeituosa centragem lateral manifesta-se por viragem à esquerda ou à direita.

Vejamos cada um destes casos em pormenor.

O modelo cabra

Ao ser largado, o modelo eleva-se, levanta o nariz, entra em perda, pica, eleva-se de novo, entrando outra vez em perda, e assim por diante até chegar ao solo. Nestas circunstâncias, diz-se que o modelo tem uma centragem recuada.

Se os ângulos da asa e do estabilizador são os recomendados, e se se tiver certificado que eles representam fielmente o determinado pelo plano, pode depreender-se que *C.G.* está recuado. Assim, uns grãos de chumbo no nariz podem eliminar facilmente o defeito, fazendo desaparecer as perdas sucessivas.

Se, pelo contrário, existe a convicção de que o *C.G.* está localizado no ponto ideal, ou se não convém aumentar a carga alar do modelo, pode optar-se pela alteração dos ângulos de calado da asa ou do estabilizador. Em geral, dá-se ao estabilizador uma maior incidência positiva, colocando sob o bordo de ataque calços finos de madeira rija, de preferência contraplacado.

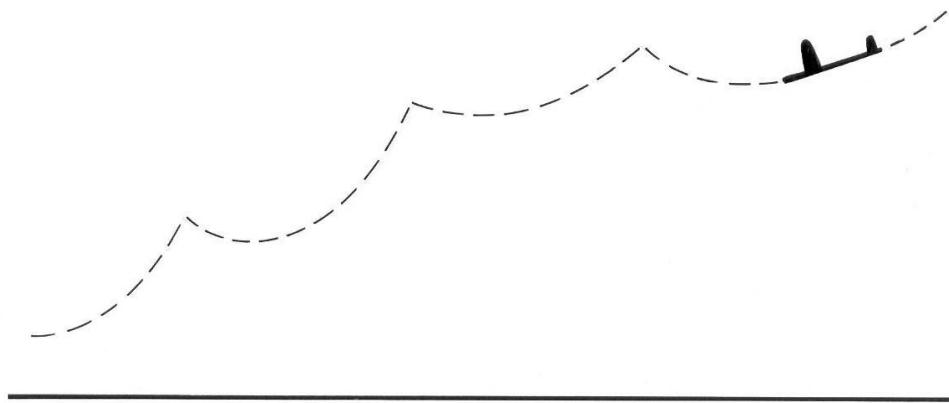


Fig. 138 – O modelo cabra.

Na asa só se deve mexer como último recurso, dado que ela se encontrará, por certo, no ângulo óptimo recomendado para o perfil e alongamento adoptados.

A alterar o ângulo da asa deve-se, neste caso, diminuí-lo, reduzindo a espessura do calço sob o bordo de ataque, ou elevando o bordo de fuga.

Os ajustes dos ângulos de calado, tanto da asa como do estabilizador, devem fazer-se com o auxílio de longarina de pinho ou tiras de madeira rija, de preferência contraplacado calibrado (0,6 ; 0,8 ; 1,5 mm), que devem ser colados, para não saltarem ocasionalmente durante os ensaios, logo que se conclua que não podem ser dispensados.

Sabe-se da Estabilidade que um modelo, dotado de plano de cauda sustentador, para voar na horizontal, necessita que o momento estabilizador (produto da força S' pela distância d') seja igual ao da asa (S vezes d) (fig. 139).

Logo, se o modelo tem tendência natural a desequilibrar-se longitudinalmente, entrando em perda, é porque existe um desequilíbrio nos momentos. Na realidade, $S \cdot d$ é maior que $S' \cdot d'$.

Assim, ao colocar o chumbo no nariz, está a avançar-se o *C.G.* (ponto de apoio da força *P*), reduzindo a distância *d* e equilibrando, portanto, o sistema.

A distância *d* pode também ser reduzida, como facilmente se depreende, recuando a asa.

Por outro lado, obtém-se resultado idêntico, no aspecto equilíbrio, se se reduzir o ângulo da asa, ou se se aumentar o do estabilizador. Neste caso, a intensidade da força *S* diminui (a sustentação da asa toma-se menor) ou aumenta a da força *S'* (o plano de cauda passa a ser mais sustentador), equilibrando os momentos.

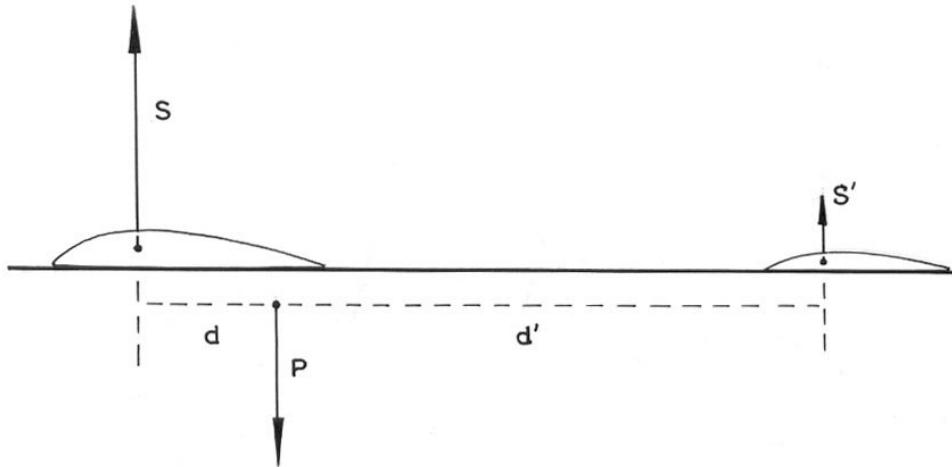


Fig. 139

É evidente, no entanto, que, quando o modelo cabra, não é indistintamente que se alteram ou os ângulos ou as posições da asa e do *C.G.*. Na realidade, e admitindo que o *C.G.* se encontraria demasiado recuado, se, por exemplo, introduzíssemos as alterações necessárias apenas à custa das incidências dos planos sustentadores, o V longitudinal diminuiria de tal forma que poria em risco a estabilidade do modelo.

Na prática, observa-se que um modelo com o V longitudinal quase nulo (ângulos de asa e estabilizador muito reduzidos) poderá, ocasionalmente, obter um planeio regular; mas, desviado, por qualquer causa estranha, da sua posição de equilíbrio, entrará numa picada cada vez mais acentuada e não sairá dela até encontrar o solo.

Nestas circunstâncias, o modelo, ao picar, eleva o estabilizador e, infelizmente, aumenta de velocidade. Assim, a sustentação do plano de cauda aumenta também, o que, por sua vez, obriga a asa a assumir um ângulo de ataque cada vez mais negativo, visto que ela não possui a incidência suficiente para poder recuperar.

O modelo pica

Quando o modelo baixa o nariz e entra em picadas sucessivas, diz-se que a centragem está avançada, isto é, o *C.G.* encontra-se demasiado à frente do *C.P.*

O modelo, ao picar, procura uma posição de equilíbrio estável, tentando colocar ambos os centros na mesma vertical. No entanto, quando se inicia a picada, a velocidade aumenta e o plano estabilizador cria sustentação negativa, que tende a fazer baixar a cauda. O modelo tem, então, uma recuperação ligeira para, logo que a velocidade diminui, entrar, de novo, em picada. O modelo descreve, assim, uma trajectória ondulante (fig. 140) em direcção ao solo, em que as picadas tem uma amplitude maior que as perdas.

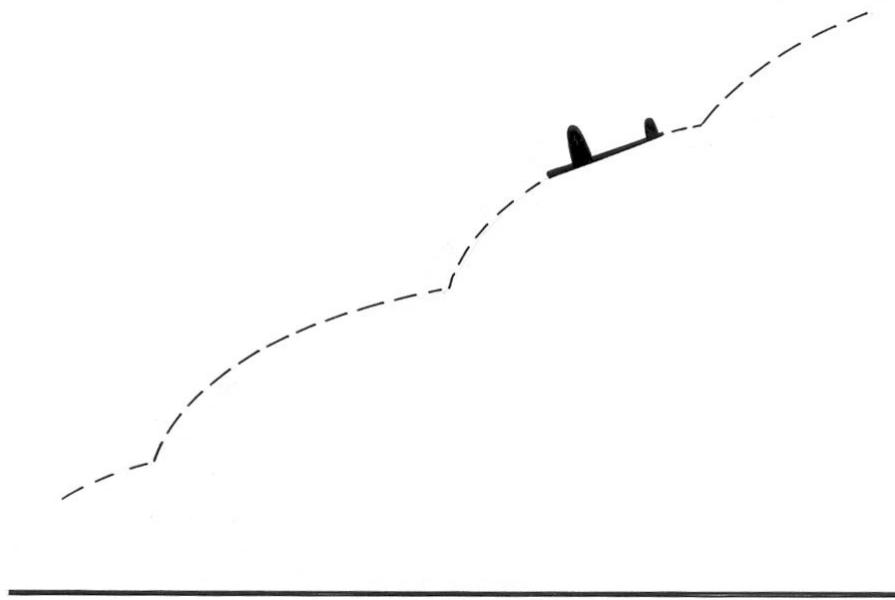


Fig. 140 – O modelo pica.

Nestas circunstâncias, terá de se atrasar o C.G., ou aumentar o V longitudinal.

Pode começar-se por retirar alguns grãos de chumbo do nariz, para fazer recuar o C.G.

No entanto, se a correcção não resultar suficientemente, ou se não se puder aligeirar o modelo, aumenta-se o V longitudinal, dando uma maior inclinação positiva à asa ou menor ao estabilizador.

Por outro lado, e se não convier ou não for possível alterar a posição do C.G. e dos ângulos, pode obter-se resultado idêntico avançando a asa.

Todavia, a primeira correcção que, em geral, se introduz num modelo que tem tendência para picar é a de dar incidência negativa ao estabilizador.

Na realidade, se se trata de um planador, ou não convém atrasar em demasia a posição do C.G., inteiramente ligada à do gancho de lançamento que, na maior parte dos casos, não é fácil alterar com os reduzidos meios de que se dispõe no campo, ou não é possível mexer na asa (caso de asas fixas), deslocando-a ou alterando-lhe o ângulo de calado.

Se se trata de motomodelos ou «borrachas», também não é prático mover o C.G., por não disporem estes modelos, regra geral, de caixas para chumbo.

Em última análise, é na fase preparatória do desenho que devem ser estabelecidos tanto o ângulo óptimo da asa, como a posição do C.G.

Observando de novo a figura 139, compreendem-se facilmente estas correcções.

Se o modelo pica, é porque o momento $S' \cdot d'$ é maior do que $S \cdot d$. Logo, ou se atrasa o C.G. para reduzir a distância d' , ou se avança a asa para aumentar a distância d , ou ainda se aumenta o V longitudinal, fazendo crescer a força S , ou diminuir a força S' .

O modelo afunda-se

Se o modelo, ao ser largado, se eleva um pouco, não progride, e pica em atitude cabrada, diz-se que se afunda. Se o modelo, nestas condições, se encontra muito alto, pode cair em movimentos desordenados.

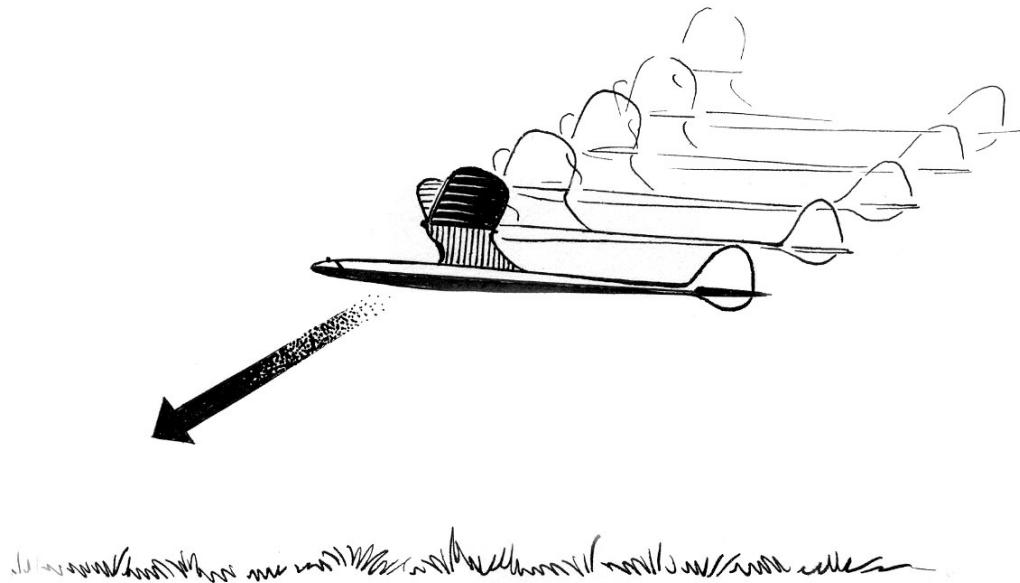


Fig. 141 – O modelo afunda-se.

Isto pode dar-se por insuficiência de sustentação, devido à falta de incidência da asa, compensada por uma posição demasiado recuada do C.G.

O efeito será idêntico se, pelo contrário, o V longitudinal for muito exagerado e o C.G. estiver muito avançado.

No primeiro caso, a falta de sustentação fará o modelo perder rapidamente altura, mas ele não inclinará o nariz para o chão em virtude de o C.G. se encontrar muito recuado.

No segundo caso, um V longitudinal exagerado provoca uma enorme resistência ao avanço, que faz reduzir a velocidade e, consequentemente, a sustentação. A perda não é nítida e definida porque o C.G., anormalmente avançado, mantém o equilíbrio aparente.

O modelo inclina-se lateralmente

Diversos factores podem provocar a inclinação defeituosa de um modelo, com a consequente viragem à esquerda ou à direita.

Os mais frequentes relacionam-se, normalmente, com empenos na deriva e na asa, defeitos que, por serem ínfimos, escaparam às observações feitas durante a afinação, mas que, em voo, se manifestam ao ponto de provocar desequilíbrio lateral no modelo.

Neste caso, a atenção deve recuar, em especial, sobre as asas que podem não ter igual ângulo de calado, quer por deficiência de montagem durante a construção, quer por mau assentamento na fuselagem.

Muitas vezes, e se a viragem é suave, pode e deve aproveitar-se esta tendência natural do modelo. Esse pequeno defeito evitará o termalizador, usado para obrigar o modelo a rodar em espirais largas, com o fim de aproveitar a térmica.

No entanto, se a volta é demasiado apertada, ou se o modelo baixa perigosamente uma das asas, pode contrariar-se essa tendência com o auxilio de uma pequena aleta de cartolina, que se cola no bordo de fuga da asa que tende a baixar.

Na maior parte dos casos, este leme não necessita ter mais área do que a equivalente a meio cartão de visita. Coloca-se no bordo de fuga, junto ao bordo marginal, ligeiramente virado para baixo.

Sistema idêntico poderá ser usado na deriva, se esta não dispuser do pequeno leme de centragem, muito usado nos modelos de voo livre, que tanto serve para compensar os desequilíbrios laterais do modelo, como para auxiliar a centragens especiais nos modelos com motor.

Uma meia asa mais pesada do que a outra, ainda que a diferença seja mínima, pode provocar também inclinação lateral do modelo, com a consequente viragem. Como correção de emergência, no campo, e se a diferença de pesos for reduzida, como é lógico que seja, pois de contrário ter-se-ia verificado durante a afinação pode enfiar-se na extremidade da asa mais leve um ou dois elásticos circulares.

Todavia, se o modelo em voo tem a tendência de voltar, ora à esquerda, ora à direita, não definindo uma rota exacta, pode depreender-se que a área lateral está mal distribuída, isto é, o centro da área lateral encontra-se muito próximo do C.G.: ou porque, no projecto, se descurrou o problema, ou porque, durante os ensaios de centragem, se atrasou em demasia o C.G., levando-o ao encontro do CAL.

Também o estabilizador, se está empenado ou se não se encontra alinhado com a asa, pode vir a provocar a inclinação do modelo em voo.

É este mesmo um dos processos adoptados para centragens especiais em motomodelos e «borrachas».

Afinal, como veremos mais adiante, no exame particular das várias categorias, é sempre conveniente fazer rodar o modelo, para um lado ou para o outro, em círculos mais ou menos apertados, consoante a natureza do voo que se pretende. Assim, sempre que possível, aproveitar-se-á a tendência natural do modelo, para não criar resistências prejudiciais.

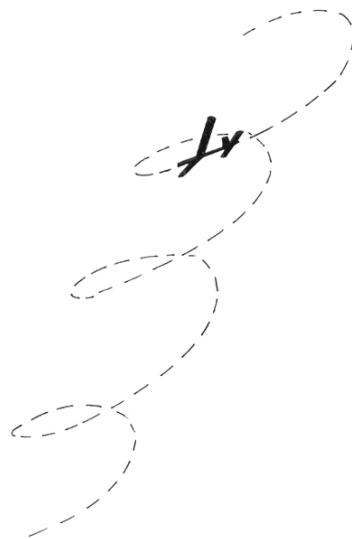


Fig. 142 – O modelo inclina-se lateralmente.

CAPÍTULO IV

VENTOS E ASCENDÊNCIAS

A Terra é envolvida por uma massa gasosa – a atmosfera terrestre –, que se encontra permanentemente em movimento. É aproveitando criteriosamente os movimentos do ar, de desenvolvimento horizontal ou vertical, que se consegue obter dos aeromodelos voos de duração bastante elevada.

Sabe-se que um modelo executa o voo planado, no ar calmo, descendo sempre. No entanto, ele subirá se voar no seio de uma massa de ar ascendente, de velocidade superior à sua velocidade de descida. Nestas circunstâncias, diz-se que ele está a realizar *voo à vela*.

Vejamos um exemplo simples:

Coloquemos um escadote dentro de um ascensor e desçamos o escadote, enquanto o ascensor sobe.

Que se pode verificar?

Se descermos lentamente o escadote, verificamos que, apesar de nos deslocarmos para baixo, conseguimos efectivamente subir, a uma velocidade que será a diferença entre as velocidades ascensional do elevador e a da nossa descida no escadote.

Assim também, se lançarmos um planador numa encosta em que o vento sopra com uma certa intensidade, ou no seio de uma massa de ar quente que se eleva, verificamos que ele sobe, apesar de sabermos que, para realizar o voo planado, o modelo tem de perder permanentemente altura.

Vejamos, pois, como se formam essas correntes de ar ascendentes e como elas também podem ser aproveitadas para uma maior duração do voo.

VENTOS

Sabe-se da Meteorologia que, nas zonas em que o ar atmosférico aumenta de temperatura, se originam as chamadas *baixas pressões*. Ao contrário, onde a temperatura desce, criam-se as *altas pressões*.

A atmosfera, como todos os gases, é formada por moléculas, que não se encontram em repouso, antes pelo contrário, se propagam em todas as direcções, chocando-se e ressaltando entre si, em movimentos contínuos e desordenados.

Se um gás for aquecido, a velocidade média das moléculas aumenta e, consequentemente, a pressão no seu seio torna-se mais elevada.

Assim, quando em determinada zona da Terra a atmosfera aquece, a pressão aumenta, tendendo o ar dessa zona a dilatar-se e a subir, formando a chamada *baixa*. Das zonas mais frias, o ar escapa-se então horizontalmente para aquela *baixa*, indo ocupar o espaço deixado.

São precisamente as deslocações destas massas de ar, que se dirigem das zonas de *alta* para as de *baixa*, que dão lugar aos movimentos horizontais do ar – os *ventos* –, cuja intensidade será tanto mais elevada quanto maior for a diferença de pressões entre as zonas interessadas.

ASCENDÊNCIAS

Existem diversos tipos de ascendências, sendo as mais aproveitadas em Aeromodelismo as de origem térmica e orográfica.

Há, no entanto, outras ascendências que, dadas as suas características, em especial a elevada altitude a que se desenvolvem, não interessam ao voo de aeromodelos. São elas as ascendências denominadas *ondulatórias*, *mistas*, *térmico-orográficas* e *frentes frias*, muito úteis, no entanto, ao Voo Sem Motor, especialmente, pela elevada velocidade ascensional de que são dotadas e pela reduzida turbulência que possuem.

Assim, vejamos, apenas, com certo detalhe, aquelas que podem interessar-nos directamente.

Ascendências de origem orográfica

Quando o vento encontra um obstáculo de grandes proporções – uma colina, uma montanha, etc. –, é forçado a desviar-se para cima, subindo pela encosta.

Passado o cume, eleva-se ainda, em virtude da inércia, até certa altura, altura essa que é função, em especial, da velocidade do vento e da configuração da encosta. Para lá do cume forma-se, como é evidente, uma zona turbulenta, inadequada ao voo.

Na encosta voltada ao vento existe, portanto, uma corrente de ar ascendente – que se denomina *ascendência orográfica*, por ter a sua origem no relevo do terreno –, que poderá ser aproveitada para voos de duração.

Se a elevação de terreno (fig. 143) tiver uma inclinação conveniente (entre os 30° e 45°) e um perfil regular, sem protuberâncias que originem turbulência, o melhor local para lançamento dos modelos situa-se a um terço da encosta, a contar do cume.

Na realidade, verifica-se que a máxima velocidade ascensional do vento reside dentro desse terço, sendo a direcção da veia fluída sensivelmente paralela ao declive.

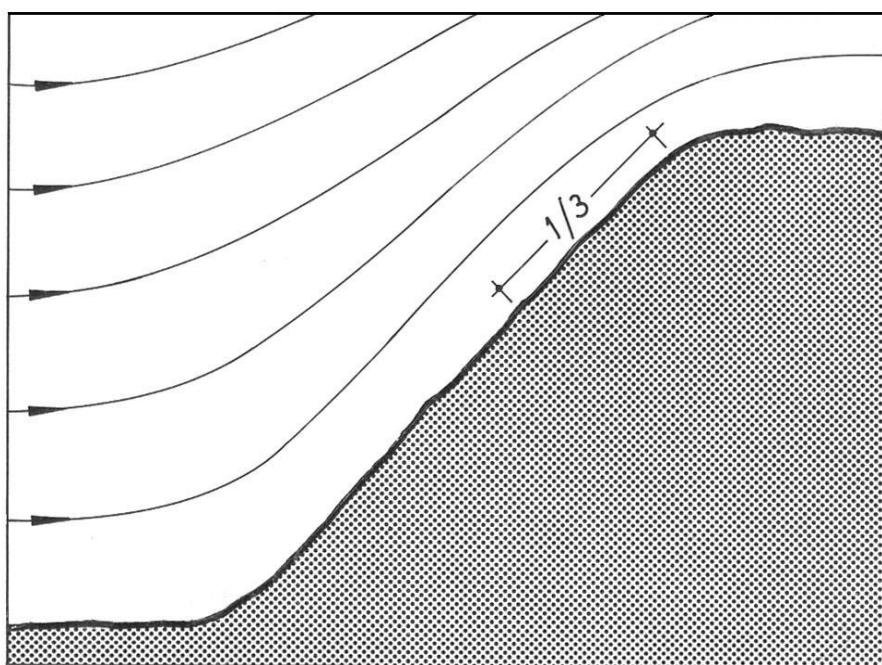


Fig. 143

Há casos, porém, em que a existência de uma encosta voltada ao vento não dá lugar a ascendência.

No caso de o declive ser muito pronunciado, o vento não se escoará em linhas de corrente uniformes, mas chocará com a colina, formando turbilhões que destroem a corrente ascendente (fig. 144).

Se o perfil da encosta não é muito regular, pode, em certas circunstâncias, criar-se, também, uma zona turbulenta que elimina o escoamento regular do vento e, consequentemente, impede a formação da ascendência (fig. 145).

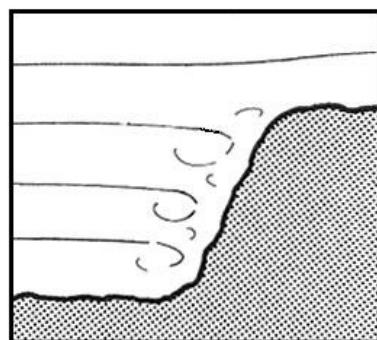


Fig. 144

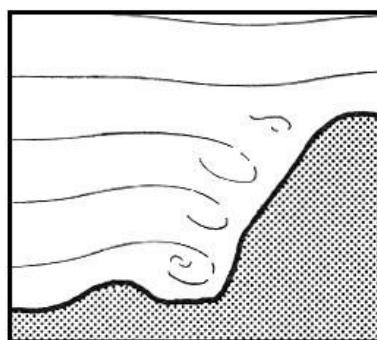


Fig. 145

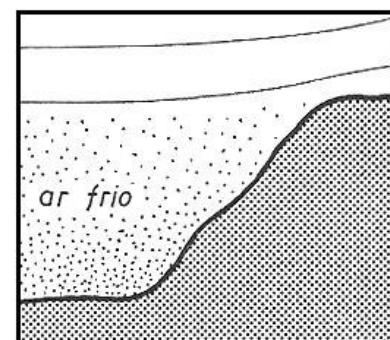


Fig. 146

Assim também, se existe inversão de temperatura, isto é, se a temperatura do ar à superfície for inferior à das camadas superiores, o ar que existe no vale, mais frio, e, portanto, mais denso, não se elevará facilmente, impossibilitando a formação da orográfica (fig. 146).

Conhecida a existência de uma ascendência orográfica e sabendo, aproximadamente, o local onde o modelo deve ser lançado, torna-se necessário, como passo imediato, centrá-lo de uma forma adequada.

O seu comportamento dependerá da combinação criteriosa das velocidades de descida e de planeio do modelo, de acordo com a velocidade de escoamento do vento e inclinação da encosta.

Pelos exemplos que a seguir se indicam se vê que é necessário, para obter voo à vela, equilibrar o modelo de modo que a velocidade de planeio seja superior à velocidade de escoamento do vento, e que a velocidade de descida seja inferior à velocidade ascensional do vento.

Tomemos, como exemplo, um modelo que, em ar calmo e largado de 2 metros de altura, percorra uma distância de 10 metros em 2 segundos.

Teremos, pois:

Coeficiente de planeio, 5;
Velocidade de planeio, 5 m/s;
Velocidade de descida, 1 m/s.

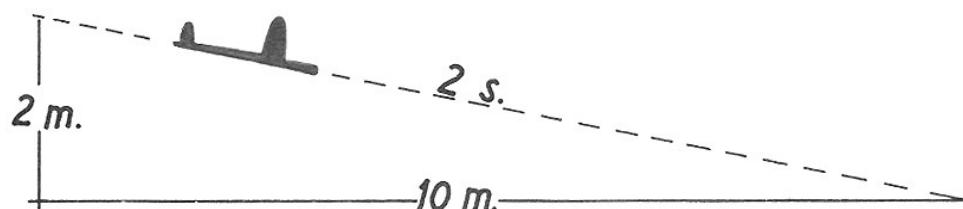


Fig. 147

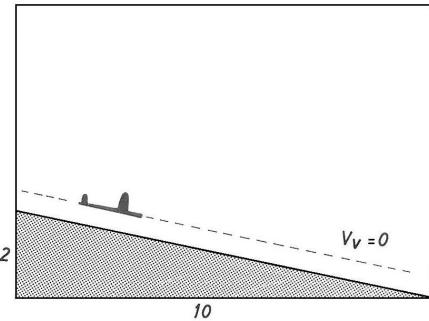


Fig. 148 – O modelo plana, segundo uma trajectória paralela à encosta. O ângulo de planeio é igual à inclinação da ladeira.

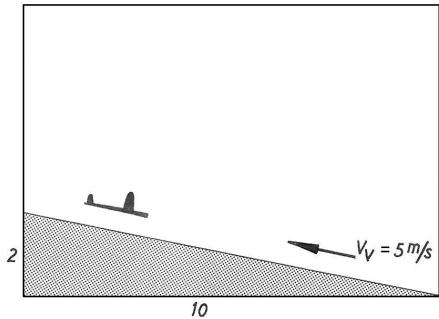


Fig. 149 – O modelo encontra-se, teoricamente, parado, voando à vela. A velocidade de escoamento do vento é igual à velocidade de planeio do modelo; logo, este não progride. O modelo não se move também em altura, porque o ângulo de planeio é idêntico ao da encosta, isto é, a velocidade de descida do modelo é igual à velocidade ascensional do vento.

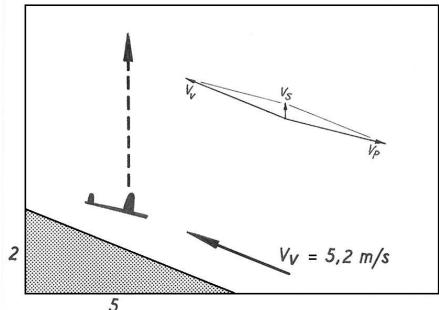


Fig. 150 – O modelo sobe à vertical. Não progride porque as velocidades de planeio e de escoamento do vento são muito aproximadas (a do vento, ligeiramente superior). Sobe, porque o declive é mais inclinado do que a trajectória do modelo, o mesmo é dizer, que a velocidade ascensional do vento é superior à velocidade de descida do modelo.

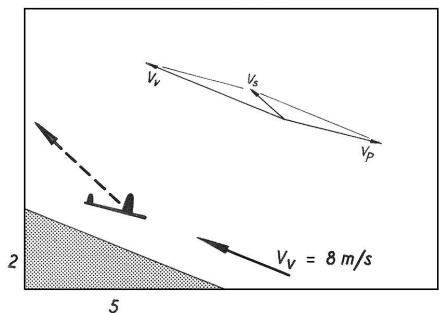


Fig. 151 – O modelo sobe para trás. Eleva-se, porque, da mesma forma que no exemplo anterior, a velocidade ascensional do vento é superior à de descida do modelo. É arrastado para trás, porque a velocidade de escoamento do vento é muito superior à do planeio.

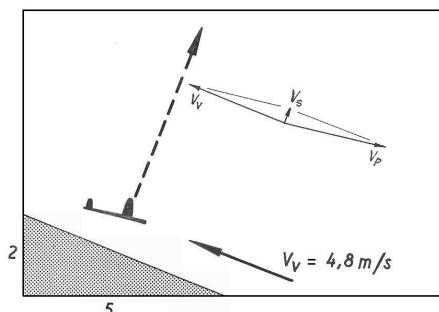


Fig. 152 – O modelo sobe segundo uma normal ao pendor. Progride, porque a velocidade de planeio é superior à de escoamento do vento, e sobe, porque o coeficiente de planeio é inferior ao da encosta. Esta é a centragem mais adequada para voo à vela. O modelo eleva-se na ascendência, não sendo arrastado para lá do cume, onde se forma a zona turbulenta perigosa ao voo.

Ascendências de origem térmica

Em dias de calor, é frequente ver-se, à superfície do solo, em especial se a observação é feita junto ao chão, uma espécie de ondulação ou vibração do ar, que torna indistintos, e de contornos pouco nítidos, os objectos que se encontram no horizonte.

Essa tremulação não é mais do que uma ascendência térmica, isto é, o ar aquecido a elevar-se.

É princípio conhecido que o ar quente se eleva. O fumo de um cigarro sobe, no ar calmo, e uma fogueira projecta para cima, com certa violência, fumos, cinzas, faúlhas.

Os raios solares, ao incidirem sobre a Terra, aquecem as mais variadas parcelas de terreno e estas, por sua vez, as camadas de ar adjacentes.

As regiões menos húmidas, de menor calor específico, são, no entanto, mais fortemente aquecidas do que as zonas mais frescas.

Assim, o ar que se encontra em contacto com as zonas menos húmidas, que reflectem mais o calor dos raios solares (areais, searas secas, rochas, aglomerados de casas, etc.), aumenta rapidamente de temperatura e, tornando-se menos denso do que o das camadas superiores, sobe, constituindo uma corrente de ar ascendente.

Na base da ascendência, forma-se uma zona de depressão que o ar vizinho, mais fresco e, portanto, de maior densidade, vai ocupar.

Estabelecem-se, assim, como mostra a figura 153, correntes ascendentes nas já indicadas zonas claras e secas, e descendentes nas zonas frescas e húmidas (lagos, massas de arvoredo, relvados, etc.), que se completam, formando circulações de ar de desenvolvimento vertical.

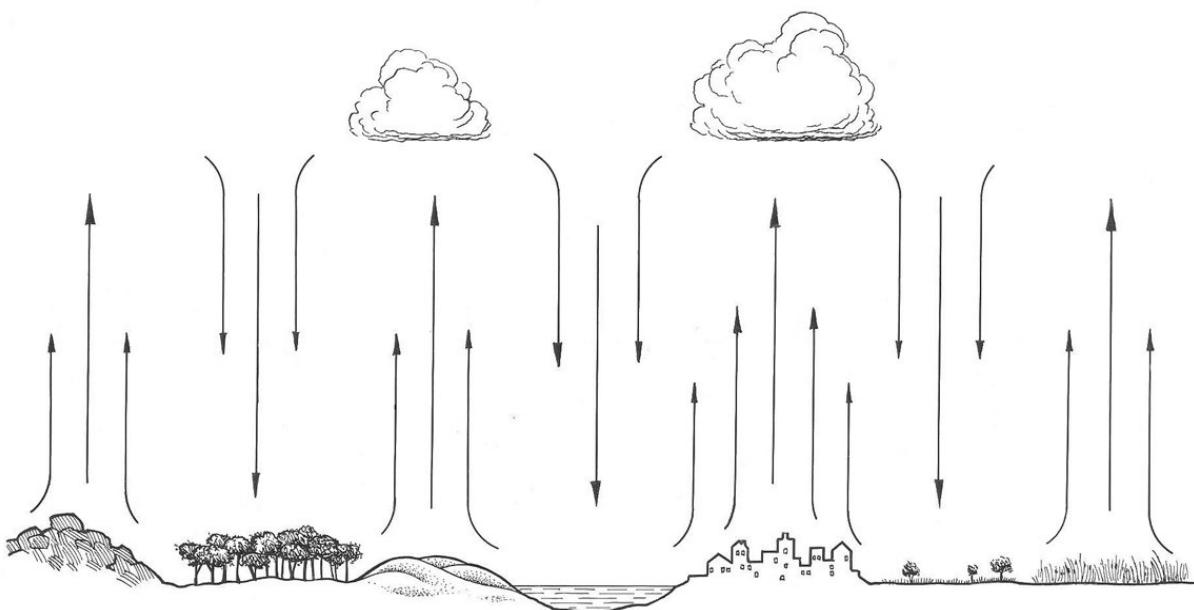


Fig. 153

A velocidade ascensional destas correntes é tanto maior, como se toma evidente, quanto maior for a diferença de temperatura entre as camadas de ar interessadas, em altura.

Em dias quentes de verão formam-se ascendências térmicas tão violentas que a velocidade vertical do ar no seu seio chega a ultrapassar os 5 m/s.

As ascendências de origem térmica iniciam-se, normalmente, por bolhas de ar quente.

Em primeiro lugar, começa por se formar uma pequena bolsa, que vai aumentando de volume à medida que o terreno vai aquecendo o ar.

Logo que a bolha possui força ascensional bastante para romper a tensão superficial do ar e a resistência das camadas superiores, desprende-se e sobe como um balão (fig. 154).

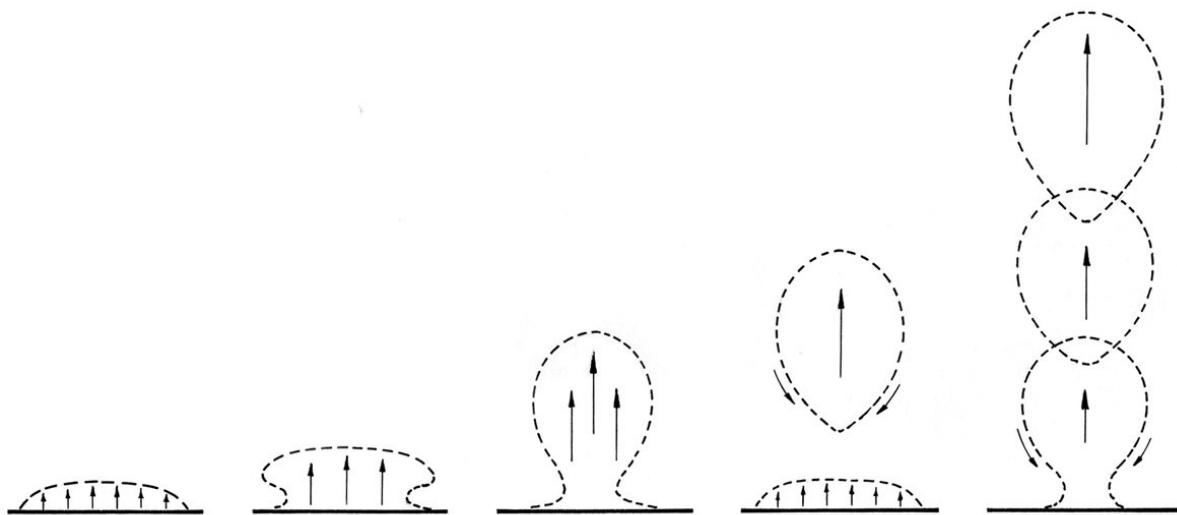


Fig. 154

Se o aquecimento do solo, e, consequentemente, o das camadas de ar próximas, continuar a aumentar, a formação e o desprendimento das bolhas tomam-se mais frequentes até constituir uma coluna ascendente contínua (fig. 155).

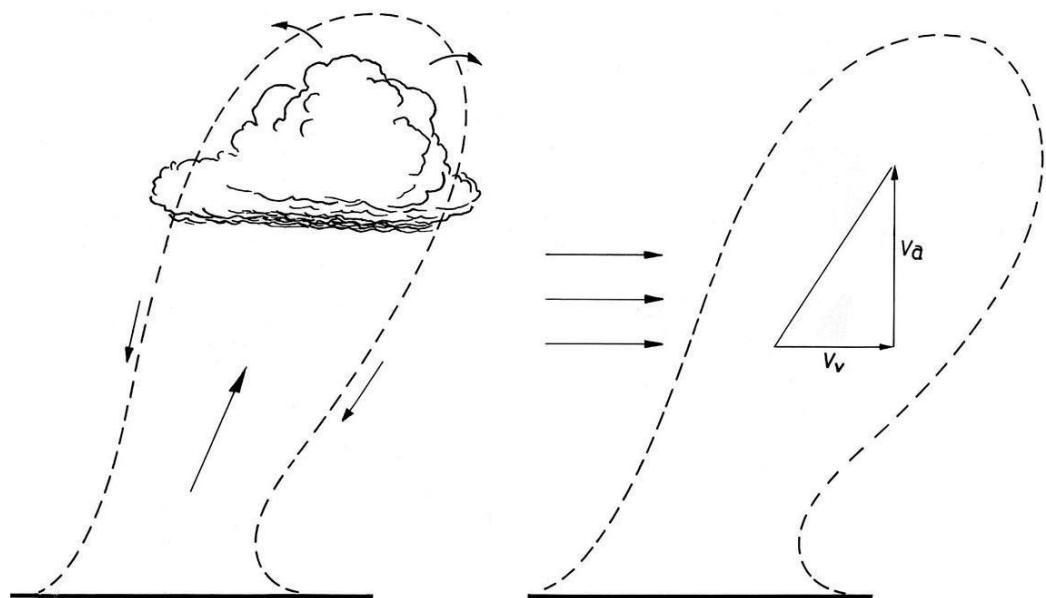


Fig. 155

Fig. 156

À volta desta coluna, estabelecem-se correntes descendentes, provocadas pelo ar que vai ocupar a depressão formada na base da ascendência.

Sensivelmente no topo da coluna térmica, e se o ar ascendente contiver humidade, costuma formar-se uma nuvem de base plana, que não é mais do que um resultado da condensação do vapor de água que a térmica transporta.

A ascendência ultrapassa ainda um pouco o nível da condensação, determinado pela base da nuvem, e a própria nuvem, até que a dispersão das partículas de ar quente, nas camadas de ar mais altas e frias, provoca o seu arrefecimento.

Há, no entanto, as chamadas *térmicas secas*, que não dão lugar a nuvens, em virtude de a massa de ar ascendente possuir uma percentagem de humidade muito reduzida.

A coluna térmica não se desenvolve, em regra, verticalmente. Se houver vento, ela tomará uma certa inclinação, que será resultante, como é evidente, dos vectores representativos da sua velocidade ascensional e da velocidade de escoamento do vento (fig. 156).

Devido à rotação da Terra, o ar, dentro da térmica, eleva-se segundo um movimento espiralado, tomando a coluna sensivelmente uma forma cilíndrica. A velocidade ascensional do ar é máxima no eixo do cilindro, decrescendo para a periferia, onde existe uma ligeira zona turbulenta, provocada pelo roçar das partículas de ar ascendentes e descendentes.

Vimos já como deve ser centrado um modelo para voar à vela, numa ascendência orográfica. Essa mesma teoria de centragem serviria para o voo à vela em ascendências térmicas, se nestas as velocidades do vento fossem tão constantes como nas orográficas. Todavia, sabe-se já que no seio de uma coluna térmica não só existe uma corrente de ar ascendente sem direcção bem definida (o ar sobe espiralando), como a velocidade ascensional do ar varia do eixo da coluna para a periferia, além da qual existe mesmo uma zona descendente que se torna necessário, quanto possível, evitar.

Assim, as condições de centragem terão de ser diferentes das utilizadas nas orográficas, nas quais se pode considerar que o vento possui direcção e velocidade constantes, durante certo tempo.

As térmicas, mais difíceis de localizar do que as orográficas, são no entanto as correntes que maior interesse têm para o Aeromodelismo, dado que actualmente se tem de adoptar o voo térmico, em virtude das principais provas se realizarem em planícies extensas, como campos de aviação, etc.

Um modelo, para voar em térmica, não necessita de centragem muito diferente da que seria usada para voar em tempo *standard*.

Não convém, no entanto, que o modelo possua velocidade de planeio muito elevada, para que não saia rapidamente da ascendência, não lhe aproveitando os efeitos, e é absolutamente necessário que ele rode, em círculos mais ou menos apertados, para que, logo que se instale na coluna ascendente, não saia dela facilmente.

Com efeito, é prática muito usada centrar o modelo de modo a fazê-lo voar lentamente nas *proximidades da perda*, isto é, reduzindo, quanto possível, as velocidades de planeio e de descida. Um modelo nestas circunstâncias, ao encontrar a térmica, entrará em *cabradadas* sucessivas, ganhando sempre altura.

Para fazer rodar os modelos, é uso dotarem-se, em especial os planadores, de um dispositivo chamado *termalizador*, que não é mais que um pequeno leme de direcção, que actua logo que o modelo fica entregue aos seus próprios meios.

Há diversos tipos de termalizadores. Um dos mais usados e seguros é o indicado na figura 157.

O pequeno leme (1) possui um elástico de recuperação (2), que o mantém com o ângulo necessário à viragem que se pretende.

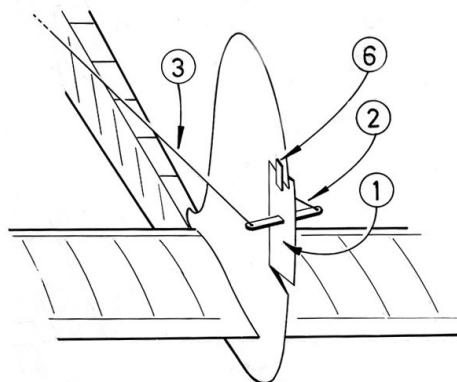


Fig. 157

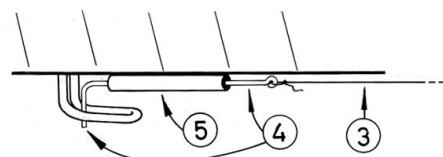


Fig. 158

Do lado contrário ao elástico, prende-se no leme um fio fino e resistente (3), que chega até junto do gancho de lançamento (fig. 158). Nesta ponta, o fio está ligado a um arame de aço (4), dobrado em L, que, instalado num pequeno tubo orientador (5), colado à fuselagem, vai entrar no gancho de lançamento.

Durante o reboque, a argola do cabo de lançamento puxa à frente a peça em L, mantendo esticado o fio. O leme adquire, portanto, uma posição neutra, mercê de uma espera (6), que se coloca na deriva, do lado contrário ao elástico.

A argola, ao sair, liberta a peça em L e o elástico puxa o leme à posição previamente definida, entrando o modelo a rodar em círculos, para poder aproveitar a ascendência, logo que a encontre.

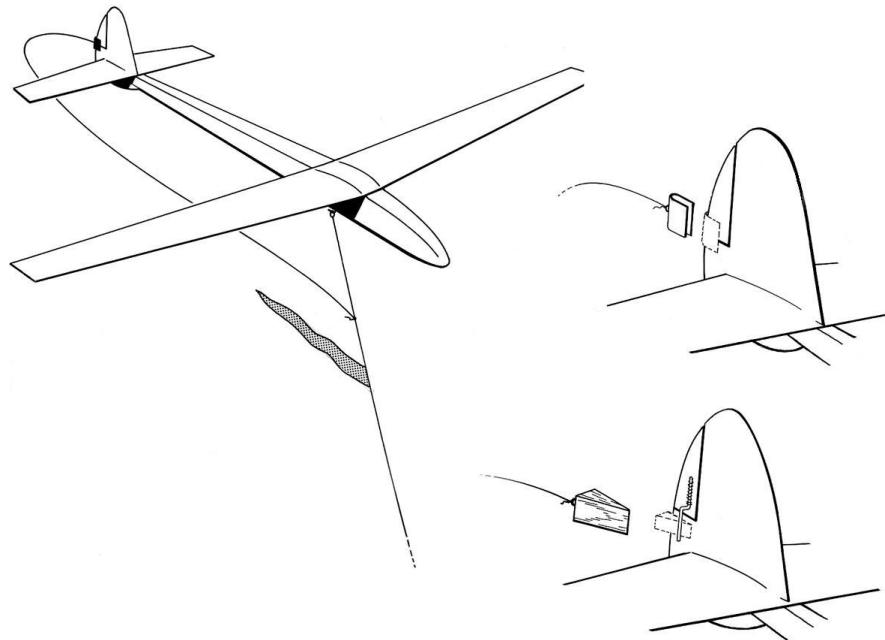


Fig. 159

Muitas vezes, e porque o modelo possui quase sempre uma tendência nata para virar para um dos lados, aproveita-se essa tendência para o voo e instala-se o termalizador ao contrário. Assim, se se tratar de um planador, o modelo é rebocado com o termalizador a actuar, no sentido de contrariar a sua tendência natural, e, depois de entregue aos seus próprios meios, voará segundo a sua própria tendência, com o termalizador na posição neutra.

Na figura 159 estão representados outros tipos de termalizadores, todavia menos usados.

Dado, porém, que não interessa prolongar o voo para além de um certo tempo (três minutos, conforme prescrevem os actuais regulamentos), usam-se, por outro lado, dispositivos chamados *determalizadores* que obrigam o modelo a interromper o voo e a descer rápida e suavemente.

O determalizador mais em voga, e que permite resultados mais seguros, é o indicado na figura 160, que, por deslocação do estabilizador, obriga o modelo a entrar em perda, forçando-o a cair por falta de sustentação.

A resistência das superfícies, mantidas numa posição normal, ainda que cabrada, não deixa, no entanto, que o modelo caia violentamente, antes lhe permite descer com uma velocidade reduzida e tocar o solo com suavidade.

Neste determalizador são instalados, na fuselagem e na empenagem horizontal, ganchos de arame de aço, que se unem por meio de elásticos, para manter o estabilizador na posição conveniente ao voo.

Entre os elásticos coloca-se uma mecha acesa ⁽⁷⁾, que vai queimar o elástico no fim de certo tempo e libertar o estabilizador. Este, puxado por outros elásticos, assume uma posição negativa, compreendida, em geral, entre os 35° e 45°, que obriga o modelo a entrar em perda e a descer suavemente em posição cabrada.

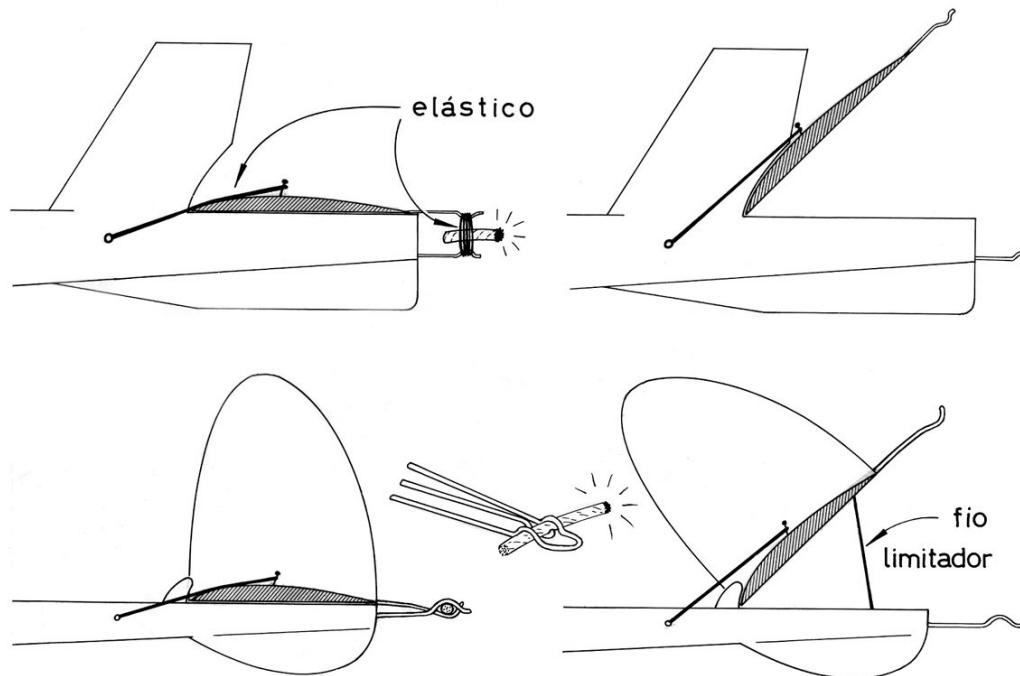


Fig. 160

(7) Estas *mechas*, que ardem lentamente a uma velocidade mais ou menos constante, preparam-se facilmente. Dissolve-se *salitre* num pouco de água, em quantidade que permita obter uma solução saturada, e mergulha-se no líquido assim obtido cordão de algodão. Deixa-se secar o cordão, que depois se corta em pequenos pedaços com o tamanho desejado.

Outros tipos de determalizadores:

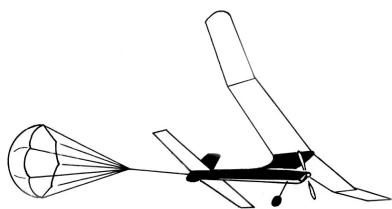


Fig. 161

Instala-se na fuselagem, junto ao centro de gravidade, um pequeno pára-quedas enrolado, preso, por exemplo, por um elástico que uma mecha acesa corta, terminados os três minutos.

O pára-quedas desenrola-se e a resistência anormal faz descer o modelo (fig. 161).

Duas chapas de contraplacado são mantidas durante o voo junto às faces da fuselagem, de um e do outro lado, por força de um elástico. A mecha corta o elástico e as chapas de contraplacado colocam-se como a figura indica: transversalmente ao movimento, provocando enorme resistência (fig. 162).

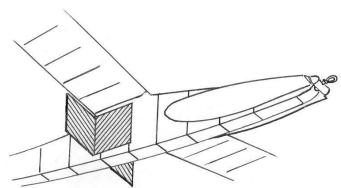


Fig. 162

Enrola-se um fio fino e resistente, com 15 a 20 metros, a uma pequena barra de chumbo. A ponta do fio prende-se a um bordo marginal da asa e o chumbo, com o fio enrolado, instala-se na fuselagem, junto do c. g., preso por um elástico.

Cortado o elástico, o chumbo cai, o fio desenrola-se e o modelo, como é natural, inclina-se lateralmente, em virtude da deslocação do peso para a ponta da asa.

Logo que o chumbo atinja o solo, o modelo, livre do peso na ponta da asa, tenderá a recuperar o equilíbrio e a aterrkar (fig. 163).

Uma chapa fina de contraplacado ou balsa é mantida, por meio de um elástico, junto ao extradorso do plano horizontal. Cortado o elástico, a chapa funcionará como freio aerodinâmico (fig. 164).

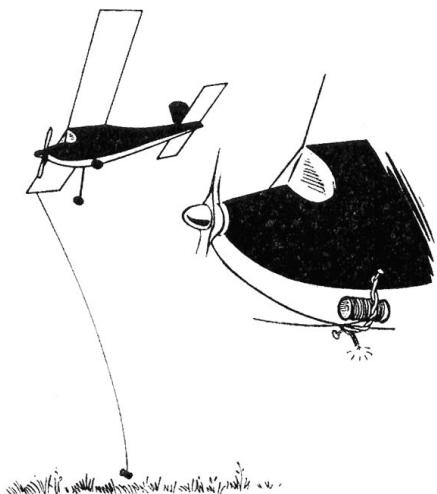


Fig. 163

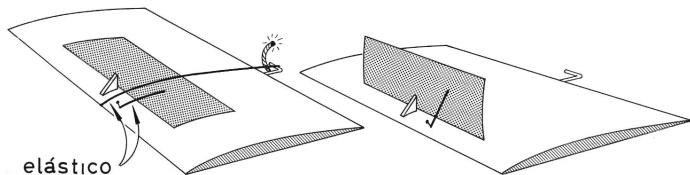


Fig. 164

CAPÍTULO V

O MOTOR

O motor é o órgão que fornece energia capaz de assegurar a tracção necessária à deslocação do modelo.

O motor é, fundamentalmente, um transformador de energia. Consoante a sua natureza, ele transforma a energia térmica ou elástica em energia mecânica, a qual, imprimindo rotação ao hélice ou criando forças de reacção, assegura a velocidade de translação do modelo.

Em Aeromodelismo, empregam-se três tipos distintos de motores: de borracha, de pistão e de reacção.

Existem, todavia, outros tipos que não interessa considerar aqui, uns porque deixassem de ter sido utilizados, como os motores de ar comprimido, outros porque o seu uso se tem circunscrito quase exclusivamente a modelos considerados brinquedos – caso dos motores eléctricos (*).

Vejamos, em pormenor, cada um daqueles três tipos.

MOTORES DE BORRACHA

O motor de borracha é constituído por diversos fios de elástico apropriado, que, uma vez torcidos, tendem a libertar a energia assim armazenada. Estes motores transformam, pois, a energia elástica em energia mecânica.

O motor de borracha foi a primeira fonte de energia usada em Aeromodelismo. A simplicidade de preparação e manuseamento e o seu baixo custo relativo contribuíram para que fosse usado em larga escala.

A meada é normalmente constituída por fios de elástico de secção rectangular de 1×6 ou 1×3 milímetros, cuja quantidade (número de fios e comprimento) depende das características do modelo a que o motor se destina.

A potência de um motor de borracha varia, inversamente, com a sua elasticidade, isto é, uma meada muito elástica pode ser torcida a um elevado número de voltas, mas a sua potência é baixa, enquanto uma meada menos elástica suporta um número inferior de voltas, mas fornece uma potência maior.

A borracha que existe no mercado, para este fim, situa-se no meio termo: não é demasiado elástica e fornece potências aceitáveis.

O elástico preferido pelos aeromodelistas portugueses é o «Pirelli» 6×1 . Todavia, a «Dunlop» e a «Ceton», inglesas, e a «Prown» e a «T-56», americanas, são também marcas conceituadas, utilizadas por bons especialistas mundiais.

(*) **Nota da Edição Digital:** Esta afirmação era correcta há 40 anos atrás. Hoje, em resultado da evolução tecnológica dos motores eléctricos, que permitiu melhorar muito a relação “potência/peso” e, sobretudo, da evolução das baterias, o voo eléctrico é uma realidade já bem firmada, principalmente em Rádio Controlo (acrobacia e motoplanadores), mas também com algumas aplicações em Voo Circular.

A borracha a empregar nestes motores, em virtude do elevado esforço a que é submetida, necessita de cuidados especiais de escolha e manuseamento. Assim, deve usar-se sempre elástico de boa qualidade, sem defeitos e de recente fabricação.

Antes da confecção do motor, e sempre que este não esteja em utilização, o elástico deve guardar-se, polvilhado de talco, ao abrigo do calor e da luz solar. Os raios ultravioletas e a elevada temperatura, em especial, destroem as propriedades da borracha e provocam um endurecimento geral que a tornam facilmente quebradiça.

PREPARAÇÃO DA MEADA

A primeira pergunta que normalmente se põe, antes de se iniciar a construção de um motor de borracha, refere-se ao comprimento e número de fios a adoptar. Na verdade, não existem fórmulas rígidas que sirvam para determinar estas características. Sabe-se, contudo, que uma meada de grande comprimento e poucos fios dá uma descarga de grande duração e reduzida potência. Estes motores usar-se-ão, portanto, em modelos pouco rápidos e de subida lenta.

Por outro lado, uma meada curta, com muitos fios, fornece uma descarga rápida e de elevada potência. Um motor com estas características receberá menos voltas e desenrolará mais rapidamente. Usar-se-á, portanto, em modelos de subidas rápidas.

Conclui-se, então, que a potência do motor é directamente proporcional à sua secção transversal e que o tempo de descarga varia, inversamente, com aquela secção.

Posto isto, e depois de determinadas aquelas características, vejamos como se procede para preparar a meada elástica.

Depois de adquirida a quantidade necessária de borracha e antes de iniciar a confecção do motor, deve mergulhar-se o elástico em água limpa e tépida e lavá-lo o melhor possível para libertar todas as partículas de poeira que, porventura, lhe estejam agregadas. Em seguida enxuga-se num pano limpo, que não deixe pélo, e seca-se à sombra. Depois de convenientemente seco, polvilha-se com pó de talco.

Numa tábua-estaleiro, isenta de poeiras e asperezas, fixam-se dois pregos a distância igual ao comprimento do motor que se pretende. Esta distância é normalmente inferior em 10 % à compreendida entre os dois ganchos da fuselagem, para compensar o alongamento que a meada sofre depois de rodada diversas vezes.

O elástico distribui-se depois entre os dois pregos, de modo que nenhum dos fios fique torcido ou esticado. As duas pontas atam-se com um nó direito e, para que este se não desmanche, prendem-se as pontas com um pequeno elástico circular (fig. 165).

No entanto, para obter uma maior igualdade no comprimento dos fios, costuma construir-se a meada na posição vertical (fig. 166), pois o próprio peso do elástico permite obter facilmente aquela igualdade.



Fig. 165

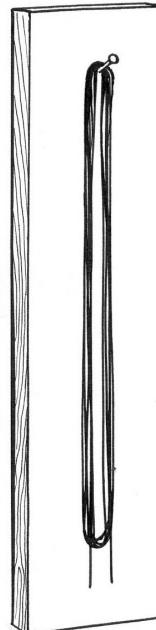


Fig. 166

Esta operação de dar às diversas argolas o mesmo comprimento é de grande importância. Na realidade, se um dos fios ficar mais curto, ele pode romper-se prematuramente, durante o enrolar da meada, em virtude do maior esforço a que está sujeito.

Por vezes sucede que o comprimento do motor que se pretende excede a distância entre os ganchos da fuselagem.

Nestas circunstâncias, e dado que um motor frouxo tem o inconveniente de modificar o equilíbrio do modelo depois da descarga, opta-se por um motor mais curto, ou, não sendo adequado alterar o comprimento, constrói-se um *motor entrançado*, que tem por função encurtar os fios, não lhe tirando as características de motor lento.

Para a preparação de um motor entrançado, começa-se por se proceder da mesma forma que para um motor vulgar.

Constrói-se uma meada simples com o dobro do comprimento que se pretende, e com metade da secção.

Obtida esta meada (fig. 167), prende-se uma extremidade a um gancho, **A**, e introduz-se na outra um berbequim, **C**, o qual se dotou, previamente, com um gancho apropriado.

Com a meada ligeiramente esticada, dão-se algumas voltas de berbequim. Mantendo a meada sempre em tensão, unem-se as pontas **A** e **C**, depois de se ter colocado o gancho do hélice a meio da meada (ponto **B**).

Finalmente, pegando no nariz e deixando rodar o hélice, permite-se que a meada se encurte, gradualmente. Ela enrolar-se-á por si, formando uma trança.

As voltas de berbequim podem ser dadas, indiferentemente, num ou outro sentido. No entanto, quando se pretende que a trança fique mais curta, a torção inicial deve fazer-se no sentido da carga do motor, pois deste modo, depois de esgotada a carga, a meada estará ainda entrançada.

Este sistema, em virtude de não proporcionar motores de grande potência, foi posto de parte em competições de Wakefidd, depois de o peso máximo da borracha ter sido limitado a 50 gramas.

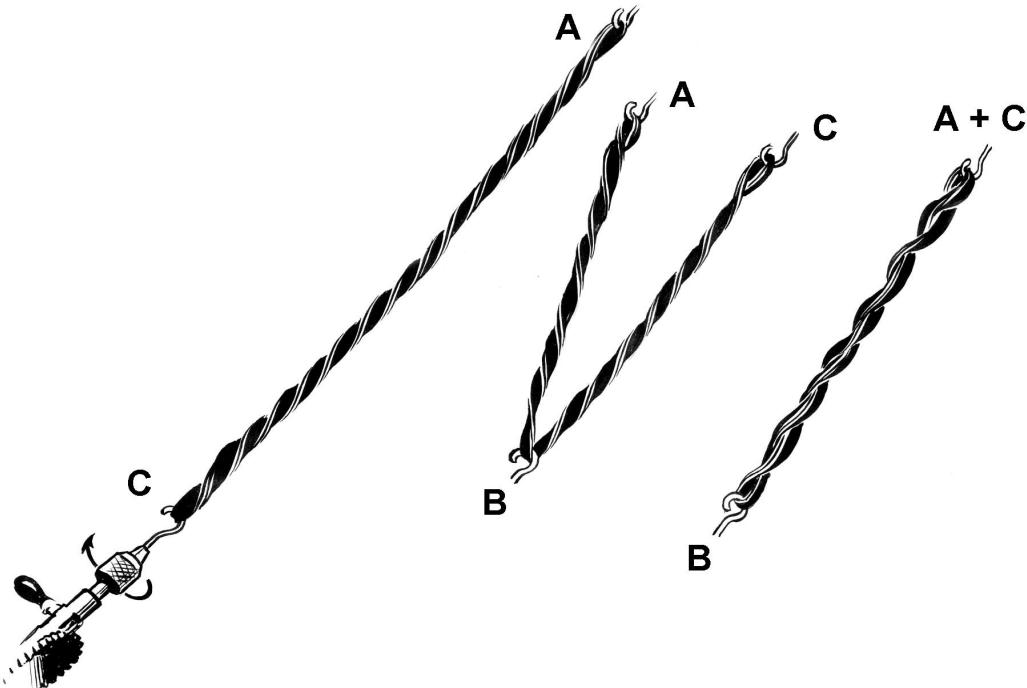


Fig. 167

LUBRIFICAÇÃO

Como qualquer outro motor, a meada elástica necessita também de ser lubrificada. Isso contribuirá para diminuir o atrito, provocado pelo escorregamento dos fios, durante a carga e descarga, permitindo obter maiores potências e aumentar a duração do próprio elástico.

No mercado existem diversas marcas de lubrificantes para motores de borracha, preparados à base de glicerina, sabão ou óleo de rícino.

Contudo, o aeromodelista pode preparar o seu próprio lubrificante, dada a simplicidade da sua composição e a facilidade na obtenção dos ingredientes.

Obtém-se um bom lubrificante juntando os seguintes elementos, nas percentagens indicadas, referidas ao peso:

| | |
|--------------------------|--|
| Glicerina : | 25 % |
| Sabão neutro : | 65 % |
| Água destilada : | 10 % |
| Ácido salicílico : | 0,5 % do total dos três primeiros componentes. |

Pode empregar-se, como sabão neutro, o creme de barbear.

Um dos lubrificantes, muito usado também, é o óleo de rícino, que tem, no entanto, o inconveniente de não poder ser removido com facilidade, quando é necessário lavar o motor.

O lubrificante aplica-se depois de se ter lavado e enxugado convenientemente a meada. Todos os fios devem ser rigorosamente besuntados, incluindo os nós. Durante esta operação, deve ter-se presente que um fio mal lubrificado pode partir-se com facilidade.

Depois de utilizado, o motor deve lavar-se outra vez, para retirar todo o lubrificante. Depois de devidamente seco, polvilha-se com pó de talco e guarda-se ao abrigo da luz e do calor, de preferência numa caixa de cartão.

RODAGEM

Todos os motores de borracha devem ser rodados, para poderem receber a carga máxima.

A rodagem destes motores consiste, simplesmente, em fazer enrolar a meada diversas vezes, aumentando progressivamente o número de voltas.

Inicialmente, começa-se por carregar o motor a cerca de 50 voltas, deixando-o descarregar ligado ao hélice. Em seguida, carrega-se de novo a umas 100 voltas, depois a 200, a 300, etc., até atingir as proximidades da carga máxima recomendada.

Antes de se proceder ao enrolamento da meada, esta deve ser esticada uma, duas ou três vezes, consoante o número de voltas, para que os nós, que se vão formando, se distribuam de uma forma regular, em camadas sucessivas.

Usa-se dar metade das voltas com o motor esticado e, depois, sempre enrolando, ir diminuindo a tensão de modo que o nariz esteja junto à fuselagem, no fim da carga.

Terminada a rodagem e continuando a utilizar o motor, carregando-o ao número de voltas recomendado, verifica-se que ele, nos dois ou três ensaios seguintes, dá a potência máxima. Daí por diante a borracha começa a perder a elasticidade, fornecendo potências cada vez mais baixas. É por isso que os bons especialistas usam, em provas de responsabilidade, um motor para cada voo, que esticam a mais de quatro vezes o seu comprimento e enrolam para além dos limites recomendados. Esses motores foram cuidadosamente rodados até um número de voltas muito próximo daquele que fornecerá a máxima potência.

A potência de um motor de borracha, em função do tempo de descarga, atinge o máximo logo que a meada começa a destorcer, decrescendo aos poucos, com regularidade, até quase às últimas voltas, durante as quais a potência cai bruscamente. Assim, é frequente verem-se os «borrachas» subirem inicialmente a grande velocidade, tomarem-se cada vez menos velozes e, ainda com o hélice a rodar, entrarem na linha de voo normal. No fim da descarga a potência é já tão reduzida que a acção do hélice quase se limita a compensar a resistência que as próprias pás opõem ao avanço.

Resta ainda observar que um motor de borracha perde a potência se foi levado a dar prematuramente um elevado número de voltas, ou se foi carregado a fundo com tempo muito quente. Assim, não serão nunca em demasia todos os cuidados que possam dispensar-se a estes motores. Se eles são, sem dúvida, os mais simples, são também os mais delicados.

CARGA MÁXIMA

Para calcular o número máximo de voltas que um motor pode suportar existem fórmulas e tabelas que nos fornecem valores ligeiramente inferiores àqueles que representam o limite de rotura da meada.

Esta a razão por que não convém, por prudência, ultrapassar aqueles valores.

Uma das fórmulas mais conhecidas para a determinação da carga máxima é dada pela expressão:

$$N = K \frac{C}{\sqrt{s}}$$

em que **N** representa o número de voltas máximo, **K** o coeficiente de elasticidade (número de vezes que o elástico estica), **C** o comprimento do motor e **s** a secção da meada.

Vê-se, pois, que a carga máxima de um motor de borracha é directamente proporcional ao seu comprimento e varia, inversamente, com a raiz quadrada da sua secção.

Uma outra forma, mais exacta do que a anterior, exprime-se pela seguinte equação:

$$N = K \cdot C \cdot R$$

em que **R** representa o número de voltas que cada centímetro de uma meada de dois fios suporta, **C** o comprimento do motor e **K** o coeficiente que depende do número de fios.

Para se obter praticamente o valor de **R** prepara-se uma argola de elástico, do mesmo tipo do do motor, cuja carga máxima se pretende calcular, e enrola-se até partir.

Repete-se a operação com argolas idênticas para se obter o número médio de voltas a que se verifica a rotura. Este número, dividido pelo comprimento, em centímetros, da argola, dá o valor de **R**. O coeficiente **K** é-nos dado pela tabela seguinte:

| Número de fios | <i>K</i> | Número de fios | <i>K</i> |
|----------------|----------|----------------|----------|
| 2 | 1 | 18 | 0,333 |
| 4 | 0,709 | 20 | 0,316 |
| 6 | 0,578 | 22 | 0,301 |
| 8 | 0,500 | 24 | 0,290 |
| 10 | 0,446 | 26 | 0,277 |
| 12 | 0,408 | 28 | 0,267 |
| 14 | 0,377 | 30 | 0,258 |
| 16 | 0,353 | 32 | 0,250 |

Existem, contudo, tabelas que fornecem também com um certo rigor o número máximo de voltas a que determinado elástico, desta ou daquela secção, deste ou daquele fabricante, pode ser enrolado.

A tabela que a seguir se transcreve foi elaborada mediante ensaios com borracha de 6×1 das marcas mais usadas entre nós (Dunlop, Pirelli, etc.).

Os valores indicados têm uma margem de cerca de 5 %, em relação ao limite de rotura.

| Comprimento do motor em centímetros | NÚMERO DE FIOS | | | | | | | |
|--|----------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
| 2,5 | 60 | 46 | 36 | 30 | 26 | 24 | 22 | 20 |
| 25 | 600 | 460 | 360 | 300 | 260 | 240 | 220 | 200 |
| 50 | 1200 | 900 | 720 | 600 | 520 | 480 | 440 | 400 |
| 55 | 1320 | 1000 | 790 | 660 | 570 | 530 | 480 | 440 |
| 60 | 1440 | 1100 | 860 | 720 | 620 | 580 | 520 | 480 |
| 65 | 1560 | 1200 | 930 | 780 | 670 | 630 | 560 | 520 |
| 70 | 1680 | 1300 | 1000 | 840 | 725 | 680 | 600 | 560 |
| 75 | 1800 | 1400 | 1080 | 900 | 780 | 725 | 650 | 600 |
| 80 | 1920 | 1500 | 1150 | 960 | 830 | 775 | 690 | 640 |
| 85 | 2040 | 1600 | 1220 | 1020 | 880 | 825 | 735 | 680 |
| 90 | 2160 | 1700 | 1300 | 1080 | 930 | 875 | 780 | 720 |

MOTORES DE PISTÃO

O motor de pistão, também designado por motor de explosão, baseia-se no princípio da expansibilidade dos gases, obtidos por combustão dum fluído.

A mistura – combustível e ar –, ao explodir no interior do cilindro, gera grande quantidade de gases, que tendem a expandir-se.

A elevada pressão assim originada actua sobre o êmbolo ou pistão, conferindo-lhe um movimento alternativo, que é transformado, depois, por processos mecânicos, no movimento de rotação que o hélice aproveita.

O motor de pistão transforma, pois, a energia térmica ou calorífica, resultante da combustão, em energia mecânica.

Em Aeromodelismo, usam-se apenas motores a dois tempos (*). De uma maior simplicidade mecânica que os motores a quatro tempos, realizam todo o trabalho, como se verá mais adiante, em apenas dois passeios do êmbolo.

Os primeiros motores de pistão que se utilizaram em aeromodelos foram os de inflamação por faísca.

A explosão da mistura era provocada por uma faísca proveniente de um sistema eléctrico, que compreendia uma fonte de alimentação (pilha seca ou acumulador), uma bobina para transformar a corrente de baixa em alta tensão, um condensador para absorver as faíscas parasitárias e ajudar o aumento de tensão, platinados para interromper a corrente na altura própria, um comando da ignição e uma vela para fornecer a faísca que iria inflamar a mistura.

Estes motores, chamados também motores a gasolina, por consumirem esta espécie de combustível, forneciam regimes elevados de rotação e eram de uma grande regularidade de funcionamento, transmitindo ao modelo pouca vibração. Todavia, o peso exagerado de todo aquele equipamento eléctrico, bem como os frequentes fracassos, resultantes de um tão complicado sistema de inflamação, muito contribuíram para que viessem a ser totalmente postos de parte.

Apareceram depois os motores *Diesel* e *semi-Diesel*, hoje largamente utilizados, que dispensavam aquele complexo conjunto eléctrico. Muito mais leves e de uma maior simplicidade de manuseamento, forneciam também potências mais altas.

Nestes motores, denominados de auto-ignição, a explosão dá-se em virtude da elevada compressão a que a mistura é submetida.

Sabe-se que uma mistura de ar e combustível, ao ser comprimida, vai aumentando a sua temperatura ao mesmo tempo que diminui o seu ponto de ignição⁽⁸⁾.

Ao ser comprimida, a mistura vai, portanto, diminuindo gradualmente o seu ponto de ignição. Nos motores *Diesel*, dá-se a explosão quando o ponto de ignição for idêntico à temperatura das paredes da câmara. Quer dizer, a mistura explode espontaneamente em virtude da alta compressão a que foi submetida, não necessitando de qualquer sistema de inflamação.

Já nos motores *semi-Diesel (glow-plug)* a compressão não precisa de ser tão elevada, pois basta que o ponto de ignição da mistura desça à temperatura da vela de incandescência.

(*) **Nota da Edição Digital:** Esta afirmação era correcta há 40 anos atrás. Hoje, embora os motores de dois tempos ainda detenham a maioria das aplicações em Aeromodelismo, o uso de motores a quatro tempos tem vindo a ser implementado, especialmente no caso de grandes cilindradas usadas em Rádio Controlo.

(8) Entende-se por *ponto de ignição* a temperatura em que a mistura (ar + combustível) entra espontaneamente em combustão.

ÓRGÃOS DO MOTOR

Analisemos a figura 168, que mostra um motor de auto-ignição seccionado, com todos os órgãos que o compõem.

O *carter* (1) é o invólucro que encerra a cambota e recebe a mistura antes de entrar no cilindro. Construído normalmente de metais leves fundidos, constitui o corpo básico do motor, dando-lhe a sua forma característica. Nele são instalados o *venturi*, as condutas da mistura, a válvula rotativa (quando a admissão é traseira), os rolamentos, o cilindro, etc.

O *cilindro* ou *camisa* (2) é o órgão no interior do qual se dá a combustão. Construído em aço especial endurecido, é montado na parte superior do *carter*.

O cilindro possui aberturas, em pontos rigorosamente determinados, que permitem a entrada da mistura e a saída dos gases queimados. Consoante a sua função, estas aberturas tomam o nome de janelas de admissão ou de escape.

O cilindro, que, durante o funcionamento do motor, atinge elevada temperatura, é revestido de um invólucro dotado de *aletas* (3), que, aumentando a superfície exposta ao ar, permitem um maior arrefecimento geral.

Em grande parte dos motores, especialmente nos de pequenas cilindradas, as aletas e a cabeça do cilindro formam uma única peça, que se denomina *cabeça do motor* (4).

Nos motores *Diesel*, o topo do cilindro é tapado por um *contrapistão* (5), que pode ser movido por intermédio de uma manivela especial, a *chave de compressão* (6). Esta chave, roscada na cabeça do cilindro, empurra ou alivia o contrapistão, o qual se ajusta rigorosamente às paredes da camisa, diminuindo ou aumentando, assim, a câmara de combustão.

Nos motores *glow-plug* ou *semi-Diesel*, a camisa é vedada na parte superior pela *cabeça do cilindro* (7), onde está instalada a *vela de incandescência* (8).

Esta vela, vulgarmente denominada *glow-plug*, é muito semelhante às velas vulgares. Todavia, em vez dos conhecidos eléctrodos, ela é dotada de um filamento de platina-irídio, em forma de espiral, que se torna incandescente quando a vela é ligada a um acumulador ou pilha eléctrica de 1,5 a 2 vóltios. A corrente eléctrica é ligada apenas durante a operação de pôr o motor em marcha; depois disso, desliga-se a corrente, pois o filamento mantém-se incandescente, em virtude da elevada temperatura das explosões.

No interior do cilindro, trabalha o *pistão ou êmbolo* (9), em movimento alternativo, ascendente e descendente. Quando sobe, o pistão comprime a mistura. Esta, ao entrar em combustão, liberta gases, que obrigam o êmbolo a descer violentamente no cilindro.

O pistão, normalmente construído de ferro fundido centrifugado, deve pesar o menos possível. Assim se reduzirá a sua inércia aos rápidos movimentos que lhe são requeridos.

É frequente dotarem-se os pistões, na face superior, com uma cunha ou protuberância, chamada *deflector* (10).

O deflector, dada a sua configuração especial, isola a mistura, que está a ser admitida no cilindro, dos gases queimados, ao mesmo tempo que conduz a mistura fresca em turbilhão para a câmara e evita a sua saída pela janela de escape, antes de ser queimada.

A *cambota* (11) é o órgão que transforma o movimento de translação do êmbolo em movimento de rotação. Ainda que constituída de uma só peça, ela pode considerar-se composta por dois elementos distintos: o *veio-motor*, em cuja extremidade se fixa o hélice, e o volante, cuja massa, em virtude da sua inércia, permite que o pistão vença os pontos extremos do seu movimento alternativo.

A cambota é normalmente apoiada em rolamentos de esferas (12), para evitar, quanto possível, o atrito.

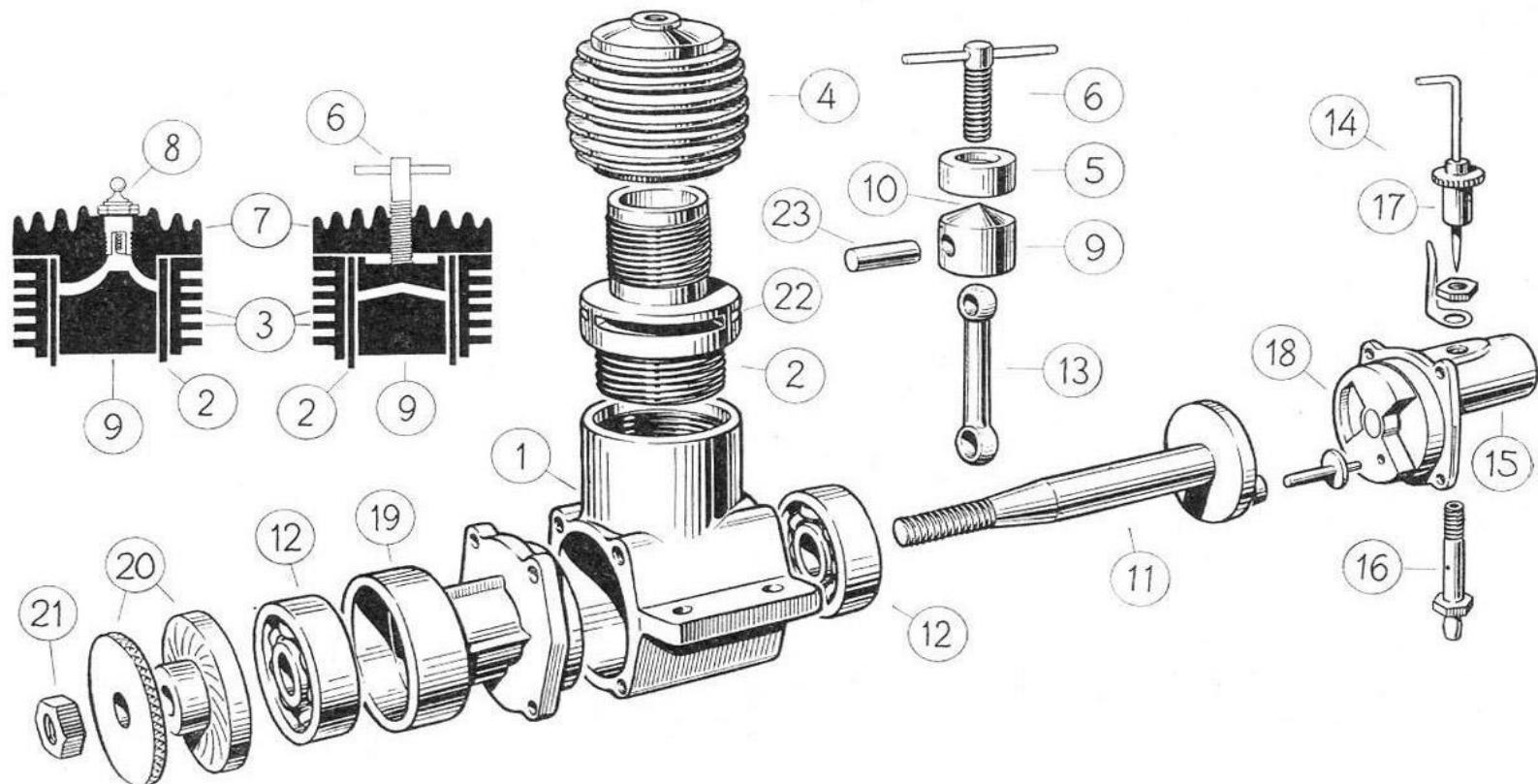


Fig. 168 – Órgãos de um motor «Webra Mach I», de 2,5 c.c.

- | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 1 – «carter» | 7 – cabeça do cilindro | 13 – biela | 19 – porta-rolamentos |
| 2 – cilindro | 8 – vela de incandescência | 14 – carburador | 20 – anilhas de aperto do hélice |
| 3 – aletas | 9 – pistão ou êmbolo | 15 – «venturi» | 21 – porca de aperto do hélice |
| 4 – cabeça do motor (cabeça e aletas) | 10 – deflector | 16 – pulverizador ou «gicleur» | 22 – janelas de escape |
| 5 – contra-pistão | 11 – cambota | 17 – agulha | 23 – cavilha do pistão |
| 6 – chave de compressão | 12 – rolamentos | 18 – disco rotativo (válvula) | |

Nos motores de admissão frontal a cambota é furada interiormente para permitir, através de um orifício, que coincida com o *venturi*, a entrada da mistura no *carter*.

A cambota é ligada ao pistão por meio da *biela* (13), cujas extremidades se apoiam nas cavilhas do pistão e do volante.

O *carburador* (14) destina-se a misturar combustível e ar, nas percentagens adequadas. Ele é constituído, fundamentalmente, pelo *venturi* (15), que aspira o ar do exterior, por um *pulverizador* ou *gicleur* (16), que deixa passar o combustível, e por uma *agulha* (17), que regula a quantidade de combustível.

A agulha do carburador tem geralmente uma forma cónica, muito alongada, para permitir graduar com uma maior precisão a passagem do carburante.

Como já se disse, a admissão da mistura nos motores pode fazer-se quer pela frente do *carter*, quer pela retaguarda. No primeiro caso, diz-se que o motor é de admissão frontal, no segundo caso que é de admissão traseira.

Nos motores de admissão frontal, a mistura passa do carburador para o *carter* através de uma conduta aberta na cambota. O *carter*, portanto, só admite a mistura quando o furo da cambota coincide com o *venturi*.

Nos motores de admissão traseira o carburador está colocado na retaguarda do *carter* e fornece a mistura apenas quando a abertura de um *disco rotativo* (18) coincide com o *venturi*.

Este disco roda, intimamente ligado à cambota, por uma pequena cavilha, apoiando-se na tampa posterior do *carter*.

FUNCIONAMENTO DO MOTOR

Vejamos agora como funciona o motor a dois tempos ⁽⁹⁾.

O êmbolo, ao subir no cilindro (fig. 169), vai comprimindo a mistura, que se introduziu no interior da camisa pela janela de admissão. Ainda no seu movimento ascendente, o êmbolo faz gerar no *carter* um abaixamento de pressão, que provoca a aspiração de nova mistura através do carburador.

Quando o pistão atinge o ponto morto superior ⁽¹⁰⁾, a mistura atingiu o máximo da compressão.

É aproximadamente nesta altura que se dá a combustão. A mistura foi de tal modo comprimida que o seu ponto de ignição igualou a temperatura das paredes do cilindro, no caso dos motores *Diesel*, ou da vela de incandescência, no caso dos motores *glow-plug*.

O aumento de pressão, provocado pela explosão da mistura com a consequente libertação de gases, obriga então o êmbolo a descer violentamente e os gases expandem-se, saindo pela janela de escape.

O pistão, na sua descida, comprime também a mistura que se encontra no *carter*, que, por sua vez, e logo que o êmbolo deixa abrir a janela de admissão, se introduz no cilindro para iniciar um novo ciclo.

Assim, considera-se que estes motores realizam o ciclo completo de trabalho em dois tempos.

⁽⁹⁾ *Tempo* é o conjunto de operações que se realizam em meia volta de cambota, quando o pistão vai do ponto morto superior ao ponto morto inferior e vice-versa.

⁽¹⁰⁾ *Pontos mortos* são as posições extremas que o êmbolo atinge no seu movimento de vaivém e durante as quais a sua velocidade linear é nula.

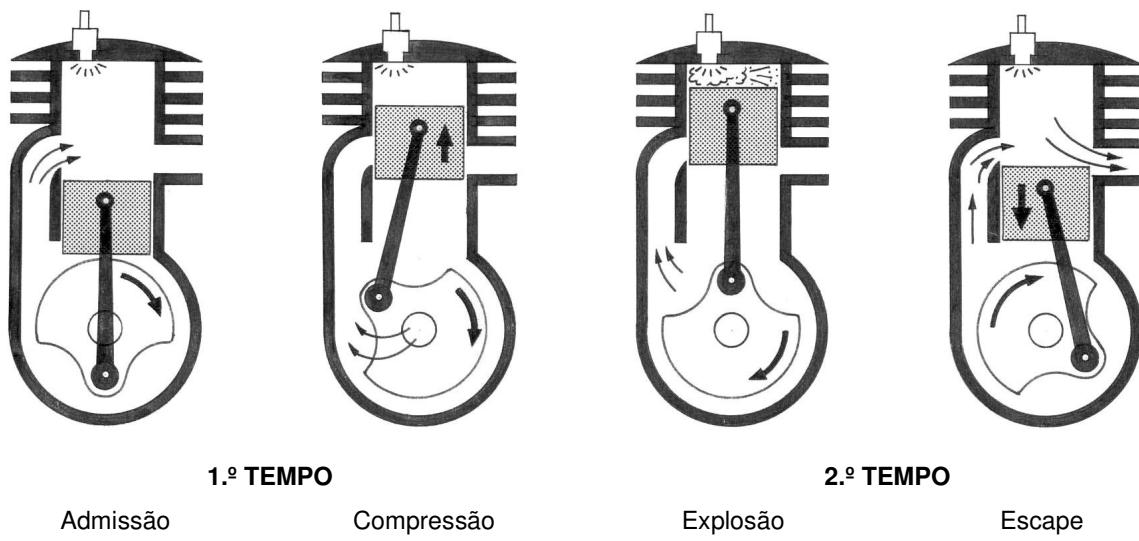


Fig. 169

No primeiro tempo, o êmbolo desloca-se do ponto morto inferior para o ponto morto superior, admitindo mistura e comprimindo-a.

O primeiro tempo corresponde, portanto, às fases de *admissão* e *compressão*.

No segundo tempo, o êmbolo desloca-se inversamente, dando lugar à *explosão* e *escape*.

CARACTERÍSTICAS DO MOTOR

As características principais de um motor de explosão são a alesagem, o curso, a cilindrada, a potência e a taxa de compressão.

A *alesagem* representa o diâmetro interno do cilindro, ou, mais simplesmente, o diâmetro do êmbolo, no caso dos motores sem segmentos.

O *curso* é a distância que vai do ponto morto inferior ao ponto morto superior.

Tanto a alesagem como o curso são expressos normalmente em milímetros.

Ao volume da câmara de compressão chama-se *cilindrada*. A cilindrada é, pois, equivalente ao volume de um cilindro, cujo diâmetro é a alesagem e a altura o curso.

Em relação à cilindrada, os motores de aeromodelismo dividem-se em séries:

Série I – Motores até 2,5 c. c.

Série II – Motores de 2,51 a 5 c. c.

Série III – Motores de 5,01 a 10 c. c.

Chama-se *potência* ao trabalho que uma força executa na unidade de tempo.

$$\text{Potência} = \frac{\text{Trabalho}}{\text{Tempo}} = \text{HP} \text{ (horse-power, ou cavalo-vapor)} \text{ (*)}$$

(*) **Nota da Edição Digital:** O termo “cavalo-vapor” é uma unidade tradicional, oriunda do *Sistema Imperial Inglês*, para exprimir a potência de um motor, ainda hoje usada popularmente. Em unidades do Sistema Internacional (SI), a potência é expressa em W(watt) ou kW, correspondendo um “cavalo-vapor” a cerca de 735 W.

No caso do motor, ele fornece potência a partir da quantidade de calor libertado na combustão, transformado em trabalho. A isso se chama *potência teórica*.

No entanto, em virtude de perdas várias, como calor saído com os gases de evacuação, atritos, etc., a potência disponível no veio-motor, que toma o nome de *potência efectiva*, é sempre inferior à teórica, em cerca de 60 ou 70 %, isto é, a potência efectiva só raramente ultrapassa os 40 % da potência teórica.

Dado que é, portanto, a potência efectiva aquela que, na prática, interessa ao aeromodelista e também a que é indicada nos gráficos fornecidos pelos construtores, vejamos como pode ser calculada e como são elaborados aqueles gráficos.

A potência efectiva determina-se, em regra, por intermédio do *banco-balança*, que, como a figura 170 indica, é constituído por uma bancada susceptível de movimento angular em torno de um eixo paralelo ao eixo de rotação do veio-motor.

Solidário com a bancada, existe um braço, graduado em polegadas a partir do eixo, ao longo do qual se pode deslocar um peso, **W** (em onças). Um contrapeso, **R**, deslocável na vertical, permite baixar o centro de gravidade do conjunto, de modo a mantê-lo em equilíbrio.

Instalado o motor a ensaiar, na bancada, monta-se um hélice destinado a absorver a potência.

Logo que o motor se encontra em marcha, a bancada, girando em torno do seu eixo, tende a rodar em sentido inverso ao do movimento do hélice – é o chamado efeito de *torque* (*).

Desloca-se, então, o peso **W**, ao longo do braço graduado, até que ele se mantenha na horizontal.

Assim, o momento do peso **W**, em relação ao plano que passa pelo centro de gravidade e eixo de rotação do motor, equilibra o binário de reacção, que é igual ao binário motor, que está a fazer girar o hélice e que, em consequência, tende a fazer rodar a bancada no sentido contrário ao do movimento.

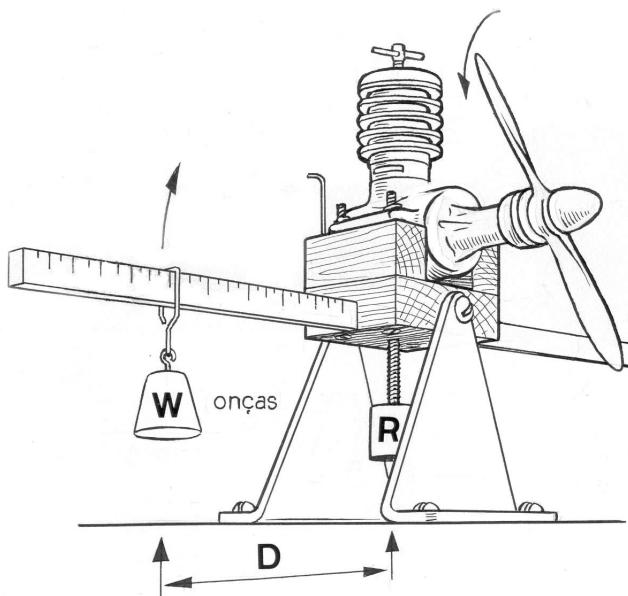


Fig. 170 – Banco-balança

(*) **Nota da Edição Digital:** Embora, por rigor para com o texto original, seja sempre mantido o termo “*torque*”, nos nossos dias está completamente consagrado o termo “*binário*”, aplicado ao tema em análise. É, portanto corrente, quando se fala de motores, referir a relação “*potência – binário*” como sendo uma das características relevantes.

Ao momento do peso W , em relação ao plano que passa pelo eixo da bancada, chama-se *torque* Q , o qual é expresso em onças-polegadas (*) e é igual ao produto do peso W pela distância D .

$$Q = D \cdot W$$

Medindo, por meio de um taquímetro, as rotações por minuto, N , a que girava o motor, a potência efectiva é dada pela fórmula:

$$P = \frac{N \cdot Q}{1008\,000} \quad (\text{fórmula rigorosa}),$$

ou

$$P = \frac{N \cdot Q}{1\,000\,000} \quad (\text{fórmula aproximada}).$$

Assim, com os dados obtidos no banco-balança, variando as r.p.m. por intermédio de hélices de diferentes passos e diâmetros, podem construir-se os gráficos da variação de potência e de torque, em função do número de rotações por minuto.

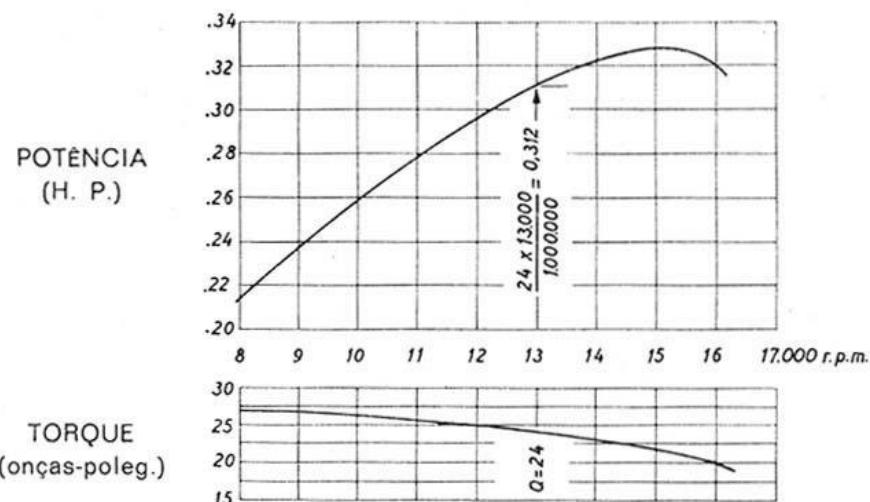


Fig. 171 - Curvas de Potência e de «Torque» do motor «Oliver Tiger» de 2,424 c.c.

O gráfico da figura 171 mostra como é calculada a curva de potência, obtidos os valores de *torque* por intermédio do banco-balança.

Não se deve confundir a *Potência* com *Torque*. Ainda que o motor possa produzir mais potência a um maior número de rotações, a sua capacidade para fazer rodar um peso (no nosso caso, o peso do hélice) a esta maior velocidade é menor.

Assim, o ponto mais alto da curva de *torque* determina o número de r.p.m. em que aquela capacidade é máxima e, portanto, em que o trabalho do motor é mais estável.

Posto isto, podemos agora, por meio dos gráficos, chegar a interessantes conclusões acerca das características dos motores.

(*) **Nota da Edição Digital:** Também aqui o termo “onças-polegada” é uma unidade tradicional oriunda do *Sistema Imperial Inglês* para exprimir o binário. Em unidades do Sistema Internacional (SI), o binário é expresso em N.m (Newton-metro).

Assim, por exemplo:

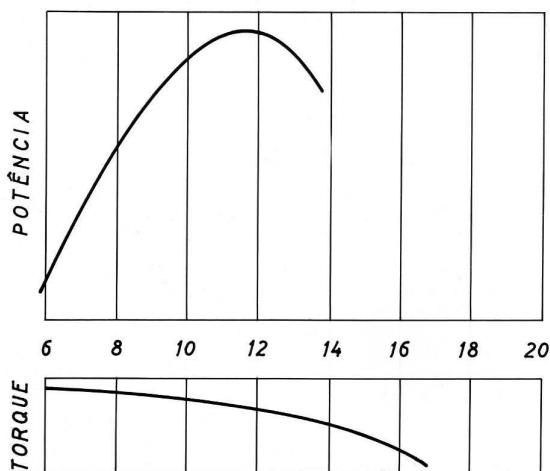


Fig. 172 – Motor «O. C. Rapier» 2,5 c. c.

Motor adequado a Acrobacia.
A potência máxima coincide com um número de r.p.m. baixo, dado pelos hélices grandes. Bom rendimento a velocidades de rotação reduzidas (o «torque» é elevado a baixas rotações).

A *taxa de compressão* é a relação entre o volume no interior do cilindro acima do êmbolo, quando este se encontra no ponto morto inferior, e o volume da câmara de compressão acima do êmbolo, no ponto morto superior.

$$\text{Taxa de compressão} = \frac{V}{v}$$

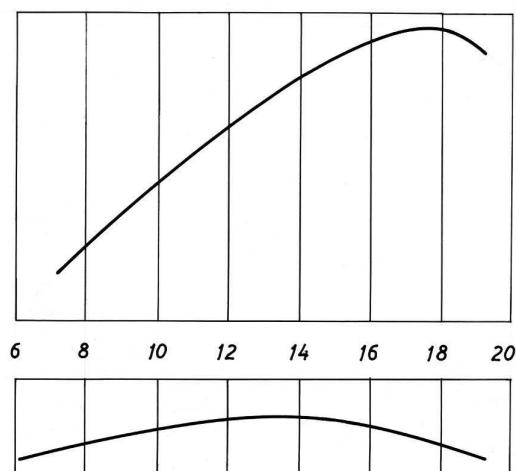


Fig. 173 – Motor «Super Tigre G 20»

Motor adequado a Velocidade.
Elevada potência às altas rotações, dadas pelos hélices pequenos (passo e diâmetro reduzidos). «Torque» elevado a altas velocidades de rotação.

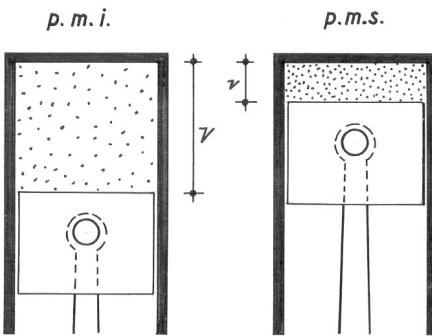


Fig. 174

Assim, quando se diz que o motor tem uma taxa de compressão de 1:8, significa que os 8 volumes que existem na câmara, estando o pistão no p.m.i., são reduzidos a um volume, quando o pistão comprime a mistura no p.m.s.

Quanto mais elevada for a taxa de compressão, maior será a potência fornecida pelo motor. No entanto, o valor da taxa é condicionado pelo ponto de detonação do combustível utilizado.

Entende-se por ponto de detonação a combustão espontânea do combustível, antes de o êmbolo atingir o p.m.s.

COMBUSTÍVEL

Em cada tipo de motor – *Diesel* e *glow-plug* - emprega-se um combustível apropriado, que, normalmente, é constituído por uma mistura de diversos elementos.

Dentro ainda de cada tipo, os elementos que formam o combustível variam em qualidade e percentagem, consoante as características do motor e a natureza do voo.

Todavia, os motores *Diesel* usam combustíveis em cuja composição entram sempre o éter e o petróleo ou *jet-fuel* e os motores *glow-plug* não dispensam o metanol.

Tanto uns como outros necessitam, ainda, que o combustível possua uma certa quantidade de óleo, para assegurar a lubrificação conveniente ⁽¹¹⁾ a todos os órgãos internos do motor que se encontram em movimento.

Nos motores *Diesel* o éter tem por função baixar o ponto de ignição da mistura e o petróleo ou *jet-fuel* a de fornecer a potência necessária.

Para os *glow-plug*, a base mais apropriada para o combustível é o metanol ou álcool metílico. Ele possui, em relação à temperatura média das velas de incandescência, um ponto de ignição óptimo e fornece elevadas potências.

Contudo, tanto nuns motores, como noutrios, usa-se juntar a estes elementos-base certos ingredientes, tais como nitrito de amilo, nitrato de amilo, nitrobenzeno, nitrometano, etc., para obter potências mais elevadas ou regimes de trabalho mais regulares.

É ao próprio aeromodelista que compete preparar o combustível para o seu motor, fazendo variar, em experiências sucessivas, e de acordo com as características do motor e o género de voo que pretende, a percentagem dos elementos escolhidos.

Para a preparação do combustível é conveniente dispor de um recipiente graduado, que facilitará a perfeita dosagem dos componentes a misturar.

Depois de todos os ingredientes reunidos, deve agitar-se a mistura, a fim de a homogeneizar perfeitamente. Antes de ser utilizada, deve filtrar-se por meio de algodão ou pano muito fino, para a libertar de impurezas e partículas sólidas, que, a introduzirem-se no orifício do carburador, iriam interromper bruscamente o funcionamento do motor.

No que respeita ao recipiente para guardar a mistura, convém ter presente, em especial, que os combustíveis, na sua maior parte, são extremamente voláteis. Isto quer dizer que o recipiente deve vedar perfeitamente, devendo usar-se, de preferência, rolhas rosadas com vedante de plástico.

Assim, ao mesmo tempo que os elementos voláteis não perderão facilmente as suas propriedades, se preservará a mistura da humidade exterior.

Por outro lado, e dado que a luz ataca não só o álcool metílico como os produtos nitrados, devem usar-se frascos escuros ou recipientes opacos.

Durante a preparação do combustível, há que empregar, ainda, grandes cuidados no manuseamento dos ingredientes. Eles são, na sua maioria, altamente tóxicos.

As operações de dosagem devem, portanto, fazer-se em locais amplos e arejados.

Também as mãos se devem resguardar do contacto dos produtos nitrados, em especial do nitrito de amilo, demasiado prejudicial ao organismo.

⁽¹¹⁾ Os motores a dois tempos transportam no combustível o elemento lubrificante.

Outro elemento perigoso é o nitrometano, que pode explodir, espontaneamente, a temperaturas ligeiramente superiores a 40 graus centígrados.

Aliás, todos os produtos nitrados são muito instáveis, não se devendo misturar com produtos desconhecidos.

O nitrometano, bem como o nitrobenzeno, não devem ser utilizados se não se apresentarem transparentes e claros.

Resta ainda observar que a mistura, qualquer que ela seja, deve preparar-se só quando é necessário. Assim se terá a certeza de que o motor consome um combustível fresco e eficiente.

Combustível «diesel»

A mistura clássica, adoptada universalmente nos motores *Diesel* é constituída por partes iguais, em volume, de éter sulfúrico, petróleo e óleo vegetal, ou mineral, por vezes.

O óleo mineral mais usado é o S. A. E. 20 a 40; no entanto, o óleo de rícino, embora mais espesso (em tempo frio dificulta o arranque, em virtude da sua elevada viscosidade), permite uma mais eficiente lubrificação, protegendo todas as peças com uma finíssima camada protectora.

Os combustíveis utilizados em competição não possuem, no entanto, tanta quantidade de óleo. As peças em movimento gastar-se-ão mais facilmente – o poder de lubrificação da mistura é inferior – mas o motor ganhará em potência, pelo aumento relativo dos ingredientes detonantes.

O petróleo é o elemento principal do combustível; é por seu intermédio que a mistura fornece a maior parte da energia calorífica.

No entanto, o petróleo, só por si, necessitaria de uma elevadíssima compressão para inflamar. Assim, mistura-se-lhe uma certa quantidade de éter sulfúrico, cuja inflamação se produz a uma pressão muito inferior.

Assegurada a combustão do éter, todos os restantes elementos do combustível se incendeiam por simpatia, dando lugar à explosão geral.

Dentro de certos limites, quanto mais éter tiver a mistura, mais fácil será o arranque do motor.

Uma mistura pobre em éter fornecerá arranques difíceis. Haverá necessidade de maior compressão, com o consequente aumento de desgaste das peças em movimento.

Por outro lado, se a percentagem de éter for muito elevada, o motor detonará; a explosão dar-se-á antes de tempo, forçando o motor.

Para melhorar o regime de trabalho do motor e obter potências mais elevadas, costuma juntar-se ao combustível uma pequena percentagem ou de nitrato de amilo ou de nitrito de amilo.

As misturas preparadas assim permitem regular o motor a uma menor compressão, tornando também a afinação da agulha do carburador menos crítica.

Todavia, estes elementos produzem grande aquecimento no motor e reduzem a lubrificação. Por isso se usam em percentagens reduzidas, que não excedem, normalmente, os 3 % da mistura total.

Os aeromodelistas portugueses usam quase exclusivamente o nitrito de amilo, que é menos corrosivo que o nitrato.

Fornecem-se a seguir algumas fórmulas de combustíveis *diesel*, que a experiência nos diz serem as mais indicadas para os casos apontados:

| | Rodagem | Acrobacia, Combate, etc. | Corridas |
|---------------------|---------|-----------------------------|---------------------------|
| Petróleo ou gasóleo | 32 % | 33 % | 45 a 50 % |
| Éter sulfúrico | 33 % | 33 % | 28 a 30 % |
| Óleo de rícino | 35 % | 32 % | 27 a 20 % |
| Nitrito de amilo | — | 2 % | 3 a 5 % da mistura total. |

Pelas fórmulas atrás recomendadas, verifica-se que a percentagem de óleo, na mistura relativa à rodagem, é a mais elevada. Isto deve-se ao facto de todos os motores, qualquer que seja o seu tipo, necessitarem de uma lubrificação mais eficiente, durante o primeiro período de funcionamento.

Com o excesso de óleo conseguir-se-á um melhor polimento do motor e evitar-se-á, quanto possível, o sobreaquecimento que as peças em movimento, muito justas ainda entre si, tendem a provocar.

Combustível «glow-plug»

A mistura-base, para todos os motores de vela de incandescência, é constituída por álcool metílico, ou metanol, e óleo de rícino, que entram, vulgarmente, numa proporção de duas partes de metanol para uma de óleo.

Como já se disse, o álcool é o elemento detonante e o óleo o lubrificador.

Eventualmente, juntam-se, em quantidades variáveis conforme as características do motor ou a natureza do voo, outros componentes, dos quais os mais utilizados são o nitrobenzeno e o nitrometano.

O álcool metílico é um líquido transparente, levemente esverdeado e de odor característico. Puro, a 100 %, é incolor e utiliza-se em análises de laboratório. Nos motores, pode, no entanto, usar-se o metanol industrial (a 99 %), que dá um rendimento semelhante e é menos dispendioso.

Este produto, que liberta vapores tóxicos e perigosos para a vista, altera-se facilmente com a humidade. Quando contém água, apresenta-se com um aspecto ligeiramente leitoso, devido à suspensão das finíssimas gotas de água. Neste caso, não deve utilizar-se na mistura.

Nos motores destinados a modelos de Velocidade, emprega-se normalmente grande quantidade de produtos nitrados, que chegam a atingir 40 % e 50 % da mistura total. ^{*)}

O mais indicado destes produtos é o nitrometano, que favorece a combustão da mistura, dando ao motor um aumento sensível de rotações e uma maior potência.

O nitrometano é um líquido oleoso e denso, com um rendimento teórico em oxigénio de 52,4 % do peso.

A liberação de tal quantidade de oxigénio, em determinadas condições de pressão e temperatura, como as que se verificam no interior do cilindro, no momento da explosão, é a grande vantagem da sua inclusão nas misturas de *glow-plug*.

O custo do nitrometano é, contudo, muito elevado, e assim é frequente substituir-se pelo nitrobenzeno, cujo rendimento em oxigénio é, no entanto, inferior. O nitrobenzeno usa-se também para elevar o ponto de ignição em combustíveis que incluem nitrometano, permitindo assim uma taxa de compressão maior.

^{*)} **Nota da Edição Digital:** Actualmente os regulamentos da FAI não permitem tais aditivos, em competição.

As percentagens a utilizar, tanto de nitrometano como de nitrobenzeno, devem ser estabelecidas experimentalmente, de acordo com o motor e, em especial, com o tipo de vela. Todavia, e como ponto de partida para as indispensáveis experiências, indicam-se as seguintes fórmulas, usadas com bons resultados por conhecidos especialistas:

| | Rodagem | Vulgar | Com vela fria | Com vela quente |
|-----------------------------|---------|--------|---------------|-----------------|
| Álcool metílico | 60 % | 66 % | 50 % | 35 % |
| Óleo de rícino | 40 % | 34 % | 25 % | 25 % |
| Nitrometano ou nitrobenzeno | — | — | 25 % | 40 % |

REGULAÇÃO E AFINAÇÃO DE MOTORES

Nada como a prática pode fornecer, a quem não está familiarizado com os motores de Aeromodelismo, o segredo para pôr em marcha e regular estes motores.

No entanto, existem algumas regras que, a observarem-se, facilitarão em muito o trabalho de arranque e de afinação.

Se não se conhece o motor, ou se se é iniciado neste assunto, não se deve tentar pô-lo a trabalhar colocado no modelo. Deve-se, sim, instalá-lo num banco de ensaio, que permite uma posição mais cómoda para o operador e não deixa vibrar o motor tão facilmente, nas primeiras operações de afinação.

Um banco de ensaio, simples, que todo o aeromodelista pode construir com facilidade, é o indicado na figura 175.

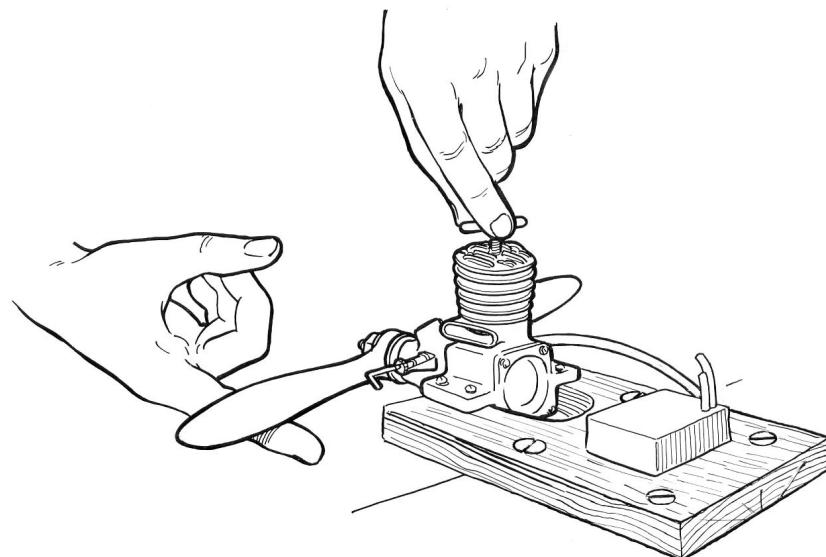


Fig. 175

Recorta-se, numa prancha de madeira rija (faia, freixo ou mesmo pinho), um rectângulo onde possa entrar o *carter* do motor. Praticam-se os furos para fixação e prende-se o tosco banco de ensaios a um torno de bancada sólido, ou aparafusa-se à própria mesa.

Se o motor for de aperto radial, basta praticar na prancha de madeira os furos para a passagem dos parafusos de fixação.

O depósito de combustível pode prender-se com elásticos sobre a prancha de madeira.

A figura 176 mostra um banco de ensaios tipo universal, que, por deslocação das patilhas laterais, esquerdas ou direitas, permite receber motores com quaisquer dimensões de *carter*.

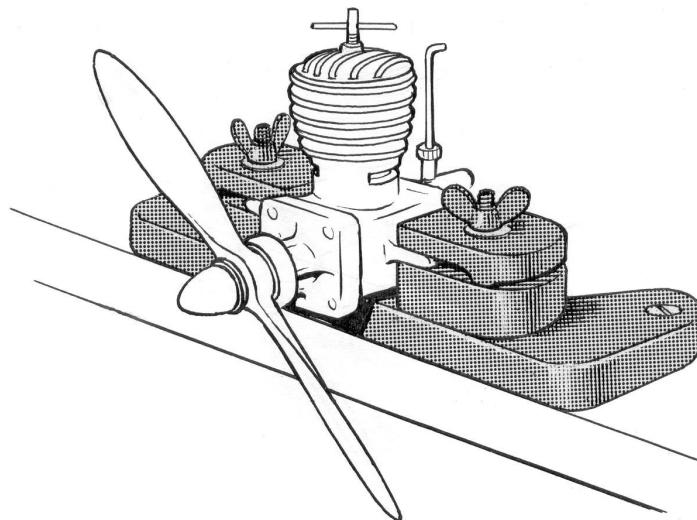


Fig. 176

Depois do motor fixado e antes de o pôr a trabalhar, instala-se o hélice na posição mais conveniente, tendo o cuidado de verificar se ele se encontra equilibrado.

A posição, considerada pela maior parte dos aeromodelistas como a mais cómoda para operar (fig. 175), obtém-se apertando o hélice horizontalmente, estando o pistão a iniciar a compressão.

Vejamos, então, como se põem em marcha, e se afinam, os dois tipos de motores mais usados em aeromodelos: *Diesel* e *glow-plug*.

Motores «Diesel»

Depois de se encher o depósito com o combustível apropriado, abre-se a agulha do carburador três ou quatro voltas. Procura-se depois aspirar a mistura do depósito, tapando com o dedo a abertura do *venturí*, ao mesmo tempo que se roda o hélice duas ou três vezes. O tubo de plástico, portador da mistura do depósito para o motor, deve assim ficar *ferrado*, isto é, completamente cheio de combustível e isento de bolhas de ar.

Impulsiona-se, agora, vigorosamente o hélice.

Após algumas voltas, começa a sentir-se um bater característico do motor, que denota um aumento de compressão. Isto significa que a mistura chegou à parte superior do êmbolo e está prestes a dar-se a combustão.

Logo que o motor pega, deve aumentar-se a compressão, fazendo rodar a respectiva chave, para se obter um funcionamento regular. Em seguida, fecha-se gradualmente a agulha do carburador, para aumentar a velocidade de rotação.

A afinação óptima consegue-se fazendo variar a chave de compressão e a agulha até obter o máximo do r. p. m.

Diz-se que um motor atingiu a afinação óptima quando a sua velocidade rotacional é máxima, em função de determinado hélice e combustível. Nestas circunstâncias, ele deve trabalhar sem falhas de explosão, não libertando pelo escape fumos visíveis.

Infelizmente, a maior parte das vezes, especialmente se o motor é novo ou se o operador não possui ainda a experiência necessária, o motor não pega com facilidade.

Um dos mais frequentes inconvenientes é deixar que o motor se afogue.

Um motor afoga-se quando aspira grande quantidade de combustível sem o queimar. Nestas condições, a superabundância de mistura, no *carter* e na câmara, impede que o combustível seja pulverizado e entre em combustão.

Os sintomas são facilmente identificáveis: o combustível sai, com relativa abundância, pela janela de escape e, ao rodar o hélice, nota-se um certo endurecimento e até, quando o afogamento é excessivo, a impossibilidade de vencer a compressão.

A solução é, no entanto, simples: leva-se o pistão ao p. m. i. e sopra-se pela janela, ou, melhor ainda, *deita-se* o motor e roda-se o hélice, devagar, algumas vezes, para que a mistura em excesso saia pelo escape.

Se o motor está, apenas, ligeiramente afogado, basta fechar a agulha do carburador, aliviar a compressão e impulsionar o hélice até queimar o combustível remanescente.

Muitas vezes o motor afoga-se porque, no arranque, lhe foi dada uma compressão muito baixa, insuficiente para assegurar as explosões iniciais.

Assim, se o motor não pega, logo aos primeiros impulsos dados ao hélice, deve-se ir aumentando, gradualmente, a compressão, até se verificarem as primeiras explosões.

É também boa norma introduzir pelo escape uma ou duas gotas de mistura, depositando-as directamente sobre o pistão. Esta prática, bastante usada, favorece em muito o arranque.

Outro percalço frequente na partida: o motor pega, roda a alta velocidade e pára.

Isso quer dizer que a agulha está demasiado fechada. O motor queima rapidamente a mistura acumulada no *carter* e na câmara e pára, por insuficiência de aspiração.

Se o motor pega, rodando vagarosamente e acaba por parar, é porque a agulha está bastante aberta e a compressão é muito elevada.

No que se refere ao arranque, convém ter sempre presente que, quanto mais frio estiver o motor, mais compressão ele necessita para pegar.

Por outro lado, quando o motor está muito quente, ele arrancará com uma compressão baixa, idêntica à da afinação óptima.

Se, durante o funcionamento, o motor emitir um som metálico e agudo, é porque está demasiado comprimido para a quantidade de mistura que está a ser admitida. Neste caso, ou se aperta a agulha ou se alivia a compressão.

Se, pelo contrário, a agulha estiver muito fechada ou a compressão for muito reduzida, o regime de trabalho será irregular, notando-se falhas de explosão.

De qualquer modo, porém, e para nos assegarmos de que o motor está a rodar no máximo regime, basta fazer variar a chave de compressão e a agulha e comparar os diferentes rendimentos obtidos.

Ao apertar a chave, para além do ponto óptimo, o motor denunciará um esforço, que se manifesta por uma diminuição de rotações e pela emissão de um som abafado característico.

Se a chave for aliviada em demasia, o ciclo regular das explosões sofrerá interrupção e o motor começa a falhar.

Também, se se abrir a agulha do carburador, mais do que o devido, a carburação, mais rica, libertará fumos pelo escape e o motor reduzirá as rotações. Ao contrário, se se fechar demasiadamente a agulha, o motor entra a falhar e pára.

Quando um motor *Diesel* trabalha com uma mistura nitrada, há necessidade de utilizar no arranque, com o motor frio, uma compressão mais alta. No entanto, depois do motor quente, a compressão óptima será mais baixa do que a normalmente requerida para combustíveis vulgares.

Além da maior potência que proporciona, esta é mais uma vantagem dos combustíveis que incluem nitrato ou nitrito de amilo na sua composição.

No que respeita à afinação dos motores, em relação às características do hélice, convém observar que um motor rodando com um hélice grande necessita de pouca compressão e mistura rica, ao passo que um hélice pequeno, em virtude de permitir regimes mais elevados de rotação, necessita de maior compressão e mistura mais pobre.

Resta ainda acrescentar que, durante o período de rodagem, não deve levar-se, logo nas primeiras tentativas, o motor ao ponto óptimo de afinação. Emprega-se uma compressão baixa com mistura rica.

Contudo, quando o motor estiver mais solto, pode levar-se, por períodos curtos, ao máximo regime, mas sempre com hélices de diâmetro superior àquele com que o motor irá trabalhar depois de rodado.

Motores «glow-plug»

A diferença entre os motores *glow-plug* e *Diesel* reside, essencialmente, no sistema de inflamação.

Enquanto nos primeiros a mistura entra, espontaneamente, em combustão, mercê da elevada compressão a que é submetida, nos segundos a inflamação é assegurada, conjuntamente, pela compressão (menor, todavia, que nos motores *Diesel*) e por uma vela de incandescência.

A técnica usada para pôr em marcha e regular um *glow-plug* é idêntica à descrita para os *Diesel*. Apresenta até, de certo modo, menor dificuldade, em virtude de não ser necessário conjugar a admissão da mistura com a compressão; e isto porque o volume da câmara de combustão é fixo, havendo que manejar, apenas, a agulha do carburador.

Há, no entanto, que fornecer à vela a corrente necessária para lhe manter a incandescência, tornando-se indispensável dispor de uma pilha ou acumulador, com uma tensão de 1,5 a 2 vóltios.

Nos bornes do acumulador, ou pilha, soldam-se ou fixam-se dois fios, cujos terminais se põem em contacto com a vela. Um deles, positivo ou negativo, indistintamente, deve ligar-se ao pólo da vela e o outro à massa em qualquer ponto do motor, como aletas, janela de escape, parafusos de fixação, etc.

Para o arranque, e da mesma forma que para os motores *Diesel*, começa por se abrir a agulha do carburador e aspira-se a mistura para o motor, tapando o *venturi*.

Roda-se o hélice, em seguida, algumas vezes, para levar a mistura à câmara. Nesta altura, liga-se o acumulador à vela.

Estabelecido o circuito, ela deve tornar-se incandescente. A luz viva, emanada da vela, vê-se claramente pela janela de escape.

Aos primeiros impulsos dados ao hélice, o motor deve começar a trabalhar.

Vai-se então fechando, gradualmente, a agulha até obter o máximo de rotação.

Quando o motor começa a acelerar, retiram-se as ligações do acumulador e ele manter-se-á a funcionar regularmente.

Como já atrás se disse, a vela necessita de corrente apenas no arranque.

Depois, é a elevada temperatura das explosões e o efeito de catálise dos gases libertados pelo metanol que a manterá incandescente.

Os motores *glow-plug*, na maior parte dos casos, arrancam com mais facilidade, se se afogarem ligeiramente.

Assim, é de boa norma rodar diversas vezes o hélice, com a vela desligada, e deitar umas gotas de combustível pelo escape e pelo *venturi*.

No entanto, como facilmente se depreende, se se exagerar a quantidade de combustível, o motor pode afogar-se.

Um *glow-plug*, quando está afogado, ou não consegue fazer explodir a mistura (o excesso de combustível pode ter encharcado a vela e ela não atinge a temperatura necessária), ou, se pega, dá algumas explosões, reduz de rotação e pára. Para o desafogar, procede-se da mesma forma que para os motores *Diesel*.

No arranque, pode ainda surgir um outro contratempo: o motor arranca, acelera ao máximo e pára. Nestas circunstâncias, ele tem insuficiência de carburante. Abrir-se-á, portanto, a agulha, tornando a mistura mais rica.

Por vezes, os insucessos no arranque devem-se ao sistema eléctrico.

Assim, se a alimentação é correcta e o motor não pega, deve desconfiar-se do conjunto bateria-cabos-vela.

Neste caso, retira-se a vela do motor e liga-se à bateria. Ela deve atingir o rubro branco, ou, pelo menos, a incandescência não deve desaparecer quando se sopra o filamento.

Se a vela se apaga, quando soprada, mais facilmente perderá a incandescência pelo contacto do combustível atirado pelo pistão, no arranque. Nestas circunstâncias, ou a bateria não está convenientemente carregada ou as ligações estão defeituosas.

Se, por outro lado, a vela não acende, pode o circuito estar interrompido, seja por mau contacto dos terminais, seja por quebra do próprio filamento da vela, seja ainda por rotura dos fios condutores.

A vela pode ainda estar em curto-círcuito. O filamento, por virtude do uso prolongado, ou por qualquer outra razão, pode ter-se descentrado e, encostando-se ao corpo da vela, fazer contacto à massa.

Neste caso poder-se-á recuperar a vela se se conseguir levar o filamento ao seu lugar respectivo, sem o partir.

Com a bateria há que ter cuidados especiais. Ela deve encontrar-se sempre suficientemente carregada e com os bornes bem limpos.

O electrólito deve cobrir as placas, acrescentando-se água destilada, sempre que o líquido desça abaixo do nível.

Os fios condutores devem ter terminais soldados, que se ajustem perfeitamente aos bornes da bateria, para evitar fugas de corrente prejudiciais. As pontas que ligam ao motor devem estar dotadas de garras próprias, sendo as mais aconselháveis as que se encontram no mercado com a designação de «cabeças de crocodilo».

É de toda a vantagem que um dos fios condutores seja mais curto do que o outro. Assim se evitara que as pontas se toquem, fechando o circuito. Se isso acontecer, a bateria descarregar-se-á rapidamente, podendo mesmo sofrer danos.

Dado que muitas velas não suportam os 2 vóltios fornecidos pelas baterias, devem empregar-se cabos condutores bastante compridos (da ordem dos 2,5 m) para provocar a queda da voltagem.

Nos E.U.A. são muito usadas pilhas secas de 1,5 vóltios (do tipo pilha de telefone), razão por que a maior parte das velas são construídas para trabalharem àquela voltagem.

As pilhas secas têm, no entanto, o inconveniente de se descarregarem rapidamente, esgotando-se mesmo quando em repouso prolongado.

Assim, e em especial quando elas já estejam cansadas, usa-se ligar duas ou mais em paralelo (fig. 177), a fim de se obter uma maior amperagem e um aumento de duração das pilhas, que, em muitos casos, atinge quatro vezes mais.

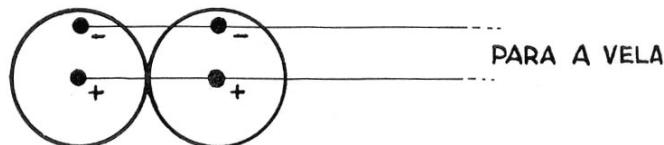


Fig. 177 – Ligação de duas pilhas em paralelo

Disse-se atrás que a percentagem de produtos nitrados a incluir nas misturas depende do tipo de vela a utilizar.

Por outro lado, sabe-se que, nos motores *Diesel*, ao aumentar a compressão, para acelerar o motor a fundo, provoca-se o avanço da ignição, isto é, obriga-se a mistura a explodir antes de o pistão atingir o p. m. s. Assim se dará tempo a que a combustão se complete dentro do cilindro, aproveitando todo o combustível interessado.

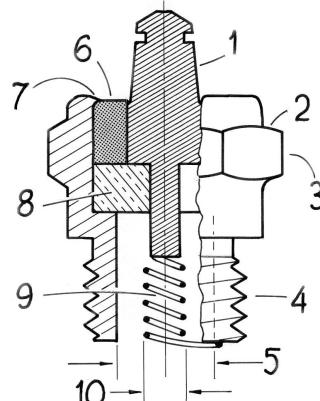


Fig. 178 – Vela de incandescência

- 1 – Borne central, de aço ou latão
- 2 – Corpo, de aço laminado, cromado, prateado ou oxidado azul-escuro
- 3 – Sextavado para chave de 5/16"
- 4 – Rosca de 1/4", 32 fios
- 5 – Diâmetro da cavidade
- 6 – Vedante resistente a altas temperaturas e pressões. Vidro ou outro composto
- 7 – Cravação para reter os isolantes
- 8 – Isolador eléctrico e térmico de asbestos ou cerâmica
- 9 – Filamento de platina ou liga de platina irídio (90 % + 10 %) com diâmetros de 0,15; 0,20; 0,22; 0,25 ou 0,30 mm
- 10 – Diâmetro das espiras.

Quando, pelo contrário, a explosão se inicia ⁽¹²⁾ apenas no momento em que o pistão atinge o p. m. s., grande parte do combustível é desperdiçado ao sair, antes de tempo, pelo escape, não se aproveitando, portanto, os efeitos de uma combustão completa.

Nos motores *glow-plug*, como não é possível fazer variar a compressão, o avanço da ignição obtém-se com o emprego de combustíveis mais nitrados ou usando velas mais quentes.

Assim, quanto mais quente, ou mais nitrado, for o combustível, tanto mais cedo se dará a combustão (sabe-se que os produtos nitrados fazem baixar o ponto de ignição da mistura) e, portanto, tanto maior será o avanço à ignição. Da mesma forma, quanto mais quente for a vela, mais cedo, também, se dará a combustão.

Assim se conclui que, para avançar a ignição nos motores *glow-plug*, se deve usar para a mesma vela um combustível mais quente e para o mesmo combustível uma vela também mais quente.

E o que são velas quentes? e velas frias?

Os termos são relativos; esta vela é mais quente do que aquela ou mais fria do que aquela outra.

De um modo geral, pode definir-se como vela quente aquela que permite que maior quantidade de mistura atinja o seu filamento.

A característica que mais influencia a temperatura de uma vela é a maior ou menor área do filamento exposta ao combustível. Quanto maior for a área exposta, maior quantidade de mistura será aquecida.

Também uma massa maior de arame do filamento reterá mais calor, mantendo mais facilmente a temperatura na explosão seguinte.

Se a espiral do filamento se encontrar muito próxima das paredes da cavidade, deixará irradiar calor para o canhão e a vela será mais fria.

Se o corpo da vela for dourado ou niquelado, o calor reflectir-se-á e a vela será mais quente.

Em certas circunstâncias de trabalho, o filamento pode deslocar-se dentro da cavidade, aproximando-se a um dos lados, ou comprimindo-se para dentro. Nestes casos, a vela tornar-se-á mais fria.

Esta constitui mesmo uma solução de emergência para ajustar a temperatura de uma vela. Puxando ou empurrando ligeiramente o filamento, torna-se a vela mais ou menos quente.

Assim, e sintetizando, os principais elementos da vela que determinam a sua posição na escala de temperaturas são os seguintes:

- 1 – O diâmetro e o comprimento do arame que constitui o filamento;
- 2 – O diâmetro da espiral do arame e o diâmetro da cavidade em relação ao da espiral;
- 3 – A posição do filamento dentro da cavidade.

⁽¹²⁾ A explosão, na verdade, não é instantânea; leva um certo tempo a completar-se. Nos motores de aeromodelismo o tempo útil de explosão pode estimar-se em cerca de meio milésimo de segundo, caso de um motor rodando a 15 000 r.p.m.

A vela é demasiado fria ...

Ajudam-nos a concluir que uma vela é demasiado fria, para um dado combustível e para uma determinada taxa de compressão, os sintomas seguintes:

- quando, sempre que se tenta pôr o motor em marcha, as explosões são fracas e ele não pega. Isto pode ser também início de bateria fraca;
- quando o motor não afina, apesar de se fechar a agulha, emitindo um som surdo no escape;
- quando o motor baixa de rotação ao desligar da bateria, aumentando o número de r.p.m. quando se liga de novo a corrente. Em certos casos, pode também ser sintoma de que a vela está defeituosa;
- quando o motor, em voo, se for afogando progressivamente. Isto dá-se em virtude do aumento de arrefecimento da vela em presença da corrente de ar.

A vela é demasiado quente ...

Se a vela é demasiado quente para as restantes condições existentes, podem verificar-se os seguintes sintomas:

- no arranque, o motor *pateia*, invertendo a rotação. Sintoma idêntico se verifica quando se fornece 2 voltios a uma vela de 1,5;
- ao apertar a agulha, de modo a empobrecer a mistura, o motor não atinge gradualmente o máximo de rotações. Quando em voo, a mistura torna-se rica, repentinamente.
- o motor tende a sobreaquecer e a baixar de rotações (ratear do escape), embora tenha sido regulado com a mistura ligeiramente rica;
- o escape emite cacarejos agudos (som de frigir ovos), sobrepondo-se ao som normal do motor. Nestas circunstâncias, está a dar-se pré-ignição, ou detonação, o que provoca perda de potência, enorme sobreaquecimento e um desgaste anormal, que pode levar à destruição do motor.

Escala de temperaturas

Indica-se, nas tabelas a seguir, as velas mais conhecidas por ordem decrescente de temperaturas.

A primeira tabela refere-se a velas cujo comprimento do canhão rosado é de $\frac{7}{32}$ " (5,5 mm).

A segunda tabela inclui apenas velas de canhão curto: $\frac{5}{32}$ " (4 mm).

TABELA 1 – Velas de canhão comprido

| Tempe- ratura | Posição | Vela e construtor | Consumo de corrente | | Observações |
|------------------|---------|---------------------------|---------------------|----------------|--|
| | | | a 1,5 vóltio | a 2 vóltios | |
| Quente | 1 | K & K Idle Bar (45-19) | 3,20 amp. | 4,50 amp. | Fio grosso. — Rádio-contrôle. |
| | 2 | Johnson GL-1B | 2,30 » | 3,00 » | Vedante em cerâmica — corpo em aço inox.—Rádio-contrôle. |
| | 3 | Ohlsson Gold Seal | 2,80 » | 3,50 » | — |
| | 4 | Johnson GL 1 | 2,30 » | 3,00 » | Mesmo de 1B sem o corpo inox. |
| | 5 | Super Tigre | 2,80 » | — | Construída para motores de velocidade. |
| | 6 | Veco n.º 109 | 3,00 » | — | Topo em porcelana — acabado em oxidado escuro. |
| | 7 | Fox | 1,95 » | 2,80 » | — |
| | 8 | O. K. Glowtrol | 1,80 » | 2,42 » | Cavidade com casquilho de cerâmica. |
| | 9 | O. S. Platinum | 1,70 » | 2,40 » | Comprimento do canhão — 5 mm. |
| | 10 | Veco n.º 107 | 3,00 » | — | Vedante vidrado—acabado em oxidado escuro. |
| | 11 | O. K. G-2 619 Long | 1,75 » | 2,20 » | — |
| ↓ | 12 | Testors 40-1 | 3,75 » | — | Dourada — isolador de cerâmica — vedante vidrado. |
| Fria | 13 | K & B KB-1L | 1,66 » | 2,10 » | Baixo consumo de corrente — elemento extremamente durável. |

TABELA 2 – Velas de canhão curto

| Temperatura | Posição | Vela e construtor | Consumo de corrente | | Observações |
|-------------|---------|---|---------------------|-------------|--|
| | | | a 1,5 vóltio | a 2 vóltios | |
| Quente | 1 | K & K Idle Bar | 3,65 amp. | 5,20 amp. | Rádio-contrôle. |
| | 2 | Johnson GL-SB | 2,30 » | 3,00 » | Vedaçāo garantida em cerâmica |
| | 3 | Thimble Drome (Hot-Spot) Catálogo n.º 321 | 2,90 » | — | Vedaçāo em asbestos «Quinor-ga». |
| | 4 | Ohlsson Gold Seal | 1,70 » | 2,30 » | — |
| | 5 | Johnson GL-S | 2,30 » | 3,00 » | Vedante em cerâmica. |
| | 6 | Veco n.º 105 | 2,10 » | — | Isolante de calor em asbestos — vedante vidrado. |
| ↓ | 7 | Testors 40-2 | 2,60 » | — | Isolante de calor em cerâmica — vedante vidrado. |
| Fria | 8 | K & B KB-1S | 1,55 » | — | Elemento extremamente durável. |

RODAGEM

Quando um motor novo se põe, pela primeira vez, a trabalhar, ele funciona com uma certa dificuldade, não dando o máximo rendimento, porque às peças em contacto não foram ainda eliminadas as ligeiras imperfeições do acabamento de série. O motor necessita, pois, ser polido ou *rodado*.

A rodagem realiza-se fazendo trabalhar o motor a baixo regime, com misturas ricas em óleo e com hélices de diâmetro muito superior ao normalmente utilizado.

Este primeiro período de trabalho do motor é muito delicado, pelo que deve o operador revestir-se dos maiores cuidados.

Nos primeiros ensaios o tempo de funcionamento não deve ser muito prolongado, para que o motor não aqueça em demasia.

Assim, a primeira tentativa não deve ir além de meio minuto de funcionamento regular, a baixa rotação, após o que se deve deixar o motor em repouso, para arrefecer.

Sucessivamente, e à medida que se vai sentindo o motor mais solto, aumenta-se o tempo de trabalho e eleva-se também, progressivamente, o número de r.p.m.

Na fase final da rodagem, pode usar-se já um hélice mais pequeno e acelerar-se a fundo, por períodos curtos.

É essencial não deixar o motor aquecer muito; se ele estiver muito justo, pode provocar-se a gripagem do pistão.

O tempo total de rodagem, para a maior parte dos motores, varia entre uma e duas horas. No entanto, há motores que necessitam de três e mais horas de rodagem, por saírem da fábrica com o êmbolo muito justo ao cilindro.

CONSERVAÇÃO DOS MOTORES

Todos os motores, depois de terem trabalhado, quer em modelos, quer em bancada, devem ser convenientemente limpos.

Com um pano embebido em petróleo limpa-se das impurezas a mistura queimada, às quais se iriam agregar poeiras nefastas à boa conservação do motor.

Se o motor funcionou com uma mistura especial, nitrada, convém fazê-lo trabalhar, pouco que seja, com mistura normal, a fim de eliminar os resíduos nitrados, que, a ficarem depositados no *carter* e cilindro, iriam atacar os órgãos internos. O nitrometano, o nitrobenzeno e os nitritos em geral são grandemente corrosivos, atacando em especial as ligas de alumínio e magnésio.

Se o período de inactividade do motor for relativamente longo, deve introduzir-se pelo escape e pelo carburador algumas gotas de petróleo ou álcool metílico, consoante se trate de um *Diesel* ou de um *glow-plug*, e fazer rodar o veio da cambota, obrigando assim o líquido a chegar a todas as partes internas do motor e a fazê-lo sair pela janela de escape. Repete-se a operação diversas vezes, limpa-se o motor exteriormente e guarda-se, embrulhando-o num pano limpo, ao abrigo de poeiras e humidade.

MOTORES DE REACÇÃO

O motor de reacção, designado vulgarmente por «motor de jacto», ou simplesmente «jacto», baseia-se no princípio da acção e reacção.

Este princípio, como se sabe da Física, estabelece que à acção de uma força opõe-se outra força, com a mesma intensidade e de sentido oposto, a que se chama reacção.

Um motor de jacto é, fundamentalmente, constituído por uma câmara de combustão (aberta numa das faces), onde é feita explodir uma mistura de combustível e ar. A pressão gerada tende a exercer, sobre as paredes da câmara, forças diametralmente opostas e iguais duas a duas. No entanto, os gases queimados, ao saírem pela abertura de escape, não exercem pressão nesse ponto, ficando assim o sistema sob a reacção das forças que actuam na face oposta.

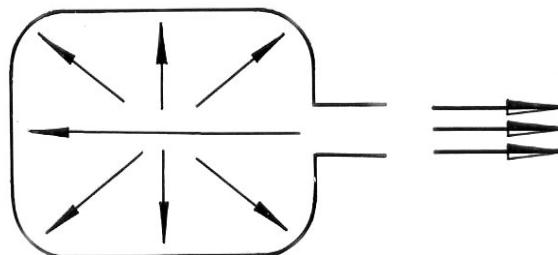


Fig. 179

O conjunto entra, pois, em movimento no sentido contrário ao da saída dos gases (fig. 179).

Por outras palavras: a elevada pressão gerada no interior provoca uma *acção*, determinada pela saída dos gases, que, por sua vez, cria uma *reacção*, de sentido contrário, que ocasiona o movimento.

Existem vários tipos de motores de reacção, como o estato-reactor, o turbo-reactor, o pulso-reactor e o foguete.

Destes quatro tipos de motores, praticamente só os dois últimos são utilizados em Aeromodelismo.

O *turbo-reactor* não é usado em modelos, em virtude da relativa complicação mecânica dos seus órgãos (*).

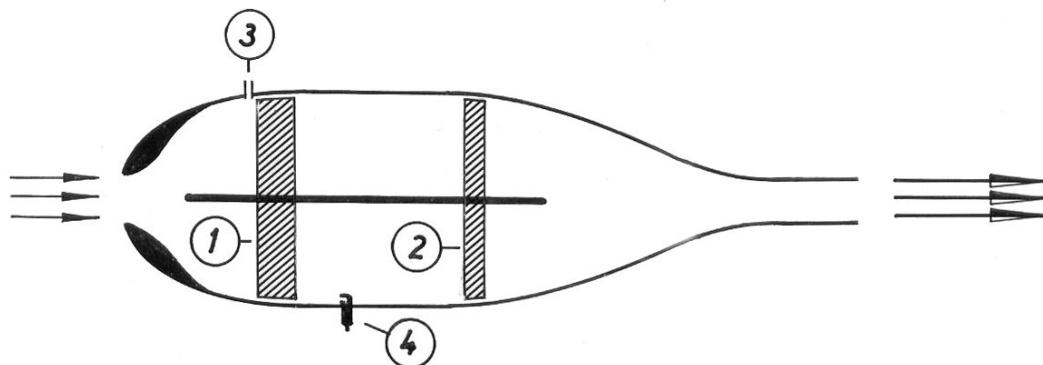


Fig. 180 – Turbo-reactor

- 1 – compressor
- 2 – turbina
- 3 – entrada de combustível
- 4 – vela para inflamar a mistura

No interior da câmara, estão montados, num eixo único, uma turbina e um compressor (fig. 180). O compressor, que, previamente, é posto em funcionamento, aspira e comprime fortemente o ar, que se mistura ao combustível, enviando-os para a câmara de combustão. A mistura é inflamada, por meio de um sistema eléctrico, libertando grande quantidade de gases que, antes de se escaparem violentamente para o exterior, impulsionam a turbina. Esta, por sua vez, acciona o compressor, mantendo assim a continuidade de trabalho.

O *estato-reactor* está também, praticamente, posto de parte em aeromodelos, em virtude de só poder entrar em funcionamento depois de lançado a certa velocidade. É constituído basicamente por um tubo de configuração especial, aberto em ambas as extremidades (fig. 181).

Depois de o motor se encontrar em movimento, o ar entra pela parte anterior, que tem a forma de um *venturi*, arrastando, na sua passagem, o combustível.

A explosão dá-se por inflamação eléctrica e os gases, ao escaparem-se a alta velocidade, criam uma depressão na parte anterior, que facilita nova aspiração de combustível, garantindo a continuação do funcionamento.

(*) **Nota da Edição Digital:** 40 anos são passados! Hoje, embora o turbo-reactor tenha uma aplicação restrita, até pelo seu elevado preço, o seu uso é relativamente corrente.

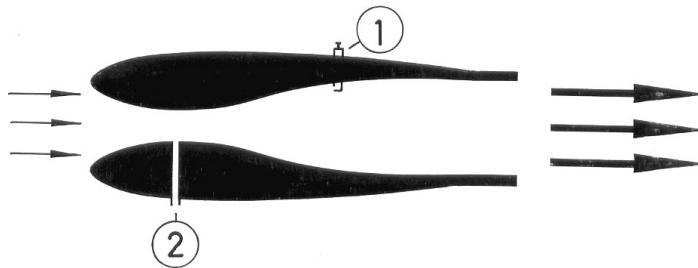


Fig. 181 – Estato-reactor

1 – vela para inflamação da mistura
2 – entrada de combustível

O *foguete* é o mais simples de todos os reactores. É constituído por uma câmara cilíndrica, onde é introduzida a carga de combustível, geralmente sólido.

O combustível, ao incendiar-se, produz grande quantidade de gases, que se expandem a alta velocidade para o exterior, através de um furo praticado numa das faces da câmara.

Os mais usados em aeromodelos são os que se encontram no mercado sob a designação comercial de «Jetex». A potência destes foguetes é, contudo, muito reduzida, razão por que se empregam, exclusivamente, em modelos pequenos, de interesse muito limitado.

O *pulso-reactor* é o tipo de motor de reacção que possui características mais apropriadas ao Aeromodelismo. De uma simplicidade mecânica extraordinária, fornece potências apreciáveis.

Ao contrário dos restantes reactores, que fornecem um impulso constante, dado pelo reflexo de um jacto gasoso, saindo, sem interrupção, pelo tubo de escape, o pulso-reactor trabalha em regime pulsatório, proveniente das explosões de alta frequência, mas independentes, que se dão na câmara de combustão.

O número de explosões depende das dimensões da câmara, do comprimento do tubo de escape e da quantidade de combustível que o motor admite em cada ciclo.

A frequência das explosões, nos motores mais usados, é da ordem das 150 a 300 por segundo.

Vejamos como é constituído, em pormenor, um pulso-reactor, representado em esquema na figura 182.

O órgão básico do motor é o *tubo* (1), que serve de câmara de combustão e de escape.

Ele é construído em chapa de aço inoxidável, de cerca de 0,6 mm, metal particularmente resistente a altas temperaturas.

Na parte mais larga do tubo, está instalada uma *vela* (2), que serve para assegurar as explosões iniciais.

Esta extremidade anterior do tubo é tapada pela *cabeça* (3), construída em duralumínio e munida de aletas, que facilitam o arrefecimento.

A cabeça é furada interiormente, como mostra o esquema. Pelo *canal de admissão* (4), em forma de *venturi*, passa a mistura (ar + combustível), que vai entrar directamente na câmara de combustão através das *janelas de admissão* (5).

Na *ogiva* (6) é fixado o *carburador* (7), que é formado, apenas, por dois tubos unidos segundo um determinado ângulo: um que conduz o combustível, outro onde é ligado o compressor que assegura o jacto de ar para o arranque.

Há motores deste tipo dotados de carburadores reguláveis. No entanto, a maior parte deles não possui qualquer espécie de sistema para fazer variar a quantidade de combustível. O furo do pulverizador é calculado de forma a fornecer o débito necessário de gasolina para o perfeito funcionamento do motor.

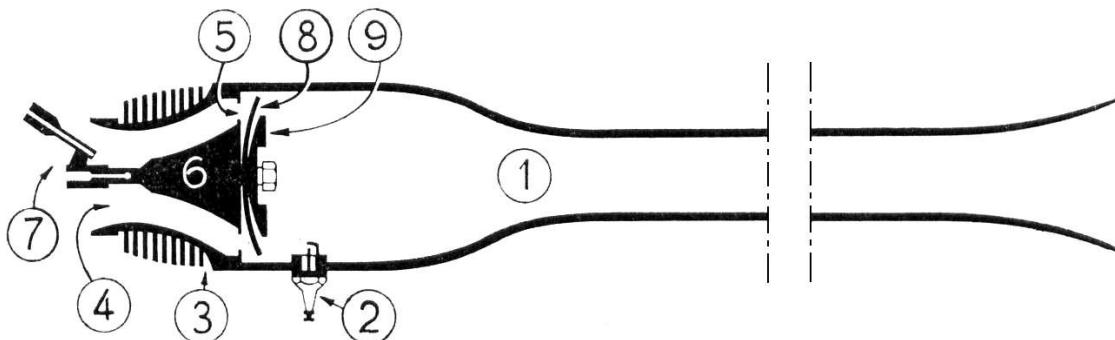


Fig. 182 – Pulso-reactor «Dyna-jet»

- | | |
|--|------------------------------------|
| 1 – câmara de combustão e tubo de escape | 5 – janelas de admissão |
| 2 – vela | 6 – ogiva |
| 3 – cabeça do motor | 7 – carburador |
| 4 – canal de admissão | 8 – válvula vibradora |
| | 9 – limitador da válvula vibradora |

As janelas de admissão, em número que varia de motor para motor, são tapadas na altura própria, pela válvula vibradora (8) (que, na gravura, se encontra em posição aberta), em forma de roseta, com tantas palhetas quantas as janelas de admissão. Construída em aço de cromomolibdénio, a sua amplitude de oscilação é regulada pelo *limitador* (9).

Vejamos agora como funciona um pulso-reactor.

Por meio de um pequeno compressor (usa-se, normalmente, uma bomba de encher câmaras-de-ar) injecta-se ar pelo respectivo tubo do carburador.

Este jacto de ar, assim introduzido no venturi, arrasta o combustível, através do furo do pulverizador, para a câmara de combustão. Aí, a vela incendeia a mistura, dando-se a primeira explosão.

Assim, e em virtude da elevada pressão gerada, a válvula fecha-se e os gases escapam-se pelo tubo de descarga.

A saída dos gases a alta velocidade determina, em seguida, na câmara uma depressão que provoca a abertura da válvula e uma nova aspiração de ar e combustível.

A mistura, logo que chega à câmara, incendeia-se pelo contacto com as paredes, altamente aquecidas, assegurando a continuidade das explosões, sem necessidade do sistema de inflamação eléctrica.

As explosões repetem-se assim a tal cadência, que dão a impressão de uma deflagração contínua, sem interrupção.

O arranque, como se disse, poderá ser assegurado por meio de uma vela que fornece a faísca.

Para isso, dispor-se-á de uma bateria de 4 a 6 vóltios e de um vibrador da alta frequência. Entre o vibrador e a bateria será intercalado um interruptor, para comandar o sistema.

Os fios de ligação devem ser de espessura conveniente e encontrarem-se bem isolados. As extremidades, dotadas de crocodilos, ligam-se, uma ao pólo da vela, outra à massa do motor.

Pode, no entanto, utilizar-se um outro sistema de inflamação. Faz-se chegar, junto da extremidade do escape, a chama de um maçarico.

Depois de algumas bombadas, fortes e longas, a chama do maçarico inflama a mistura pulverizada que sai pelo escape e iniciam-se assim as explosões.

Todas as operações de arranque devem ser executadas rapidamente, para que o motor não permaneça imóvel, durante muito tempo, pois a câmara de combustão atinge o rubro em menos de 10 segundos, quando o motor está parado. Um arrefecimento insuficiente pode provocar deformações no motor.

Por idêntica razão, não devem estes motores ser instalados no interior de modelos com arrefecimento insuficiente ou mesmo em modelos muito lentos. Uma corrente de ar de baixa velocidade poderá proporcionar-lhes um excessivo aquecimento.

Assim, as ligações do vibrador e da bomba de ar devem poder-se retirar rapidamente depois do motor em marcha, de modo a reter o modelo no chão o menos tempo possível.

DEPÓSITO DE COMBUSTÍVEL

O depósito é um dos elementos mais importantes do grupo motopropulsor. Da sua forma ou da sua posição no modelo depende, em grande parte, o bom ou mau funcionamento do motor.

Só alguns motores de pequena cilindrada são fornecidos pelo fabricante com o depósito incorporado. Para os motores de maior cilindrada, tem o aeromodelista de o construir, dando-lhe uma forma compatível com o tipo de motor e com as características do modelo a que se destina.

Os depósitos, na sua maior parte, são construídos de chapa de latão fina (0,1 a 0,3 mm de espessura), soldada a estanho, materiais que resistem suficientemente à ação corrosiva dos combustíveis *diesel* e *glow-plug*, que normalmente se utilizam. Há, no entanto, quem adopte, para a sua construção, muitos outros materiais, como: a gelatina, que não resiste, porém, ao combustível *glow*, o plástico, o alumínio, a folha-de-flandres, etc.

A capacidade do depósito depende, como é evidente, da duração de funcionamento do motor, que se pretende, e do seu consumo.

Assim, o depósito de um motomodelo de voo livre será de capacidade muito reduzida, em virtude de o tempo de motor requerido ser muito diminuto. Já o mesmo motor, montado num modelo de Acrobacia, para poder cumprir todas as figuras que os programas exigem, necessitará de um depósito muito maior.

Por outro lado, e para o mesmo tempo de funcionamento, quanto maior for a cilindrada do motor, maior será o consumo e, portanto, maior terá de ser o depósito.

Há, todavia, que limitar ao mínimo a sua capacidade, em especial nos modelos de competição. Mais adiante se verá que, quanto mais elevada for a quantidade de combustível, maiores serão, durante o voo, as variações do regime de trabalho do motor, regime que se pretende, na maior parte dos casos, seja inalterável.

Forma do depósito

No que respeita à forma do depósito, a mais usada é a do paralelepípedo rectangular. Há, no entanto, muitas outras formas que podem ser adoptadas, ou por imposição do espaço disponível no modelo, ou por determinação de casos especiais inerentes a algumas modalidades de competição.

O quadro da figura 183 mostra a diversidade de formas que os depósitos de combustível podem tomar, em função das modalidades e casos mais frequentes.

De qualquer modo, porém, qualquer que seja a sua forma, os depósitos de combustível clássicos são sempre dotados de três tubos: um para alimentação do motor, um para enchimento e outro para ventilação.

Vejamos como devem ser instalados esses tubos.

Quando em repouso, o combustível, em virtude do próprio peso, deposita-se no fundo do tanque. No entanto, quando o modelo se encontra em movimento acelerado, por efeito da inércia, o combustível é projectado contra a parede traseira. É o que acontece, por exemplo, nos depósitos montados em motomodelos de voo livre.

Neste caso, a extremidade do tubo de alimentação deverá encontrar-se no fundo e próximo da parede da retaguarda do tanque, a fim de se encontrar sempre mergulhada no carburante.

Os tubos de enchimento e ventilação devem instalar-se à frente e em cima, entrando no depósito apenas o suficiente para se obter uma boa soldadura.

Em alguns modelos de Velocidade e Corridas é ainda costume dirigir as entradas frente à corrente de ar. Assim se criará, no interior do depósito, uma ligeira pressão, que poderá provocar um aumento de r. p. m.

Este sistema tem ainda a vantagem de evitar que os tubos, dado o seu reduzido diâmetro interior, se transformem, eventualmente, em pulverizadores e, assim, favoreçam o rápido esvaziamento do depósito.

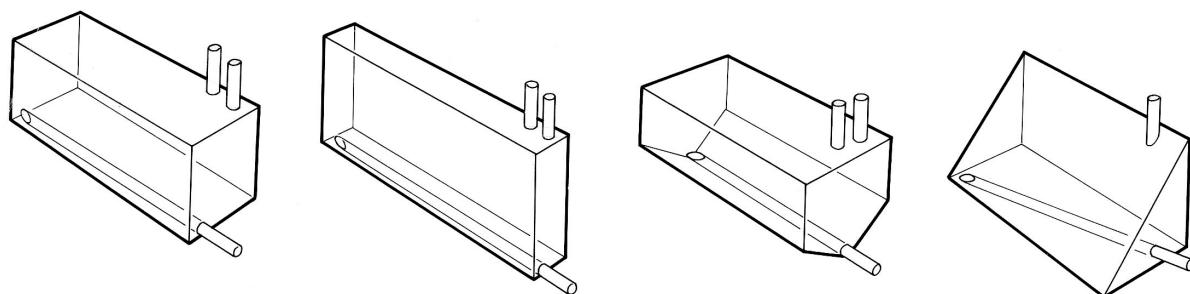


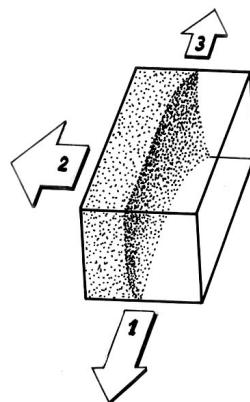
Fig. 183

Nos depósitos que equipam os modelos de voo circular, há ainda que entrar em consideração com uma outra força – a força centrífuga – que tende a projectar o combustível contra a parede lateral, do lado de fora do círculo de voo.

De todas as forças que actuam sobre o combustível, num modelo de voo circular em voo, é a força centrífuga aquela que se faz sentir com maior intensidade, motivo por que o carburante toma, no depósito, a forma aproximada que a figura 184 representa.

Assim, nestes depósitos, a extremidade do tubo de alimentação do motor deve situar-se no canto traseiro inferior, junto da parede do lado de fora do círculo. Os tubos de enchimento e de ventilação devem estar instalados no canto diametralmente oposto.

Fig. 184 – 1 – movimento
2 – força centrífuga
3 - inércia



Posição do depósito

A posição em que, normalmente, se coloca na fuselagem o depósito de combustível, em relação ao motor, é a indicada na figura 185.

Em primeiro lugar, ele deve ser colocado o mais próximo possível do motor, para assegurar uma aspiração contínua do combustível.

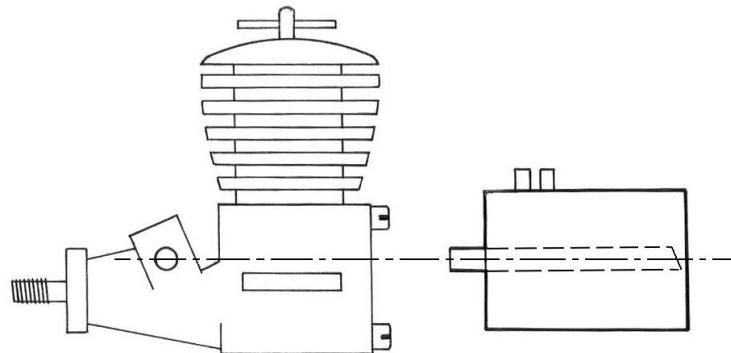


Fig. 185

Se o depósito estiver demasiado afastado do motor, a depressão gerada no *carter* pode ser insuficiente para aspirar a quantidade de combustível necessária a uma boa carburação, podendo mesmo fazer parar o motor.

Em segundo lugar, o eixo longitudinal do depósito deve encontrar-se ao nível do carburador, em especial nos modelos de Acrobacia. Se o depósito se encontrar muito alto, o combustível, por efeito da gravidade, correrá em abundância para o carburador, afogando o motor. Se, por outro lado, ele for instalado a um nível inferior ao do carburador, a aspiração far-se-á com dificuldade, dando lugar a um funcionamento deficiente do motor.

Todavia, algumas modalidades, como Velocidade e Corridas, torna-se, por vezes, necessário deslocar o depósito lateralmente ou em altura, a fim de se conseguir um maior ou menor débito de combustível, consoante as circunstâncias. Nestes casos, porém, será o resultado de experiências sucessivas que determinará a posição ideal do depósito.

Com o modelo parado, e supondo que a tomada do carburador está ao nível da parte superior do tanque, o combustível só passará para o motor quando este o aspirar.

No entanto, com o modelo em voo, as coisas passam-se de uma forma bem diferente.

Observemos a figura 186. Com o depósito cheio, o combustível que se encontra à direita da linha do carburador, isto é, do lado de dentro do círculo em relação à tomada de combustível no motor, tende a entrar no carburador com uma certa pressão, em virtude da força centrífuga.

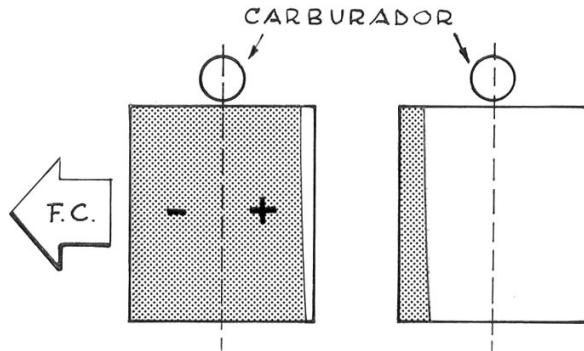


Fig. 186

Cria-se, portanto, uma pressão, que se pode denominar pressão positiva, a qual força o combustível a entrar no carburador. O motor, com o depósito cheio, não terá, por conseguinte, dificuldade em aspirar o carburante; antes pelo contrário, ele, por si só, tenderá a entrar no carburador por força dessa pressão.

Sabe-se, todavia, que o combustível, no voo circular, se acumula sempre junto da parede do depósito, da parte de fora do círculo, assumindo uma posição de equilíbrio, cuja superfície livre do carburante se aproxima da vertical.

Assim, quando essa superfície livre ultrapassa a perpendicular do carburador, a pressão que, até aí, tinha o valor positivo, passa a negativa, pois a força centrífuga que continua a actuar sobre o combustível contraria agora a aspiração do carburante por parte do motor.

Se, no início do voo, aquela pressão positiva tendia a provocar um afogamento do motor, com o depósito quase vazio, a pressão negativa origina um empobrecimento da mistura.

Compreende-se, portanto, que as alterações na carburação, verificadas entre o início e o fim do voo, serão consideráveis, tanto mais quanto maior for a diferença das pressões, isto é, quanto mais largo for o depósito.

Dado ainda que essa pressão é função da força centrífuga, as alterações na carburação durante o voo serão também tanto maiores quanto mais elevada for a velocidade e quanto menor for o raio do círculo ⁽¹³⁾.

Depósitos para modelos de Acrobacia

No voo circular, um dos depósitos que requer uma construção especial é o de Acrobacia. Na realidade, estando os modelos de Acrobacia sujeitos a bruscas mudanças de posição e

⁽¹³⁾ A força centrífuga varia na razão directa da massa e do quadrado da velocidade, e na razão inversa do raio.

$$FC = \frac{M \cdot V^2}{r}$$

velocidade, que tendem a provocar alterações no regime de trabalho do motor, necessitam de estar dotados de um depósito que não só possa alimentar o motor sem interrupção, quer nas posições de voo normais, quer nas invertidas, como possibilitar um débito de combustível, tanto quanto possível constante.

Assim, o tipo de depósito que mais se emprega em Acrobacia é o representado na figura 187. A extremidade interior do tubo de alimentação situa-se a meio da altura e os restantes dois tubos entram no depósito até à parede contrária, como indica a gravura.

Nos modelos de Acrobacia, equipados com motores de grande cilindrada, é costume compartimentar interiormente o depósito, ou enchê-lo com palha de aço, a fim de impedir o chocar do combustível nas manobras bruscas (fig. 188).

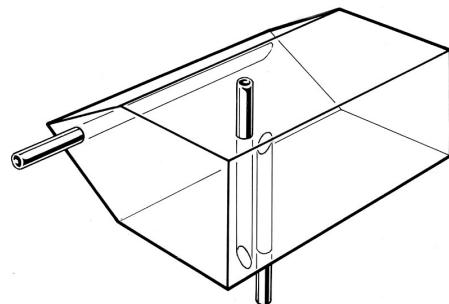


Fig. 187

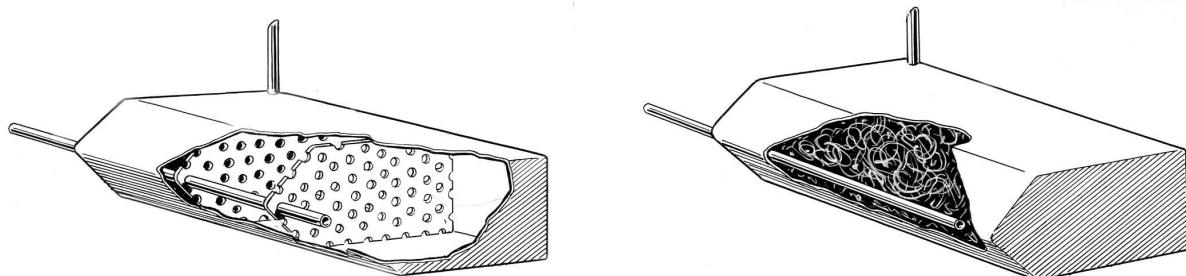


Fig. 188

Depósitos para modelos de Velocidade

Também os depósitos para modelos de Velocidade requerem atenções especiais.

Dada a elevada velocidade que estes modelos atingem, a força centrífuga assume valores notáveis, influindo grandemente na regularidade de funcionamento do motor.

Assim, utilizam-se depósitos, estreitos e altos, para que o valor daquela força interfira o menos possível na carburação.

Todavia, os depósitos de combustível mais apropriados para modelos de Velocidade, e também muito usados em Acrobacia, são os chamados *depósitos de pressão*.

Obtém-se facilmente um depósito de pressão, utilizando os reservatórios de borracha das canetas de tinta permanente.

Une-se fortemente, com fio de *nylon*, o reservatório de borracha ao tubo plástico que conduz ao carburador. Normalmente, usa-se revestir o reservatório com um balão de borracha pequeno, para que se não rompa facilmente em contacto directo com as paredes da fuselagem e para lhe assegurar um esvaziamento completo.

No tubo de plástico, pode intercalar-se, como indica a figura 189, uma pequena válvula, do tipo dos interiores das câmaras-de-ar de automóvel, que permitirá o enchimento do depósito e não deixará sair o combustível.

O funcionamento destes tanques é relativamente simples.

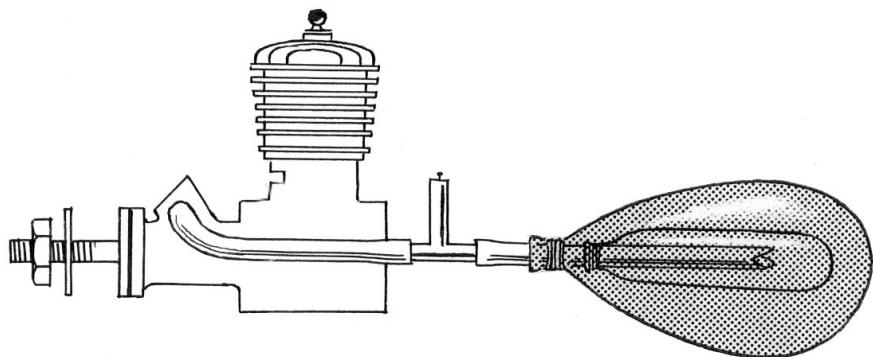


Fig. 189

Por meio de uma seringa, injecta-se através do tubo que encerra a válvula o combustível necessário. O reservatório de borracha dilatar-se-á, portanto, mantendo o carburante sob pressão. A fim de expulsar o ar do interior do reservatório, leva-se o tubo de plástico ao topo (fig. 190) e aperta-se o balão até que todo o ar saia pelo carburador.

Para pôr o motor em marcha, abre-se ligeiramente a agulha do carburador e impulsiona-se o hélice. Com estes depósitos é conveniente usar um arrancador, pois assim se evitará que o motor se afogue, em virtude do fluxo constante de combustível que o depósito fornece.

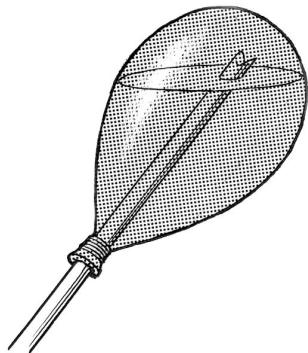


Fig. 190

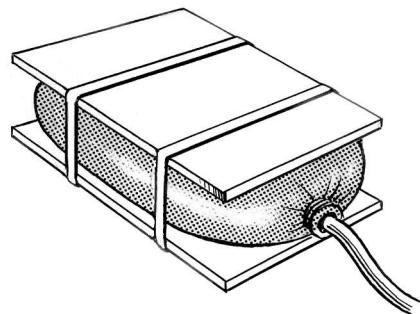


Fig. 191

Um outro tipo de depósito de pressão, utilizando ainda um pequeno e resistente balão de borracha, é o apresentado na figura 191.

O reservatório instala-se entre duas pequenas pranchas de madeira, que o comprimem com o auxílio de elásticos circulares.

Têm, no entanto, estes depósitos de borracha o inconveniente de não fornecerem uma pressão rigorosamente constante do princípio ao fim do voo. Quando cheios, exercem sobre o combustível uma elevada pressão que vai diminuindo gradualmente a medida que o carburante se vai gastando.

Modernamente, usa-se um outro tipo de depósito que aproveita a pressão do *carter* do motor.

Existem já muitos motores de fabricação recente que são dotados de um dispositivo que permite ligar facilmente o *carter* ao reservatório de combustível.

A forma a dar a estes depósitos não é muito importante. Normalmente, usa-se aquela que melhor se adapte ao espaço disponível na fuselagem. Como condição principal, impõe-se, no entanto, que as paredes sejam suficientemente sólidas para suportar a pressão e que as soldaduras das uniões sejam também resistentes.

O depósito é ligado por um tubo ao *carter* do motor. É este tubo que lhe transmite a pressão gerada no *carter*.

Os tubos de ventilação são instalados na parede superior e tapados após o reabastecimento. A extremidade do tubo de alimentação não exige situação especial tão rigorosa como nos depósitos clássicos, mas, no entanto, não deve deixar-se muito longe do canto inferior da parede do lado exterior do círculo do voo.

CAPÍTULO VI

A SALA DE AEROMODELISMO

A sala destinada aos trabalhos de Aeromodelismo deve ser dotada de certos requisitos indispensáveis.

Deve ser arejada, pouco húmida e possuir luz suficiente.

Deve dispor de bancadas apropriadas, de um quadro-ardósia, de armários para instalação de ferramentas e materiais de consumo e de um local adequado ao manuseamento e rodagem dos motores.

Muitas vezes, porém, as Escolas de Aeromodelismo não possuem instalações próprias, funcionando em salas de trabalhos manuais ou mesmo em salas de aula, adaptadas para o efeito. Neste último caso, há que tirar partido das condições existentes, fazendo as adaptações necessárias às exigências dos trabalhos de Aeromodelismo.

Se se tratar de uma sala com carteiras de tipo clássico, elas poderão ser adaptadas aos trabalhos de construção, cobrindo-as com pranchas de desenho fora de uso, ou simples tábuas, fixadas por meio de grampos, para não resvalarem (fig. 192).

Sobre estas pranchas se trabalhará sem o risco de danificar as carteiras.

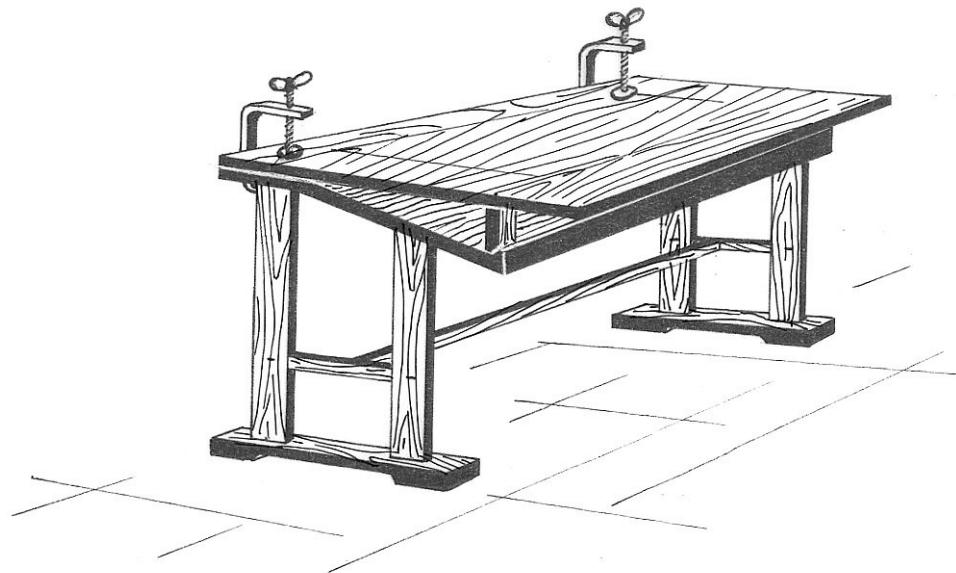


Fig. 192

O ideal será, no entanto, a bancada individual, do tipo indicado na figura 193.

Uma das tarefas mais frequentes numa Escola de Aeromodelismo é o da preparação de combustíveis e o de rodagem e afinação de motores.

Isto exige que a sala onde se procede a estas operações seja suficientemente arejada, para que os vapores dos combustíveis a preparar (altamente tóxicos) e os fumos provenientes do trabalhar dos motores se escapem rapidamente para o exterior.

Se a sala dispuser de uma chaminé, esse será o local indicado para a preparação dos combustíveis, caso contrário a mistura dos ingredientes deve efectuar-se junto de uma janela aberta.

Os motores devem ser postos a trabalhar de preferência ao ar livre ou, na impossibilidade, junto de uma janela larga, de modo a permitir uma rápida saída dos gases queimados para o exterior.

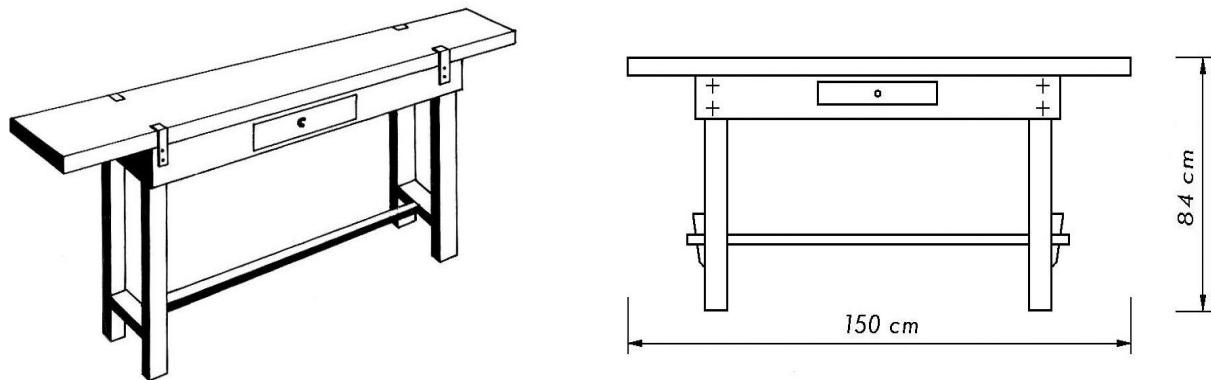


Fig. 193 – Bancada de trabalho (modelo D.G.A.C.)

A bancada dos motores deve ser bastante sólida, para evitar vibrações, e possuir bancos de ensaio apropriados a cada tipo de motor.

Se o soalho for de madeira e para evitar manchá-lo de nódoas que dificilmente sairão, no espaço destinado aos trabalhos com motores, deve revestir-se de um material que permita fácil limpeza (ladrilho, chapa de zinco, alumínio, etc.).

Independentemente das bancadas, cada aluno deve possuir a sua tábua-estaleiro própria. É sobre o estaleiro que devem ser executados todos os trabalhos de construção, desde o corte e preparação das peças, até a montagem das células.

Na sala, e em especial se ela não for privativa, deve existir um armário ou grade, onde serão guardados todos os estaleiros, depois da sessão de trabalhos. Isto permitirá libertar as bancadas para outros fins e melhor resguardar os frágeis trabalhos montados nas tábuas-estaleiro.

Deve ainda a sala de Aeromodelismo possuir uma caixa de parede ou quadro para instalar ferramentas e armários para guardar todos os materiais a usar nas construções.

CAPÍTULO VII

FERRAMENTAS E UTENSÍLIOS

Não é fácil indicar com justeza a quantidade e espécie de ferramentas necessárias a um curso de Aeromodelismo, ou sequer a um aeromodelista. Isso depende, em especial, do género de trabalho a executar e das tendências dos construtores para esta ou aquela espécie de ferramentas.

Se, de um modo geral, para a construção de planadores basta apenas uma meia dúzia de ferramentas do tipo clássico, para outras modalidades, tais como: Escalas, Rádio-Control, Voo Circular, será necessário uma colecção de ferramentas mais completa e especializada.

Por outro lado, se há construtores – porventura mais habilidosos e menos exigentes – que se contentam com uma faca bem afiada, um pedaço de lixa e pouco mais, outros há que não podem dispensar um completo ferramental.

São, no entanto, ferramentas de uso corrente, e comuns a quase todas as modalidades: alicates (universal, pontas redondas e pontas chatas), serras de arco, grossas, limas bastardas e mursas, limatões, martelos, grampos pequenos, tornos de bancada, tesouras, berbequins, brocas, facas, réguas de aço, esquadros de ferro, chaves de fendas, plaina pequena, formões, goivas, ferro de soldar, chaves de bocas, pinças, etc.

À parte as ferramentas, é ainda indispensável possuir certos utensílios, alguns deles que o próprio aeromodelista pode preparar facilmente. Estão neste caso os utensílios que as figuras a seguir ilustram.

Fig. 194 – Molas de madeira, que depois de desbastadas se adaptam facilmente aos espaços acanhados, onde, muitas vezes, têm de ser colocadas.

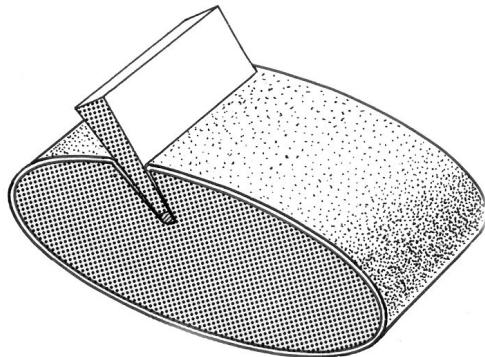
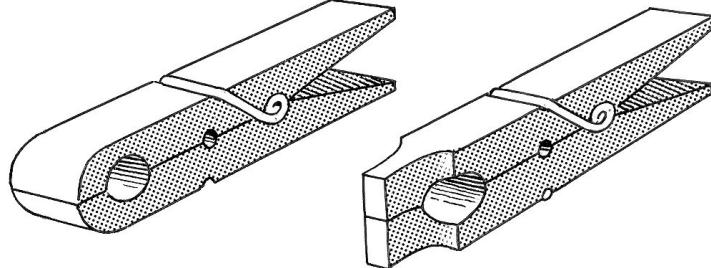


Fig. 195 – Suporte para lixa, construído em balsa, com cunha de madeira rija.

Fig. 196 – Fieira para longarinas. Fazendo variar a espessura dos suportes da lâmina, obtém-se longarinas de diversas secções.

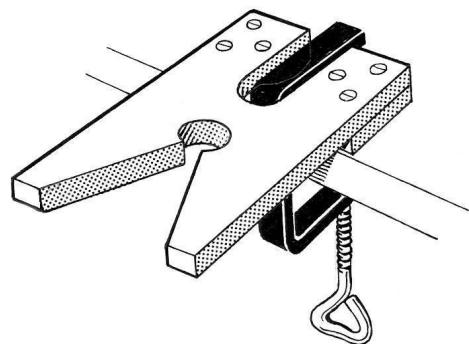
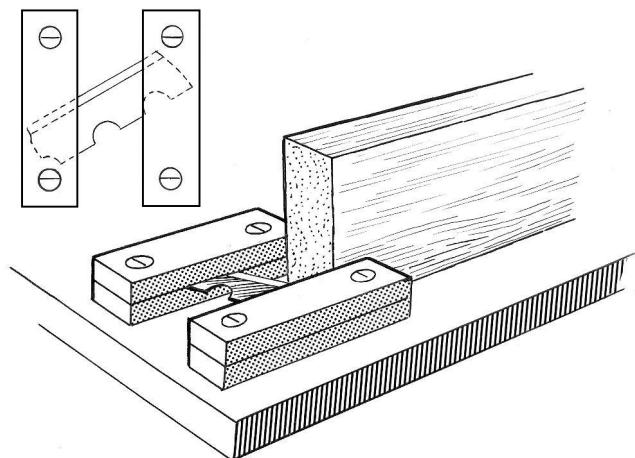
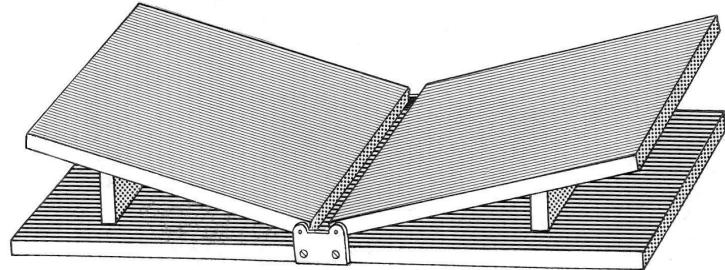


Fig. 197 – Suporte para serrar, construído de madeira rija: faia, freixo ou pinho.

Fig. 198 – Estaleiro para diedros, em cuja construção se podem empregar velhas tábuas de trabalho.



CAPÍTULO VIII

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

MADEIRAS

A construção de aeromodelos subordina-se a princípios de simplicidade, leveza e robustez.

Assim, a balsa, dada a sua baixa densidade, e a enorme facilidade com que pode ser trabalhada, é hoje o material básico na construção de modelos voadores.

A madeira de balsa, cuja árvore é oriunda das florestas equatoriais da América Central, depois de trabalhada por máquinas e processos especiais, é posta no mercado, para uso dos aeromodelistas, em três tipos distintos: dura, média e mole.

A balsa dura emprega-se quase exclusivamente em longarinas, ou então em peças que tenham de oferecer grande resistência. A sua densidade varia entre 0,25 e 0,40.

A balsa média é de emprego geral, usando-se particularmente em nervuras, cavernas e longarinas secundárias. Densidade de 0,15 a 0,25.

A balsa mole, que é menos densa (0,08 a 0,15) e a menos consistente também, utiliza-se em peças e regiões que não exijam resistência especial, como revestimento de asas, bordos marginais, preenchimento de ângulos formados por duas superfícies, etc.

A balsa, em relação a outras madeiras, é pouco robusta e muito porosa (tanto mais quanto menor for a sua densidade), pelo que se torna necessário empregá-la de forma racional, atendendo à sua reduzida resistência, e submetê-la a acabamentos apropriados.

Na construção empregam-se ainda outras madeiras, como: casquinha, *spruce*, faia, freixo e contraplacado.

A casquinha e o *spruce* usam-se em longarinas centrais, peças resistentes e calços, espigões, etc.

A faia, o freixo e a noqueira, dada a sua enorme robustez, empregam-se em hélices para motores de explosão e bancadas para assentar motores.

É muito raro utilizar estas madeiras noutras peças, em virtude da sua elevada densidade.

O contraplacado é constituído por três ou mais chapas de madeira coladas e prensadas, de modo que a direcção da fibra de cada chapa forme com a fibra da seguinte um ângulo de 90º. É isto que confere ao contraplacado a sua extraordinária resistência.

Encontra-se no mercado contraplacado de tola, bétula, faia e ocomé; todavia, são os dois últimos os mais usados em Aeromodelismo: o de faia, pela sua excepcional resistência e dureza, e o de ocomé, por ser o mais leve.

O contraplacado tem uma vasta aplicação na construção de aeromodelos. O de maior espessura (5 e 3 mm) usa-se em cavernas e, por vezes, em bancadas de motor. O de 2 mm serve para cruzetas de comando, reforços, cavernas, calços, etc. O de 1,5 e 1 mm usa-se em nervuras e reforços e o mais fino (0,6 e 0,4 mm) em revestimentos.

METAIS

AÇO – Varetas de 1 a 3 mm, para trens de aterragem, ganchos, transmissões, veios de hélices de «borrachas», patins, etc.

Fio de 0,2 a 0,4 mm, simples ou entrançado, para cabos de controlo.

ALUMÍNIO – Fundição de bancadas de motor. Em chapa, usa-se na carenagem de motores, *spinners*, etc.

O dural (liga de aço e alumínio) emprega-se em cruzetas de comando, asas de modelos de velocidade, etc.

LATÃO – Em chapa (0,2 e 0,3 mm) e em tubo (de 2 e 3 mm), utiliza-se na construção de depósitos de combustível.

CHUMBO – Quer em chapa, quer em grão, constitui o lastro ideal para centragens, em virtude da sua elevada densidade.

COLAS

COLA CELULÓSICA – Existe no mercado grande variedade de colas celulósicas, mais ou menos fluídas, mais ou menos rápidas na secagem. Este tipo de cola é o mais recomendável para a maior parte dos trabalhos de Aeromodelismo, por ser muito resistente, praticamente insensível aos agentes atmosféricos e de secagem quase imediata.

Em casa, pode facilmente fabricar-se cola celulósica, dissolvendo celulóide puro em acetona. Juntando ainda um pouco de acetato de amilo evita-se que a cola, assim preparada, tenha a tendência de embranquecer.

COLAS BRANCAS – Uma cola excelente para madeiras, tanto ou mais resistente do que a celulósica, todavia, mais lenta a secar, é a cola de caseína. Resiste aos combustíveis e emprega-se com vantagem em colagens de grandes superfícies.

Existe ainda no comércio grande número de boas marcas de colas sintéticas para madeira. Algumas delas, porém, não resistem ao combustível *diesel*, devendo, por isso, ser bem protegidas com pintura ou verniz apropriados.

Qualquer destas colas, tanto celulósicas como sintéticas, pode servir para a entelagem de modelos, depois de devidamente diluída. No entanto, há colas apropriadas para papel e tecido, que se usam com vantagem neste género de trabalho.

VERNIZES

Sob o nome genérico de *dope*, existe nas casas da especialidade grande variedade de vernizes estrangeiros, próprios para Aeromodelismo.

No entanto, o verniz mais usado pelos aeromodelistas portugueses é o vulgar *verniz celulósico para unhas*, que, depois de se lhe haver adicionado umas gotas de óleo de rícino, apresenta boas propriedades. É transparente, impermeabiliza bem o papel, mesmo o mais poroso, estica-o suficientemente, não se torna muito quebradiço e dá bons acabamentos.

Pode também obter-se um verniz razoável, da mesma forma que a indicada para a fabricação caseira de cola celulósica; todavia, com uma maior percentagem de acetona.

Em modelos equipados com motores de *glow-plug* há que atender que o combustível ataca todos os vernizes e tintas de base celulósica, pelo que, a empregarem-se, é necessário dar, no final, uma ou duas demãos de *dope antimistura* ou de um verniz sintético resistente àquele combustível.

DIVERSOS

Além dos materiais descritos, comuns a quase todas as modalidades e espécies de construções, muitos outros são usados em Aeromodelismo.

Assim, desde os papéis especiais (Modelspan, Japão, etc.), até à fibra de vidro, passando pela borracha para meadas-motor e respectivo lubrificante, tintas, tecidos para entelagem e reforços, película microfilme, fios e linhas, parafusos, tubo de plástico, etc., usa o aeromodelista, de acordo com o trabalho a realizar, inúmeras espécies de produtos, alguns deles concebidos especialmente para o Aeromodelismo, outros adaptados e muitas vezes transformados com engenho (*).

(*) **Nota de Edição Digital:** Mais uma vez se chama a atenção que este texto tem 40 anos. Embora todos os materiais referidos neste capítulo se continuem a usar, muitos outros apareceram nos tempos mais recentes, onde se incluem as técnicas de construção com fibra de carbono, diversos tipos de materiais plásticos, tanto estruturais como de revestimento, e ainda novos tipos de colas como as epóxidas, os cianoacrilatos, etc.. Tudo isso só vem confirmar a afirmação do Autor de que o aeromodelista usa quase todos os materiais que o mercado pode oferecer, de acordo com a sua necessidade e imaginação.

CAPÍTULO IX

A CONSTRUÇÃO

Os trabalhos de construção têm início na interpretação do plano do aeromodelo a construir.

Antes de mais nada, é necessário examinar o desenho, não só nas suas linhas gerais, como em todos os seus detalhes, para se fazer uma ideia precisa do trabalho a realizar e, assim, estabelecer os processos a seguir durante as fases de construção e, inclusivamente, os materiais a adquirir e as ferramentas a utilizar.

O plano constitui a representação gráfica do aeromodelo, em tamanho natural (1:1) ou em escala reduzida (1:2 ; 1:3 ; 1:4 ; etc.).

Um plano detalhado apresenta o aeromodelo em três projeções (alçado lateral, planta e alçado principal) e inclui a representação em tamanho natural da maior parte das peças, bem como certos pormenores de construção, indicações escritas sobre qualidades de material, cotas, posição do centro de gravidade, etc.

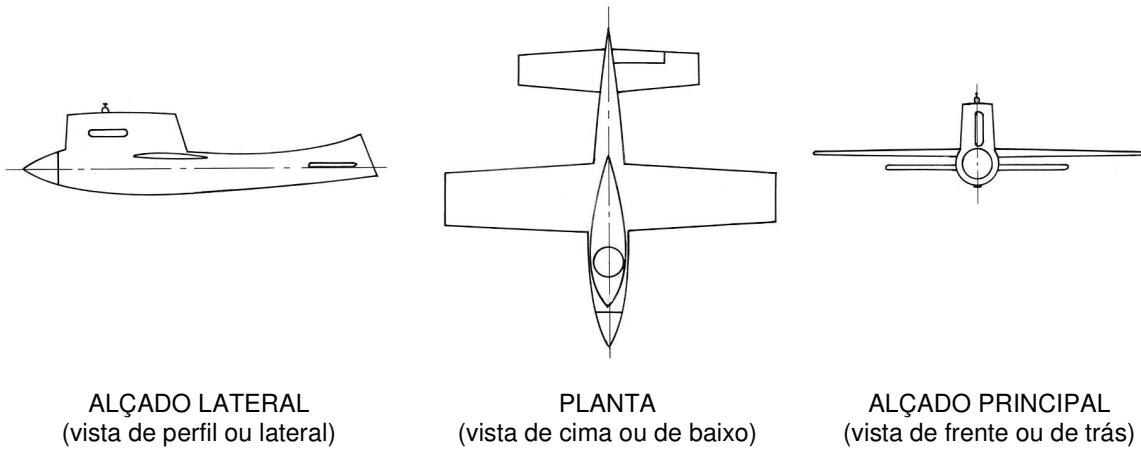


Fig. 199

Só depois de se haver estudado devidamente o plano e de não haver dúvidas sobre a interpretação de todas as indicações nele contidas é que se devem iniciar os trabalhos de construção.

Como já foi dito, o recorte das peças, a montagem da célula e a entelagem far-se-ão sobre a tábua-estaleiro, apetrecho indispensável a todo o aeromodelista.

O estaleiro tem de ser rigorosamente plano, de proporções convenientes e de superfícies isentas de asperezas. Um dos topos, pelo menos, deve ser rectilíneo, para se poder usar o esquadro, com confiança.

O aeromodelista amador usa, em regra, uma tábua de casquinha, *spruce* ou mesmo pinho, bem seca, desempenada e sem nós. Todavia, o estaleiro ideal, especialmente para as escolas, é feito de contraplacado lamenado, de 2 ou 3 cm de espessura, que permite obter tábuas robustas, não muito pesadas e de enorme resistência à torção.

A ASA

A parte essencial do aeromodelo é a asa. É na construção da asa, portanto, que se torna necessário depositar os maiores cuidados e atenção, para que ela venha a constituir a interpretação fiel do estabelecido no plano.

As asas de tipo clássico são constituídas, fundamentalmente, por nervuras, bordos de ataque e de fuga, longarina central e bordos marginais. No entanto, em asas de estrutura mais completa podem ainda encontrar-se outros componentes, como longarinas secundárias, contra-ventamentos, reforços, etc.

Nervuras

A nervura é a peça que determina o perfil alar. Daí a sua excepcional importância e o rigor que se torna necessário aplicar na sua execução.

Se a asa é rectangular, ou trapezoidal, não é conveniente recortar as nervuras uma a uma; o ideal é fazê-las em conjunto, empregando o sistema da construção em bloco.

Com papel químico, passa-se para um pedaço de contraplacado de 1,5 ou 2 mm o desenho da nervura, de modo que a direcção da fibra da madeira fique paralela ao eixo da peça (fig. 200). Aliás, por motivos de resistência, é regra geral da construção coincidir a fibra da madeira com a maior dimensão da peça.

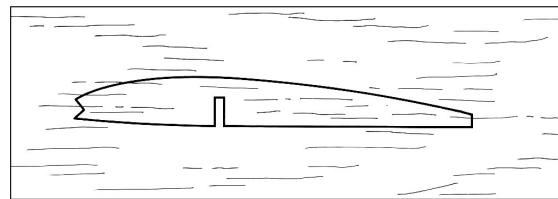


Fig. 200

No caso de uma asa rectangular, recortam-se duas nervuras iguais (fig. 201), uma sobre a outra, ligadas por dois pequenos pregos, e aperfeiçoam-se com lima e lixa, até obter a reprodução exacta do desenho indicado no plano (fig. 202). Os dois modelos das nervuras devem, assim, ficar perfeitamente acabados, tanto no que respeita ao extradorso e intradorso, como no que se refere aos encaixes para as longarinas.

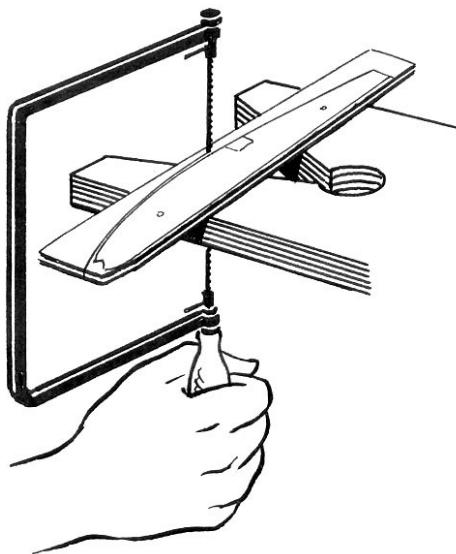


Fig. 201

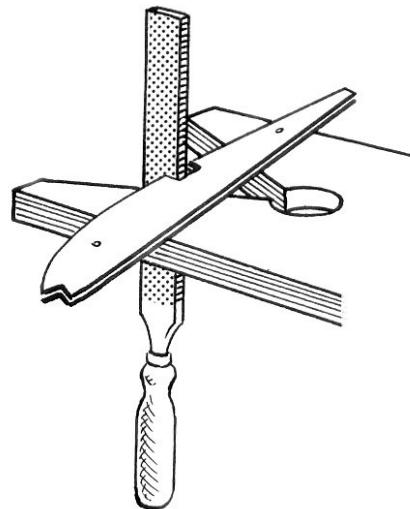


Fig. 202

Feitos estes dois modelos, agrupam-se em bloco, entre eles, tantos rectângulos de balsa quantas nervuras sejam necessárias à montagem da asa. Os rectângulos podem prender-se com um arame de aço dobrado em **U**, como indica a figura 203, ou com dois pregos finos, se forem suficientemente compridos para passarem de um lado ao outro.

O bloco assim obtido mete-se no torno de bancada e, com o auxílio de grosas, limas e bloco de lixa, desbasta-se até atingir as nervuras-modelo.

Depois de executados todos os encaixes e de se haver verificado que tudo foi realizado com rigor, desfaz-se o conjunto. Todas as nervuras, tanto as do interior como as das extremidades, devem ser iguais.

No caso de uma asa trapezoidal, o procedimento será idêntico, com excepção das nervuras-guia, que serão necessariamente diferentes: a maior representará o perfil do centro da asa e a menor o das pontas.

Este sistema de construção de nervuras para asa trapezoidal é, como se comprehende facilmente, bastante rápido e preciso, pois assim se evita enorme trabalho, quer de execução, quer de cálculo dos perfis intermédios.

O mesmo não acontece em asas doutros tipos (elípticas ou de formas arredondadas), em que as nervuras têm de ser feitas e calculadas duas a duas.

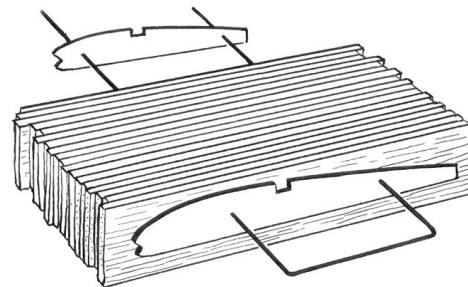


Fig. 203

Bordos de ataque

Nos bordos de ataque usam-se, normalmente, longarinas de balsa ou pinho de secção quadrada ou rectangular, de dimensões adequadas, que se arredondam à frente para satisfazer a forma do perfil.

Os bordos de ataque mais usados são os que se indicam na figura 204.

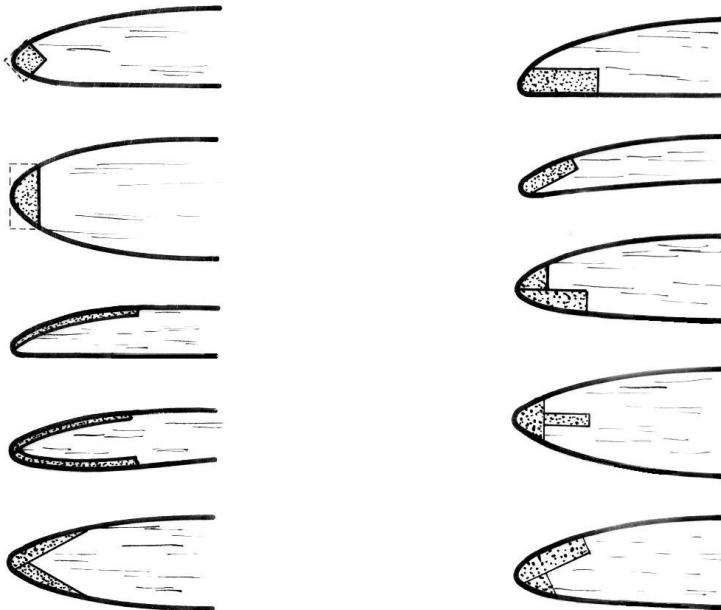


Fig. 204

Em regra, para a instalação do bordo de ataque, a longarina é previamente colada a todas as nervuras e só depois desbastada, de acordo com a forma do perfil.

Em modelos ligeiros, o bordo de ataque é por vezes substituído por um revestimento em prancha fina de balsa, que se instala numa zona restrita do dorso e ventre da nervura, ou apenas no extradorso.

Em modelos resistentes e de grandes proporções são ainda usados bordos de ataque compostos, como a gravura representa.

Bordos de fuga

Os bordos de fuga mais usados em modelos de voo livre são constituídos por varetas rectangulares de pinho ou balsa, que se desbastam em faca a fim de acompanhar a forma do perfil (fig. 205).

Os bordos de fuga deste tipo devem ser sempre encaixados nas nervuras, caso contrário, deve o conjunto ser robustecido com reforços, como indica a figura 206.

Em modelos de perfis espessos (voo circular, em especial) usam-se outros tipos de bordos de fuga, por vezes de composição mista, com o fim de conferir à asa uma maior resistência (fig. 207).

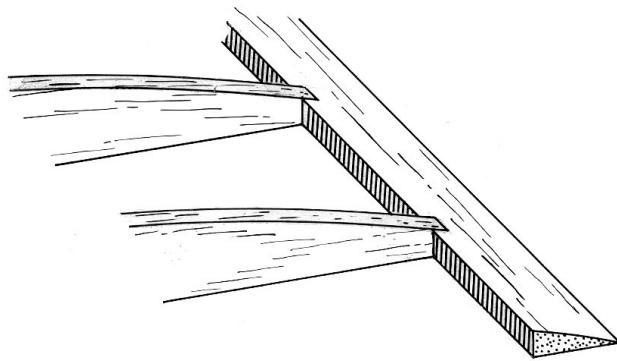


Fig. 205

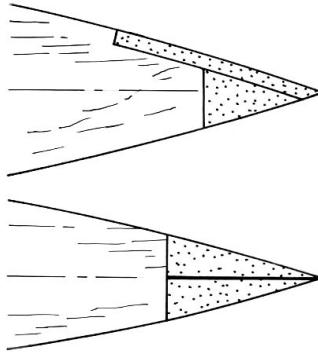
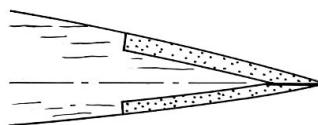
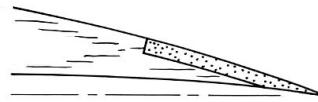


Fig. 207

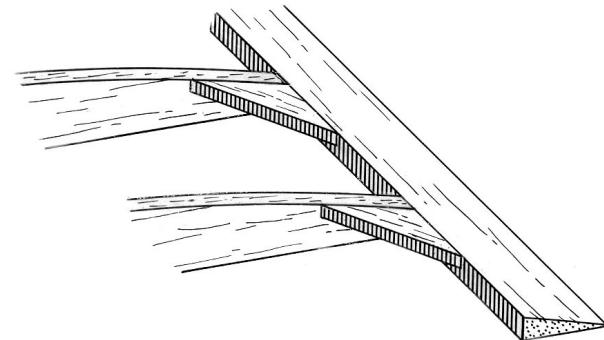
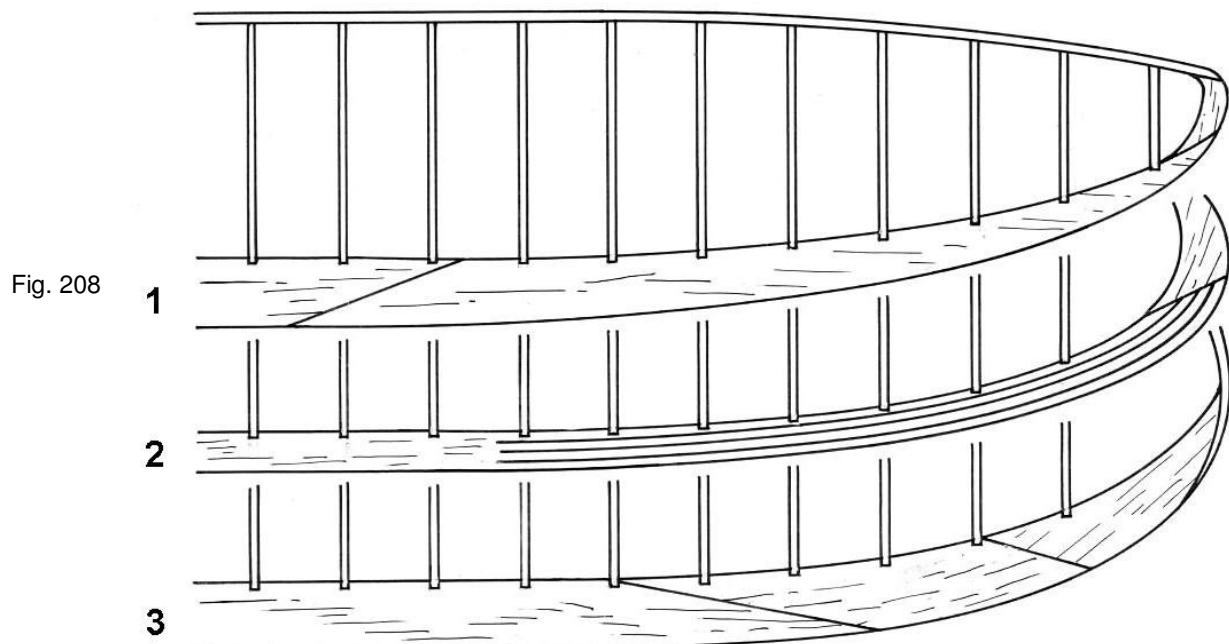


Fig. 206

Nas asas elípticas, ou de extremidades arredondadas, a longarina que constitui o bordo da fuga tem de ser interrompida. Assim, pode a parte curva ser recortada de uma prancha larga, ficando a constituir uma única peça (fig. 208-1).

Um outro sistema, mais trabalhoso, no entanto, consiste em praticar com uma lâmina fina, ao longo do pedaço que é necessário curvar, diversos cortes paralelos, entre os quais se introduz cola, curvando-se em seguida a longarina, em conformadores de contraplacado ou cartão (fig. 208-2).

O mais usual, porém, é construir os bordos de fuga curvos em diversas secções, coladas em bisel (fig. 208-3).



Longarinas

Em quase todas as asas existe uma longarina principal, a que se dá o nome de *mestra* ou *central*.

Esta longarina é colocada, em regra, na parte mais espessa do perfil (fig. 209) e constitui o elemento básico da asa, aquele que mais resistência suporta e em torno do qual toda a construção é orientada.

A longarina mestra, que vai de extremo a extremo da asa, é constituída normalmente por uma ou duas varetas de pinho, ou balsa dura, dispostas de acordo com a espessura relativa do perfil e com o alongamento.

Muitas vezes, em asas de grandes alongamentos e dimensões, usam-se ainda, como reforço, longarinas auxiliares, de número, secção e posição variáveis.

Em certos casos, a longarina mestra é substituída por diversas varetas auxiliares (nos modelos ligeiros, por exemplo, como mostra a figura 210), ou não existe mesmo [casos de bordos de fuga e ataque exagerados, (fig. 211), ou de construções do tipo geodésico (fig. 212)].

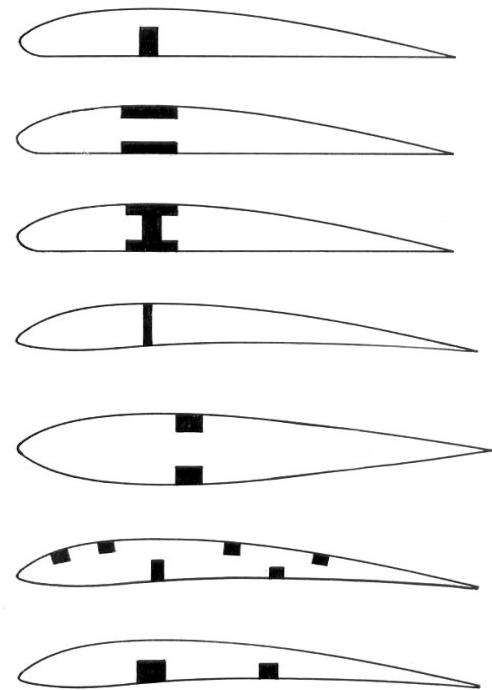


Fig. 209

Fig. 210

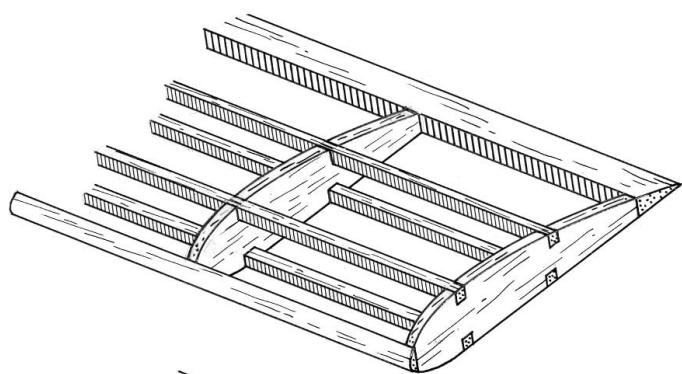


Fig. 211

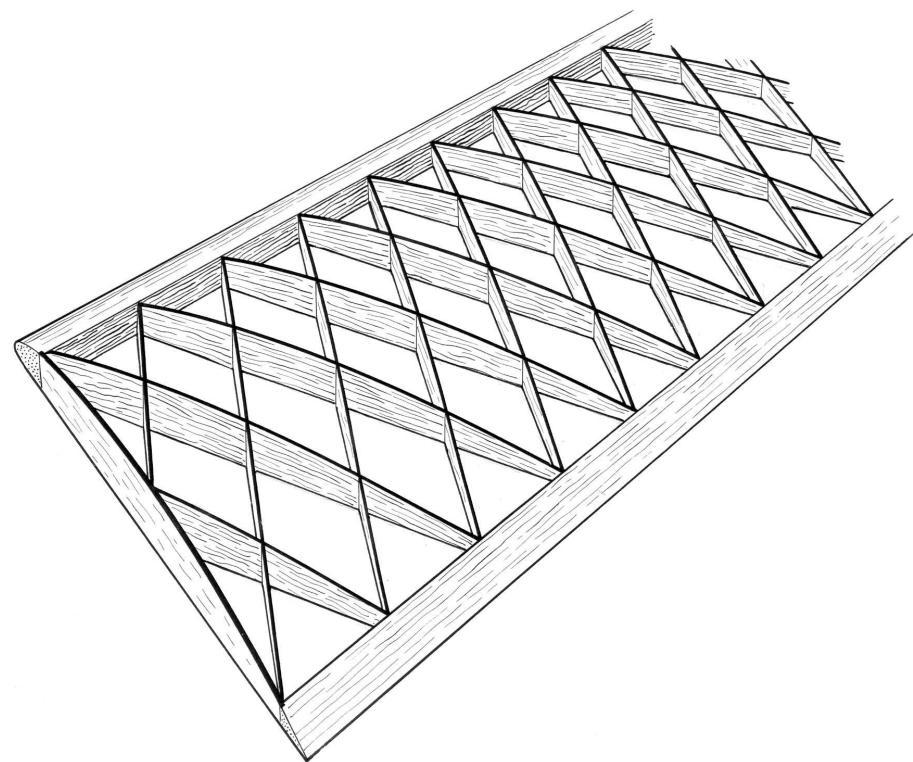
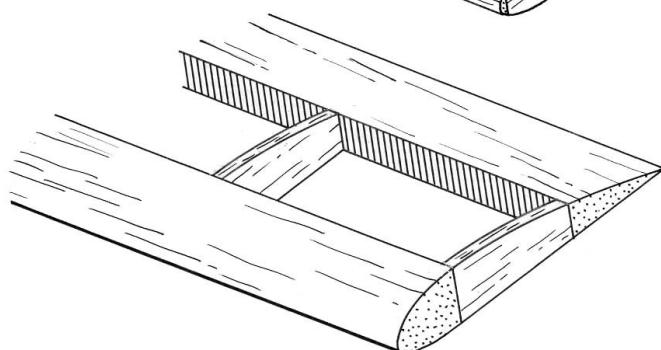


Fig. 212

Bordos marginais

Sabe-se que para evitar, quanto possível, as resistências induzidas, se usa arredondar as pontas das asas e afinar os perfis das extremidades, além de outros sistemas descritos no capítulo respectivo.

Antigamente era costume construir os bordos marginais em rotim, cana de bambu ou arame de alumínio, ou ainda, dobrando a fogo, ou com água, finas ripas de casquinha, que, depois de coladas e afagadas, davam enorme rigidez às pontas das asas. Estes processos, demasiado trabalhosos e porventura menos eficientes, foram postos de parte, e hoje emprega-se quase exclusivamente a balsa na constituição dos bordos marginais.

Assim, e de acordo com o tipo de construção, usa-se a balsa em bloco ou em chapa, que permite obter, como mostra a figura 213, formas variadas e muito correctas de bordos marginais.

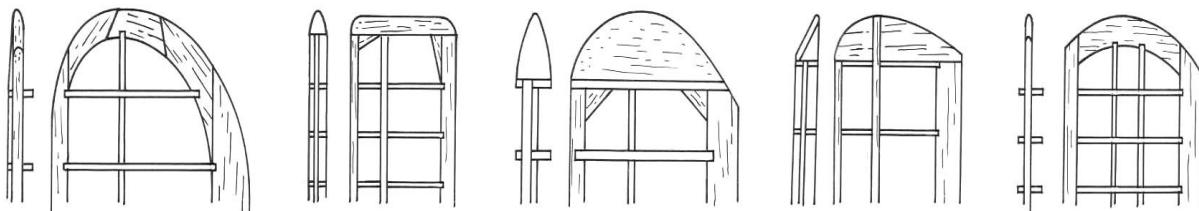


Fig. 213

Montagem

Vejamos, em linhas gerais, como deve ser montada uma asa de tipo clássico.

Revête-se a tábua-estaleiro com papel branco fino, onde vão ser desenhadas as linhas principais da montagem: linhas correspondentes à longarina central e às nervuras.

A todo o comprimento da folha de papel, e paralelamente ao bordo maior do estaleiro, traça-se a linha referente à longarina central de uma meia asa. Em seguida, e com o auxílio de um esquadro de ferro, traçam-se as linhas sobre que vão ser colocadas as nervuras (fig. 214).

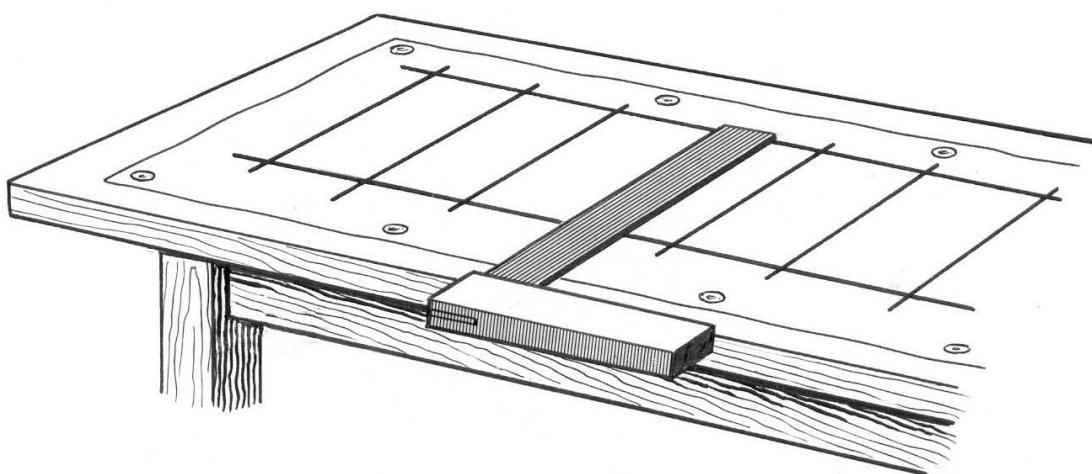


Fig. 214

Lixa-se a vareta que vai servir de longarina central e instala-se sobre a linha respectiva, com a ajuda de pregos finos. Em seguida, colam-se as nervuras, mantendo-as perpendiculares ao estaleiro também com o auxílio de pregos (fig. 215), instalam-se os bordos de ataque e de fuga e, por último, os bordos marginais.

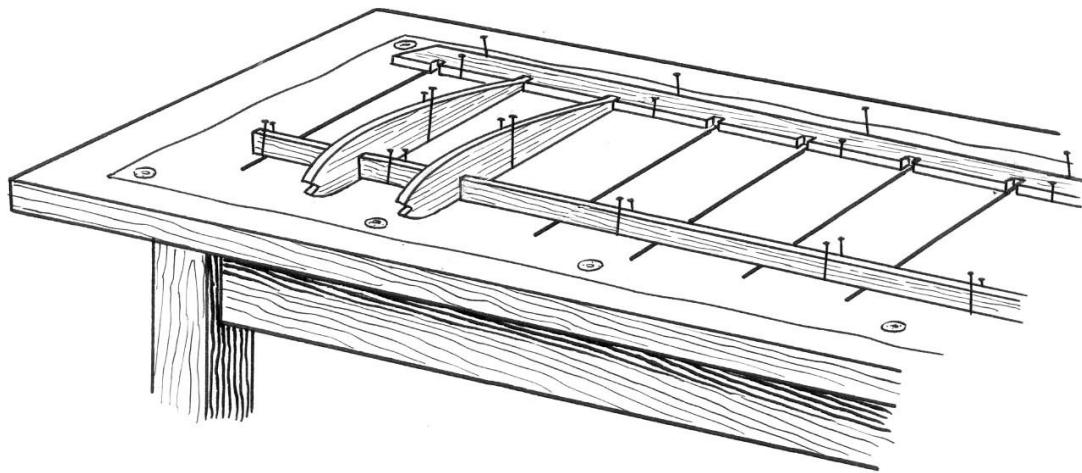


Fig. 215

Antes de deixar secar o conjunto, deve ser verificado o alinhamento das peças.

Toda a estrutura deve encontrar-se bem assente no estaleiro, para o que se usa, normalmente, pregar, como indica a figura 216, pedaços de vareta ao estaleiro, comprimindo as peças que têm a tendência de se elevarem.

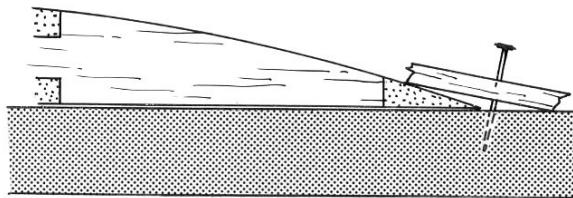


Fig. 216

Quando o intradorso da nervura não é plano, toma-se necessário intercalar entre a estrutura e o plano do estaleiro varetas com a espessura necessária para fazer altura (fig. 217). Assim, e comprimindo contra o estaleiro todo o conjunto, com o auxílio de fio fino ou elásticos, se adquire a certeza de que a construção não ficará deformada.

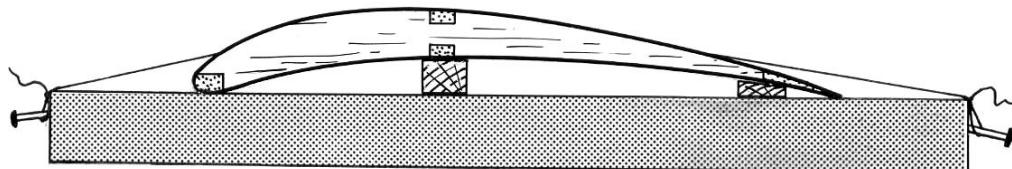


Fig. 217

As ranhuras do bordo de fuga, onde vão encaixar as nervuras, praticam-se facilmente com uma lima paralela de espessura conveniente, sobre a tábua de recorte ou encostando a vareta a dois pregos fortes, como indica a figura 218.

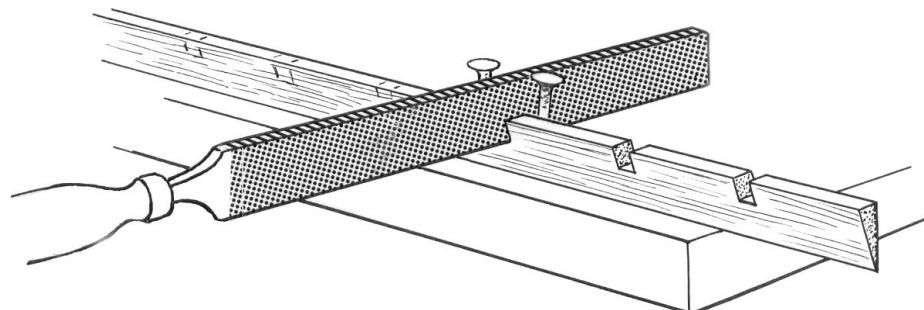


Fig. 218

Depois de ambas as semiasas se encontrarem completamente secas, retiram-se do estaleiro e aperfeiçoam-se, eliminando irregularidades, arestas dispensáveis, pingos de cola, etc. Após uma comparação rigorosa, no tocante a simetria, levam-se de novo ao estaleiro, para as unir com o diedro indicado no plano. Colam-se os reforços do centro e assentam-se as pontas sobre blocos, de modo a respeitar a altura dos diedros (fig. 219).

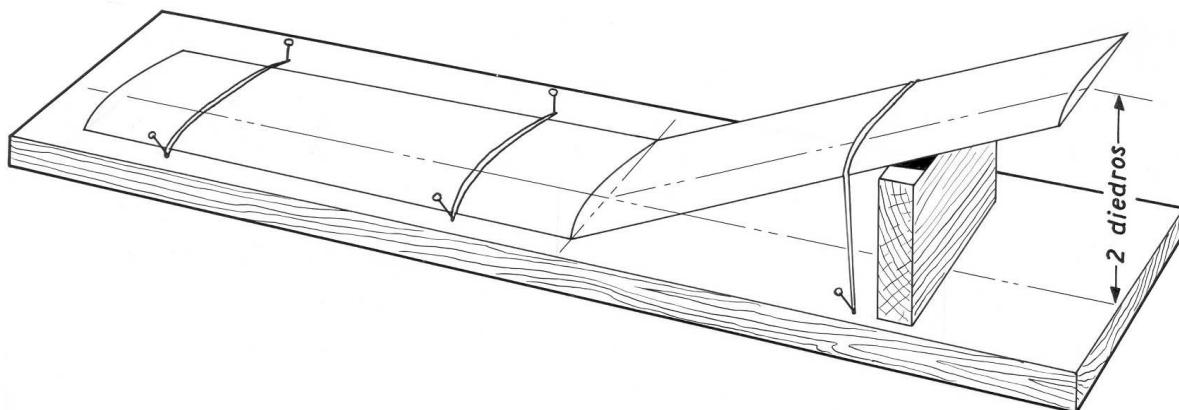


Fig. 219

As uniões dos diedros devem merecer especial atenção. As longarinas cortar-se-ão sempre em bisel, para se obter uma maior superfície de colagem, e as ligações serão reforçadas em contraplacado de espessura conveniente (fig. 220).

Os bordos de ataque e de fuga reforçar-se-ão também nos diedros, com contraplacado ou triângulos de balsa.

Muitos construtores usam, no entanto, para facilidade de transporte, semiasas destacáveis. Neste caso, o encaixe central terá de ser suficientemente robustecido, para que as asas possam suportar o esforço a que são submetidas, durante o voo ou o reboque.

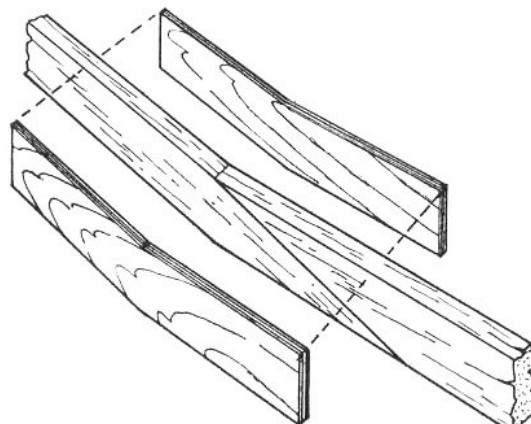


Fig. 220

Um dos sistemas mais em voga é o da fixação das asas por meio de uma baioneta de dural ou de faia, de secção rectangular ou redonda, e com a mesma inclinação do diedro. A baioneta entra numa caixa instalada nas primeiras nervuras do centro da asa, sendo tanto as nervuras, como a caixa, construídas em contraplacado, casquinha ou balsa muito dura (fig. 221).

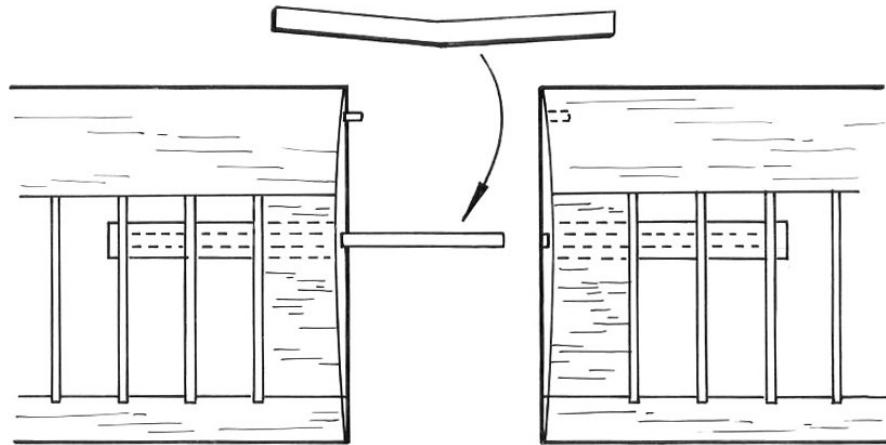


Fig. 221

A baioneta de madeira é preferível à de metal, porque num choque mais violento, parte, sem prejuízos nos encaixes da asa. As linguetas metálicas, mais resistentes, têm, no entanto, o inconveniente de, em circunstâncias idênticas, não cederem com tanta facilidade e, assim, poderem vir a danificar a zona onde se encontra instalada a sua sede.

Um outro sistema também muito eficiente, mas que tem vindo a cair em desuso, em especial por não permitir alterar o ângulo de calço da asa, é o da fixação por meio de placas de contraplacado forte, em forma de língua, instaladas na fuselagem (fig. 222).

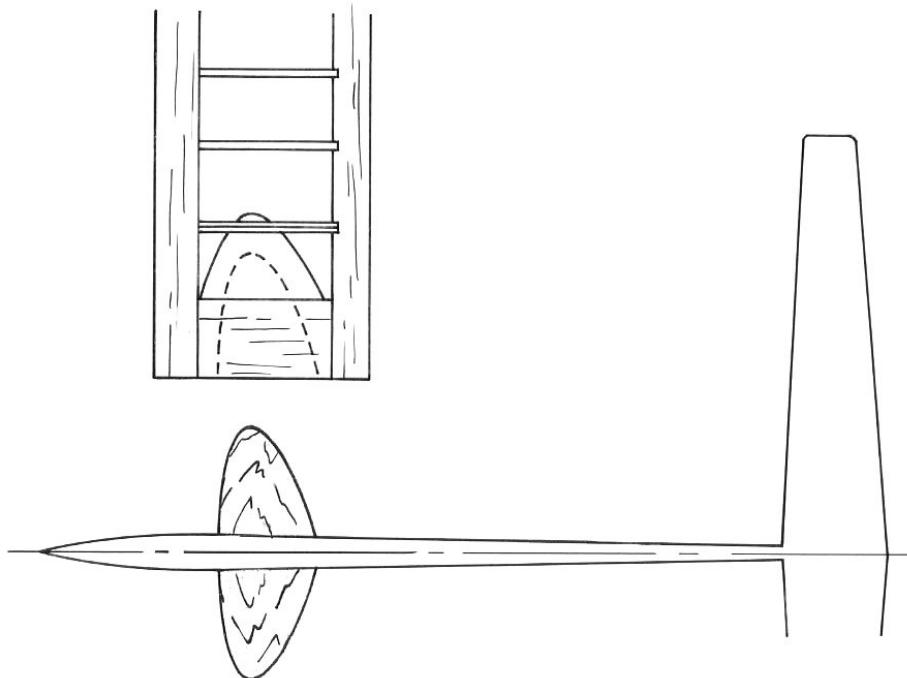


Fig. 222

Tipos especiais de asa

Com o intuito de dar maior resistência a asas de determinados modelos, ou satisfazendo exigências de *performance*, adoptam-se certos tipos especiais de construção.

Em modelos de grandes dimensões (Acrobacia, R/C, etc.) usa-se cobrir o extradorso e intradorso das nervuras com tiras de balsa, que têm por função dar uma maior resistência e permitir uma maior área de colagem do papel de forro e, consequentemente, uma menor deformação do perfil, por parte do revestimento (fig. 223).

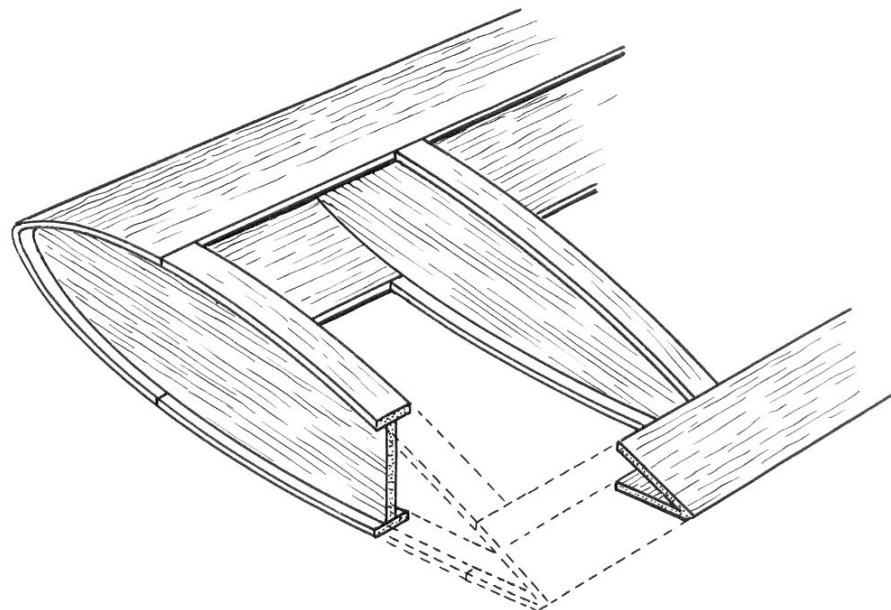


Fig. 223

Em modelos de Corridas e Velocidade empregam-se, com muita frequência, asas sólidas, construídas de balsa dura ou casquinha.

Em primeiro lugar, prepara-se uma prancha, isenta de nós e imperfeições, e recorta-se a vista em planta (fig. 224). Em seguida, com o auxílio de uma plaina ou bloco de lixa grande, desbastam-se as faces da prancha, de acordo com a grossura do perfil da asa. Vista de frente, a espessura da prancha diminuirá para os extremos.

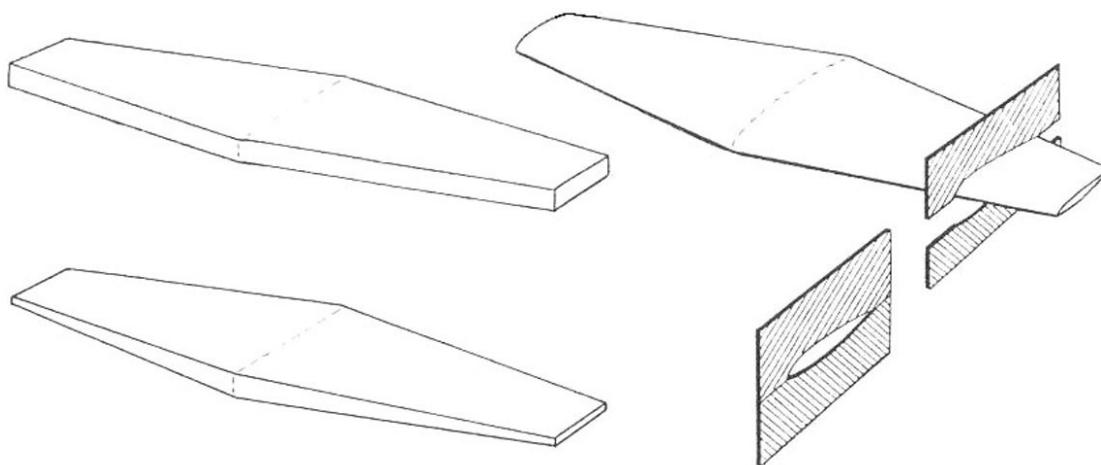


Fig. 224

Constroem-se depois diversas cérceas, correspondentes a diversas secções da asa; tantas quantas se achar conveniente.

Com grossa, limas e bloco de lixa se irá desbastando o intradorso e extradorso da asa até que se obtenha o perfil que as cérceas exigem.

Em modelos de Corridas e Escalas, é muito usada a asa forrada a balsa (fig. 225).

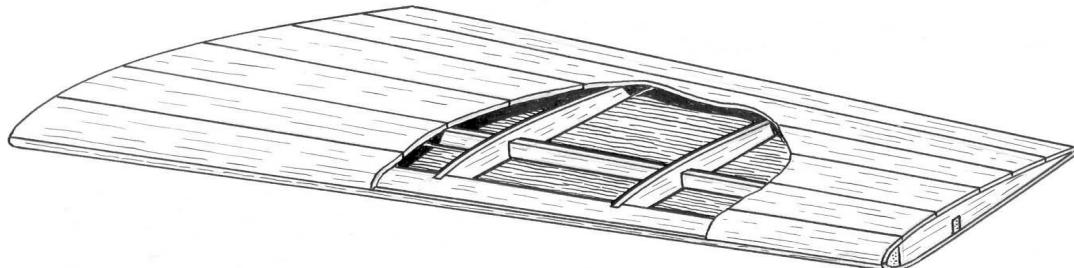


Fig. 225

A estrutura é do tipo clássico – com bordos de fuga e ataque, nervuras e longarina central –, que depois se cobre com tiras de balsa mole.

Uma asa assim construída fica muito resistente e permite acabamentos excelentes.

A FUSELAGEM

É muito variável o tipo de fuselagens. Se há modelos em que se emprega uma simples ripa, para servir de elemento de ligação da asa com as empenagens, outros há que exigem fuselagens complexas e muito trabalhosas.

Vejamos alguns dos sistemas de construção e montagem mais usados modernamente.

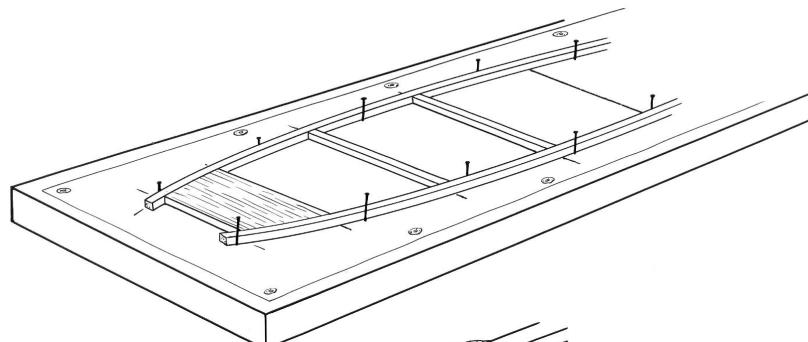


Fig. 226

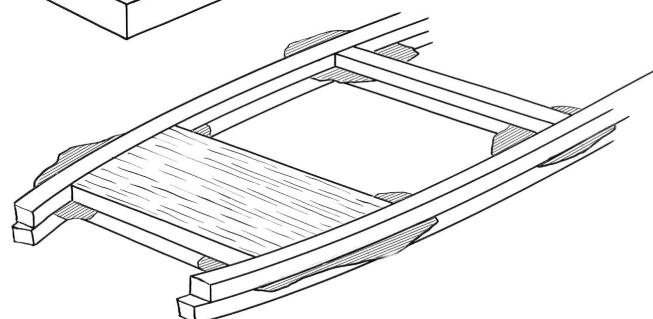


Fig. 227

A fuselagem clássica, do tipo caixão, usada em modelos dos mais diversos géneros, em especial nos de motor de borracha, é constituída por quatro longarinas longitudinais, de pinho ou balsa, unidas entre si por montantes e travessas.

Numa folha de papel, com que se cobre o estaleiro, desenha-se um dos lados da fuselagem. Preparam-se as varetas necessárias e instalam-se nos locais indicados no desenho, com o auxílio de pregos (fig. 226). Como é evidente, fixam-se primeiro ao estaleiro as duas longarinas longitudinais e só depois se vão cortando e colando os montantes e as peças terminais.

Acabado um dos lados, repete-se a operação, construindo o outro lado da fuselagem sobre o primeiro. Para evitar que fiquem colados um ao outro, usa-se colocar junto aos pontos de colagem pequenos pedaços de papel encerado ou vegetal fino (fig. 227).

Posto isto, e depois de bem secos, retiram-se do estaleiro ambos os lados, acabam-se convenientemente com lixa, colocando-se depois ao alto no estaleiro, para montagem das travessas.

Para isso, assentam-se os extremos sobre blocos, como indica a figura 228, e, com o auxílio de duas ou mais cavernas suplementares, que depois da fuselagem acabada se destroem, aperta-se todo o conjunto à tábua-estaleiro com fio ou elásticos. Assim, podem montar-se com facilidade e precisão todas as travessas.

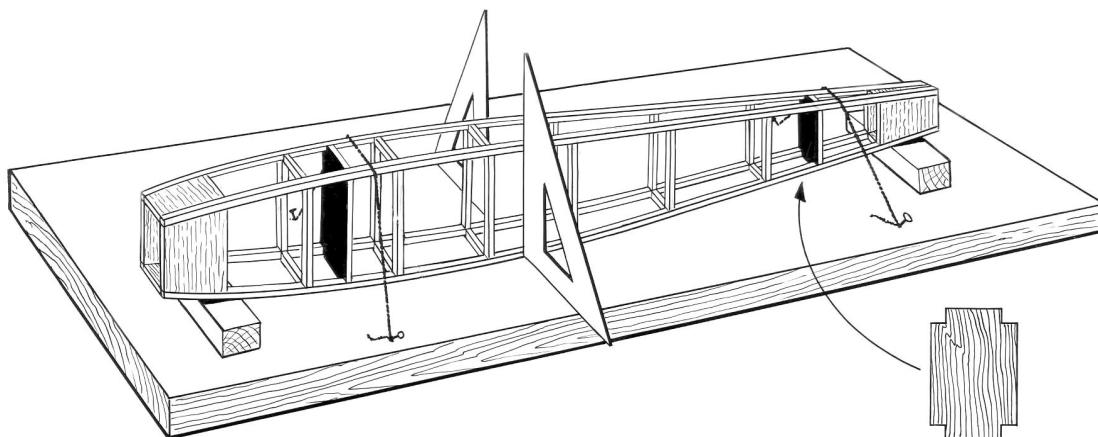


Fig. 228

Na montagem de qualquer tipo de fuselagem, deve escolher-se sempre a face de menor curvatura para assentar no estaleiro e, a partir daí, orientar o processo de construção.

Se a fuselagem não possui, no entanto, qualquer superfície plana que facilite o início da montagem – caso das fuselagens de secção oval ou redonda –, tomar-se-á como referência o plano das longarinas principais.

As figuras seguintes demonstram alguns processos práticos usados neste género de construção.

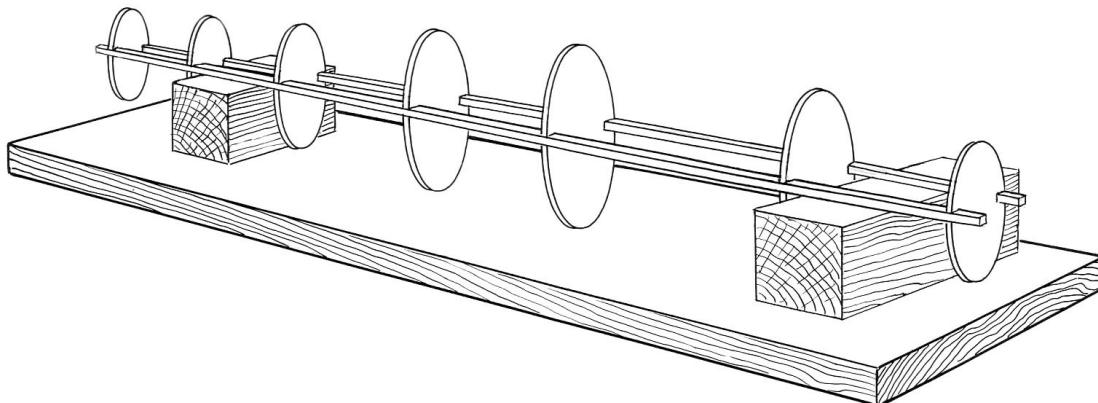


Fig. 229

Colocam-se previamente, ao longo das longarinas mestras e nos pontos indicados, todas as cavernas, que se comprimem entre as duas ripas, com o auxílio de elásticos circulares. O conjunto assim obtido assenta-se no estaleiro, sobre blocos da mesma altura (fig. 229).

Um outro processo consiste em pregar ao estaleiro, com as pontas saídas, um certo número de ripas fortes, sobre as quais, e fora da tábuia de trabalho, se instala o conjunto (fig. 230).

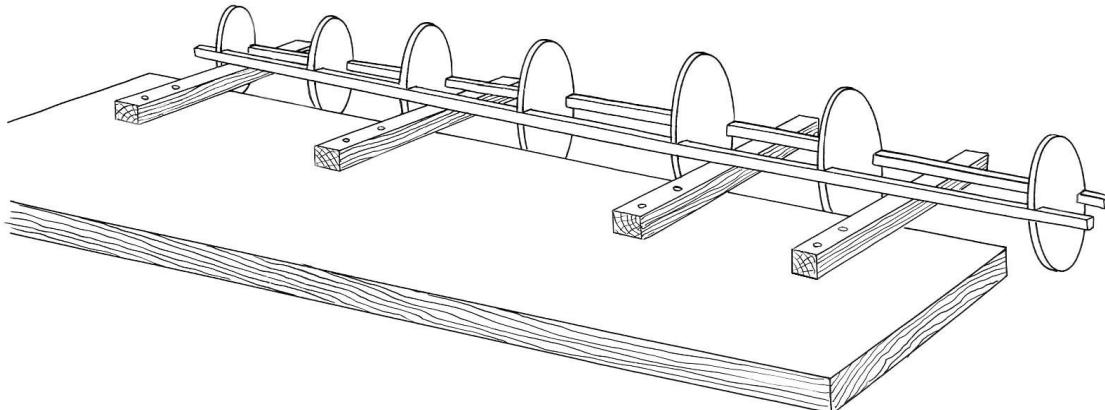


Fig. 230

No terceiro sistema indicado, as cavernas ficam embebidas no estaleiro, no qual se praticam previamente, com serrote, tantas fendas quantas as cavernas (fig. 231).

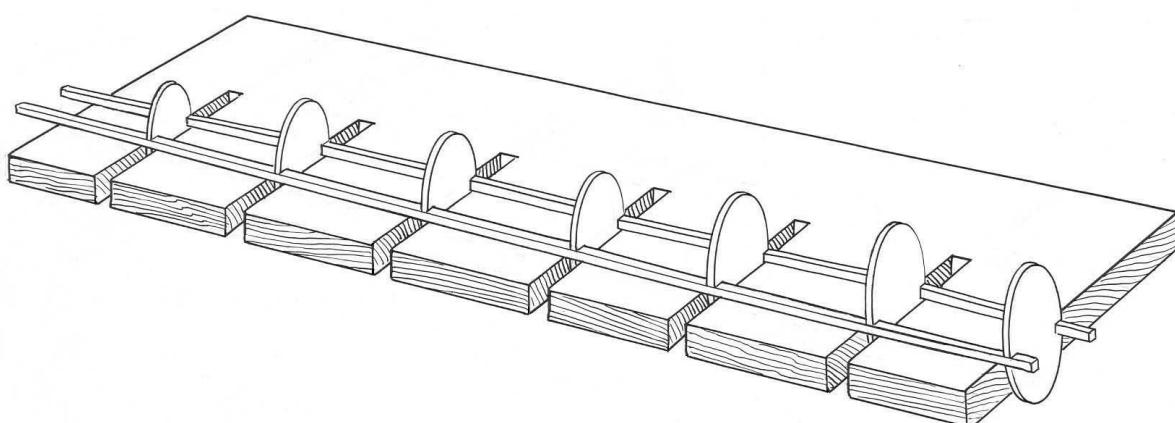


Fig. 231

Para este tipo de fuselagem, o último sistema é o mais correcto. Tem, no entanto, o inconveniente de inutilizar a tábuia de trabalho, e por isso se emprega apenas no caso de modelos que tenham de ser muito repetidos, como, por exemplo, na construção de modelos-tipo das Escolas de Aeromodelismo.

Em modelos com motor de borracha – «Wakefield», em especial –, está a usar-se com frequência a fuselagem tubular, em balsa, considerada ideal para estes modelos porque, além de ser muito resistente à torção, tem a vantagem de preservar consideravelmente, das poeiras e dos raios solares, a borracha do motor.

Um dos processos mais usados para realizar este género de fuselagem consiste em colar, umas às outras, tiras finas de balsa, recortadas de prancha de 3,2 ou 2,4 mm.

As tiras vão-se pregando com alfinetes a um molde de casquinha e colam-se bem justas umas às outras (fig. 232).

O molde é previamente encerado, para que as tiras se não agarrem quando das colagens.

No final, passa-se a fuselagem à lixa e cobre-se de papel ou seda, para a tornar mais forte.

Pode também conseguir-se uma resistente fuselagem tubular, enrolando sobre o molde duas tiras largas de balsa (fig. 233).

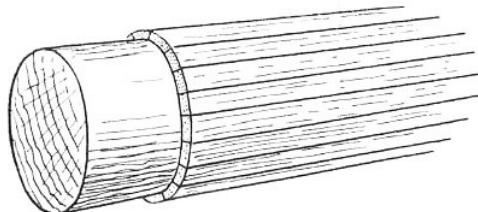


Fig. 232

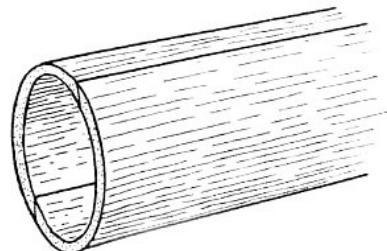


Fig. 233

Primeiramente, e apenas sobre uma das faces das pranchas, dá-se uma forte demão de verniz e introduz-se a balsa num banho de água bastante quente.

Enrolam-se então as pranchas no molde, com a face envernizada para o lado de dentro, e, assim, elas facilmente se adaptarão ao molde. Com uma ligadura, comprime-se fortemente toda a balsa contra o molde e deixa-se secar completamente. Finalmente, retira-se a ligadura, colam-se os topes, de preferência em bisel, e reveste-se toda a fuselagem a papel ou seda leve.

A utilizar-se este último sistema, há que escolher pranchas muito homogéneas, em densidade e fibra, caso contrário o enrolamento não sairá perfeito.

Em regra, as fuselagens tubulares são constituídas por duas partes distintas: a anterior, que encerra o motor de borracha e é normalmente cilíndrica, e a parte posterior (construída em balsa menos espessa), que se adapta perfeitamente à primeira e tem a forma de um cone alongado

Em especial nos modelos de voo circular, usa-se com frequência a fuselagem forrada a balsa. Emprega-se chapa de balsa fina (1,6 ou 2,4 mm) e em zonas de grande curvatura ripas estreitas, que se colam lado a lado e, depois de secas, se lixam, a fim de obter um bom acabamento (fig. 234).

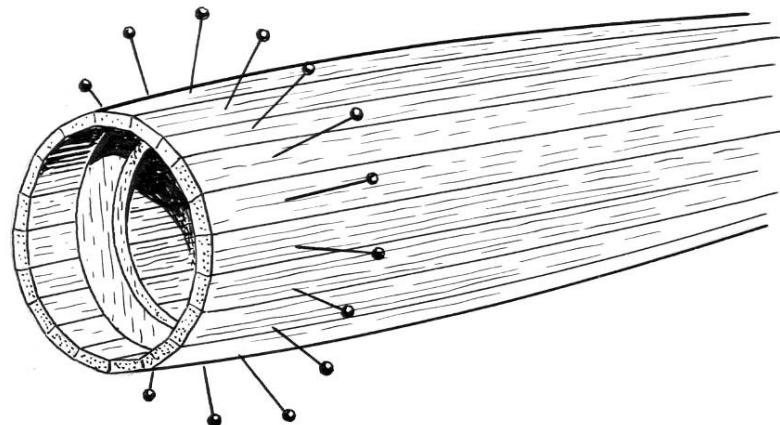


Fig. 234

Em muitos casos, porém, e se a forma da fuselagem não prevê curvaturas muita pronunciadas, usa-se um tipo de construção mais simplificado, que consiste em colar quatro pranchas grossas de balsa mole, que, depois de desbastadas convenientemente, permitem também formas muito arredondadas (fig. 235).

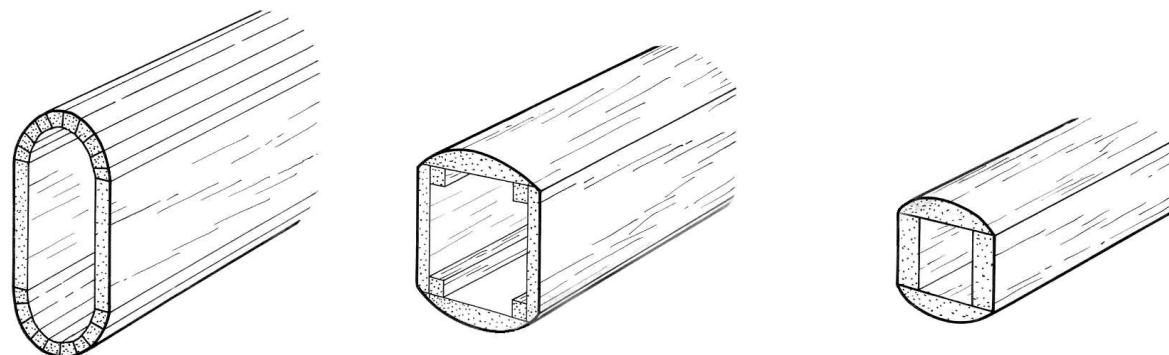


Fig. 235

Ainda em Voo Circular – Velocidade e Corridas – é muito usual a chamada fuselagem escavada. Ela é talhada de um bloco de balsa dura ou casquinha, que se desbasta interiormente a fim de se reduzir o peso. A figura 236 indica as principais fases de construção.

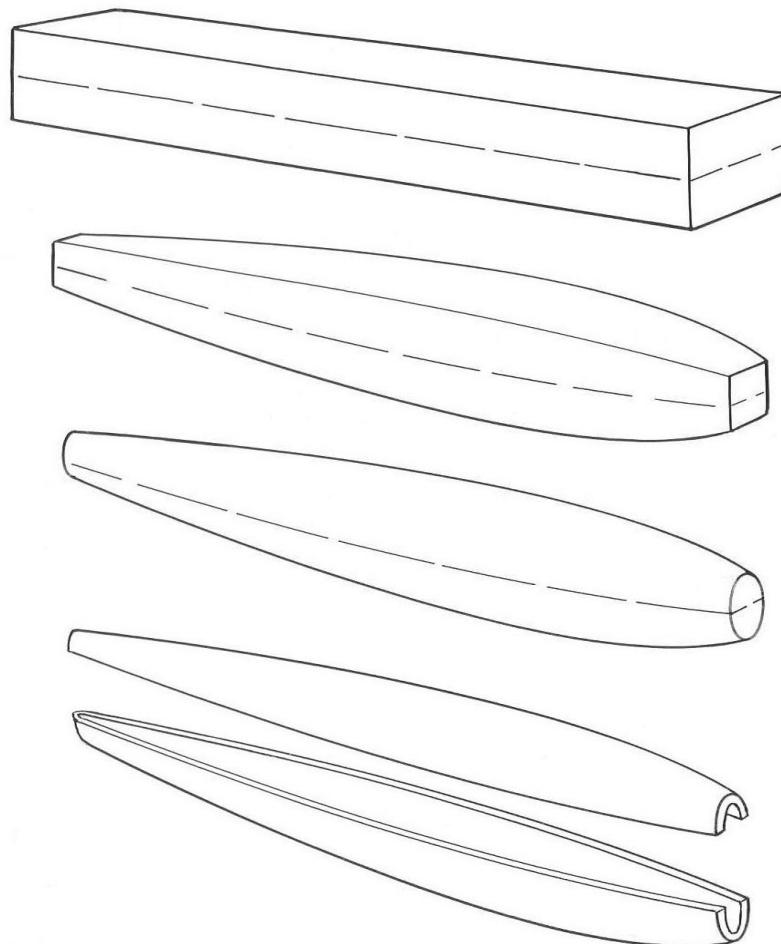


Fig. 236

A parte inferior, denominada vulgarmente casco, é executada, regra geral, em madeira mais rija (casquinha dura, faia, etc.), para poder servir de base segura à instalação do motor, asa e comandos.

O bloco desbistar-se-á interiormente, deixando paredes mais ou menos grossas, de acordo com a distribuição de pesos e resistências.

Em modelos de Velocidade é hoje considerado quase obrigatório o casco metálico, senão na totalidade, o que iria tomar o modelo muito pesado, pelo menos na parte anterior, onde vêm a ser aparafusados, directamente, o motor e, por vezes, também, a asa (fig. 237).

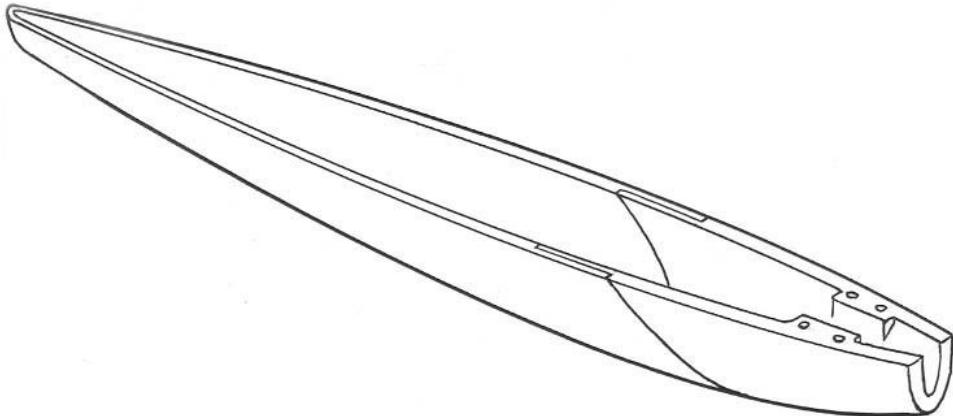


Fig. 237

Estas fuselagens permitem obter conjuntos muito rígidos, que absorvem bastante as vibrações.

De um bloco de madeira rija executa-se um molde de paredes finas (2 a 3 mm), que servirá para mandar fundir o casco em alumínio.

As imperfeições de fundição eliminam-se depois com limas e lixa fina, e o polimento final obtém-se empregando massa abrasiva, cada vez mais fina.

Todavia, a fuselagem ideal para modelos de Velocidade, aquela que fornece a melhor relação resistência/peso, é a chamada fuselagem de papel, com a parte anterior do casco fundida em alumínio.

Constituída por diversas camadas de fita de papel, coladas umas sobre as outras, é este género de construção muito moroso e requer certa paciência e habilidade.

Começa por se construir uma fuselagem sólida, em madeira rija, à qual se desconta uma espessura de cerca de 1,5 mm, que irá ser preenchida com as camadas de papel. No mercado existem bobinas de fita de papel gomado, com uma polegada de largura, ideal para este trabalho.

Coloca-se sobre o molde a primeira camada, com a goma para cima, a fim de se evitar que fique agarrada à madeira. As fitas de papel vão-se colocando lado a lado e transversalmente ao molde, sem sobrepor, e ajustando-as com alfinetes à forma do molde. As pontas das fitas prendem-se por baixo, com *punaises*.

A fita terá de se aparar com frequência a golpes de tesoura, para que se ajuste às reentrâncias do molde e não se sobreponha à tira do lado.

A segunda camada é disposta segundo o comprimento da fuselagem, isto é, perpendicularmente à primeira camada.

Sobre a goma passa-se com um pincel humedecido em água e, como na camada anterior, vão-se colando as tiras lado a lado, aparando-as sempre que elas tenham a tendência de se enrugar ou ficar coladas sobre as anteriores.

A direcção da terceira camada será normal à segunda, e assim por diante, até se obterem de quinze a vinte camadas.

De quatro em quatro camadas, pelo menos, deve parar-se com o trabalho por umas horas, a fim de deixar que a cola seque.

As tiras não se devem molhar em excesso, caso contrário o papel contrairá demasiadamente e será muito difícil retirar a fuselagem do molde.

Também se na mesma camada houver sobreposição das tiras, a superfície não ficará regular e a resistência será muito diminuída pela existência de chochos, no interior.

Depois de completamente seca, retira-se a fuselagem do molde e, com limas e lixa, aparam-se as faces e praticam-se as aberturas necessárias.

AS EMPENAGENS

A construção das empenagens, em especial da empenagem horizontal, assemelha-se muito à construção da asa, porque o plano estabilizador, sob o ponto de vista estrutural, não é mais do que uma asa de dimensões reduzidas.

Assim, os métodos de construção e montagem são idênticos aos recomendados para as asas do mesmo tipo. No entanto, os planos de cauda terão de ser o mais aligeirados possível, a fim de, por exigência de estabilidade, não se tornar necessário carregar demasiadamente o nariz e, consequentemente, aumentar em muito a carga alar do modelo.

Todavia, as empenagens, ainda que construídas com materiais leves, devem resistir bastante à torção. Por isso se usa modernamente, com muita frequência, a construção do tipo geodésico (fig. 238), que permite obter uma estrutura leve e pouco deformável.

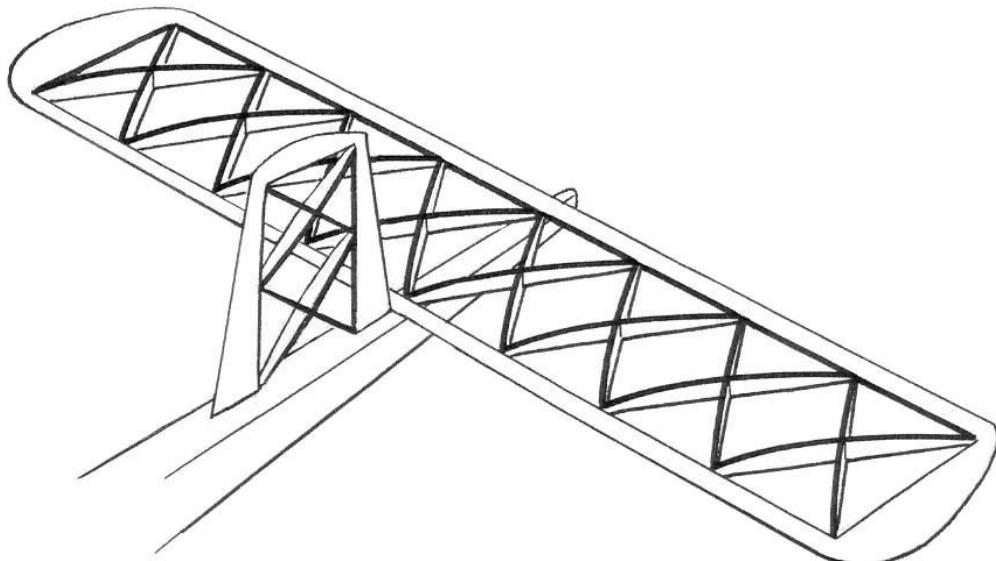


Fig. 238

As empenagens da maior parte dos modelos de Voo Circular são de construção mais simples, usando-se recortá-las de pranchas de balsa ou contraplacado, materiais que, por vezes, se empregam em conjunto para obter planos mais rígidos (fig. 239).

A parte móvel da empenagem horizontal, o leme de profundidade, fixa-se ao estabilizador por meio de dobradiças simples e leves, normalmente de pano.

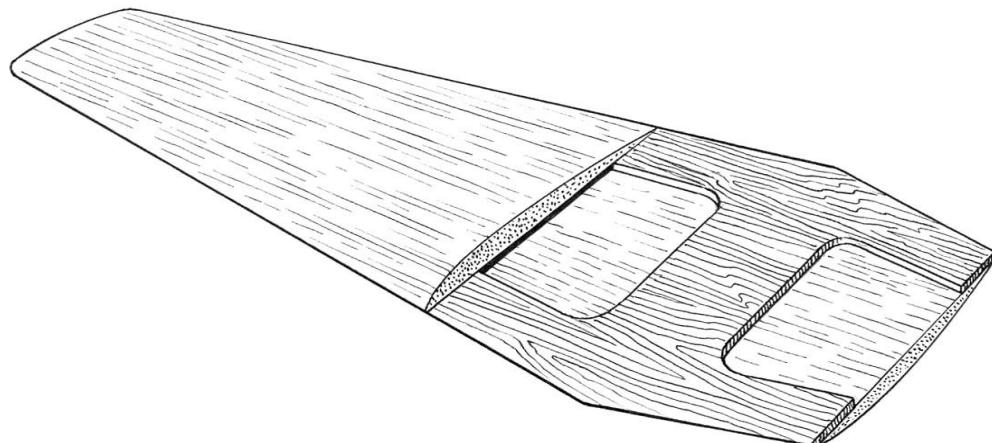


Fig. 239

Os tecidos que mais se empregam para este fim são a fita de nastro e o *nylon*, que se dispõem de modo a permitir que o leme se mova com precisão e sem atritos.

As figuras 240, 241 e 242 indicam os três métodos mais usados.

No primeiro caso colam-se rectângulos de fita de nastro. Uma das pontas é colada sobre o leme e a ponta oposta por baixo do estabilizador. O rectângulo seguinte colar-se-á ao contrário: no leme, por baixo, e no plano fixo, por cima (fig. 240).

O número de rectângulos depende das dimensões do estabilizador.

Um outro processo, usado em modelos de Acrobacia, é ligar o leme ao estabilizador com fio de pesca fino, ou fio de *nylon*.

O fio passa-se através dos furos previamente praticados, de modo que, quando sai por cima do leme, entra a seguir por baixo do estabilizador, e vice-versa (fig. 241).

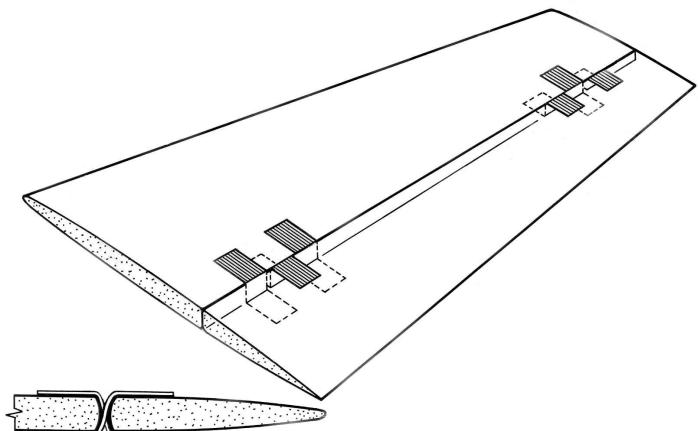


Fig. 240

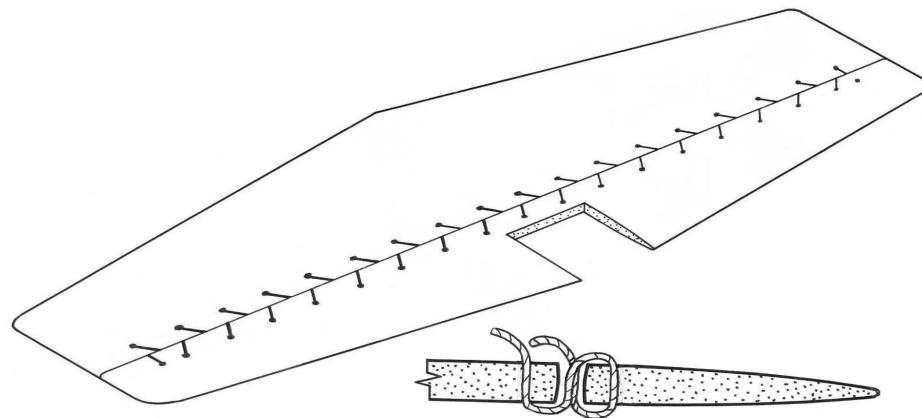


Fig. 241

O terceiro sistema (fig. 242) só pode ser empregado em empenagens constituídas por duas ou mais pranchas coladas.

Durante a colagem das pranchas introduz-se no interior uma banda de fita de nastro largo, ou *nylon*. A cola não será dada em abundância, para evitar que atinja a parte de pano destinada a dobrar.

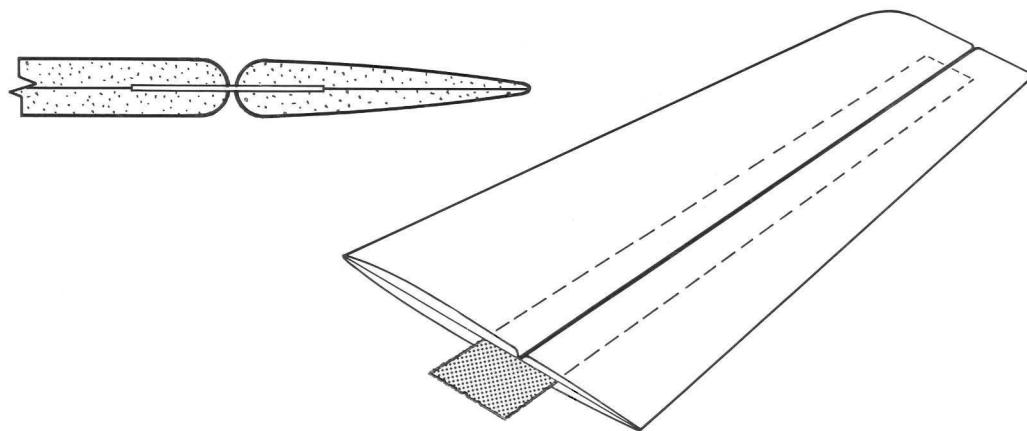


Fig. 242

A figura 243 mostra os diversos tipos de patilhas do leme que mais se usam para transmitir os movimentos da cruzeta de comando ao órgão de profundidade.

Os materiais mais apropriados para estas patilhas são o contraplacado de 2 mm, a chapa de latão de 0,5 mm e o arame de aço de 1,5 mm.

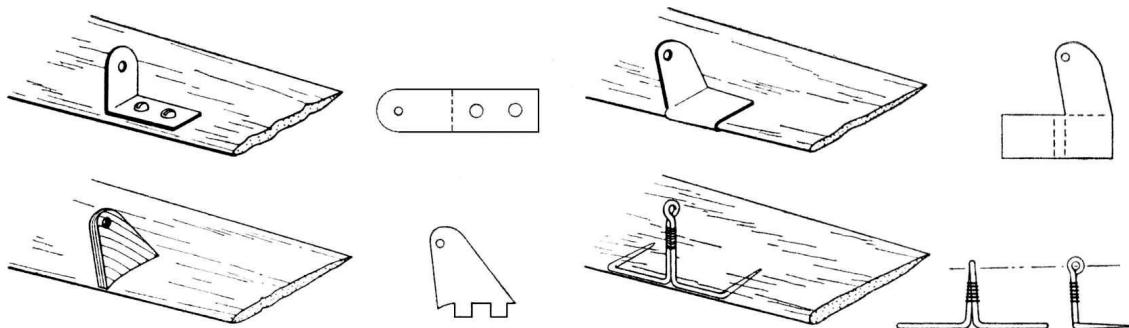


Fig. 243

O TREM DE ATERRAGEM

Modernamente, não exigem as normas regulamentares que os modelos de voo livre saiam do solo. Assim, podendo os modelos de competição ser lançados à mão, foi-lhes retirado, na maior parte dos casos, o trem de aterragem, considerado autêntico peso morto e resistência nefasta, que muito prejudicava as qualidades do voo.

No entanto, a maioria dos construtores, se bem que tenha feito desaparecer as rodas do trem, conserva ainda uma ou duas pernas, ou simples patins, que permitem impedir, em aterragens mais violentas, possíveis roturas da fuselagem ou de outros órgãos que tocam o solo.

Deste modo, é costume dotarem-se os modelos com motor de explosão ou de borracha com uma ou duas varetas de aço, de forma semelhante à indicada na figura 244, e colocadas bastante à frente do centro de gravidade do modelo, no local onde outrora era instalado o trem de aterragem. Assim se afastam o hélice e a fuselagem do contacto com o solo, durante a aterragem, que nem sempre se realiza nas melhores condições.

Em «borrachas» com hélices de pás dobráveis usa-se normalmente, logo a seguir ao nariz, como indica a mesma gravura, um patim de contraplacado, ou balsa dura, guarnecido com arame de aço. Neste caso as pernas são dispensáveis, dado que se admite uma aterragem com motor parado e, consequentemente, com as pás do hélice recolhidas à fuselagem.

Também muitos planadores são dotados de patins, que, além de impedirem estragos na fuselagem, servem para a colocação do gancho de reboque.

Cabe aqui uma rápida referência aos diversos tipos de ganchos mais utilizados.

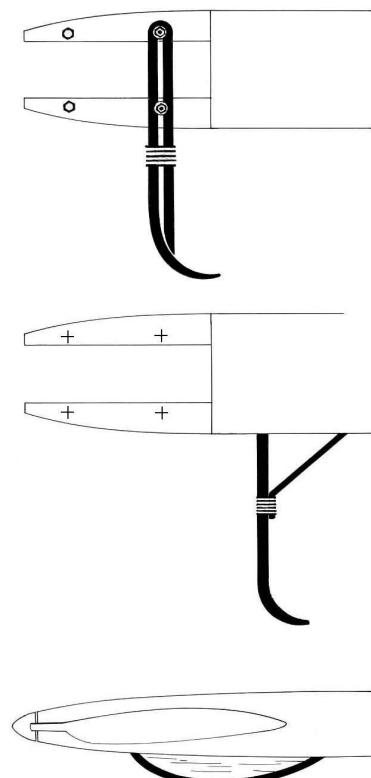


Fig. 244

O gancho de lançamento

O gancho tem de ser suficientemente robusto para suportar a forte tensão sofrida durante o lançamento. Assim, usam-se, em regra, ganchos de aço (arame de 1 ou 1,5 mm) fixados solidamente ao patim, ou a uma peça interior forte, no caso da não existência de patim, por meio de uma ligadura com linha forte, sobre a qual se aplica uma camada de cola (fig. 245).

Em modelos pequenos e frágeis pode aproveitar-se o patim, praticando nele, como indica a figura, algumas ranhuras que substituem o gancho.

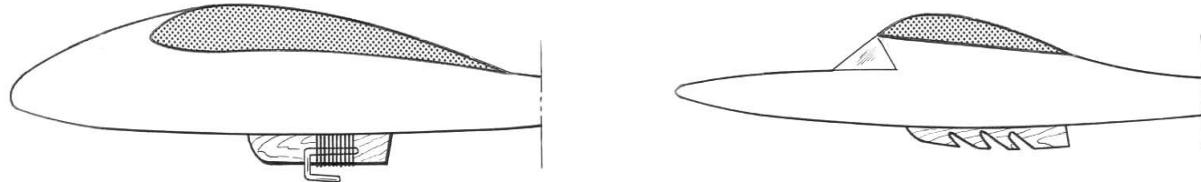


Fig. 245

Só em planadores conhecidos do construtor, ou de planos comprovados, se usam ganchos de reboque fixos de uma forma permanente. Na maior parte dos casos, empregam-se ganchos móveis, dos quais os tipos mais em voga estão representados na figura 246.

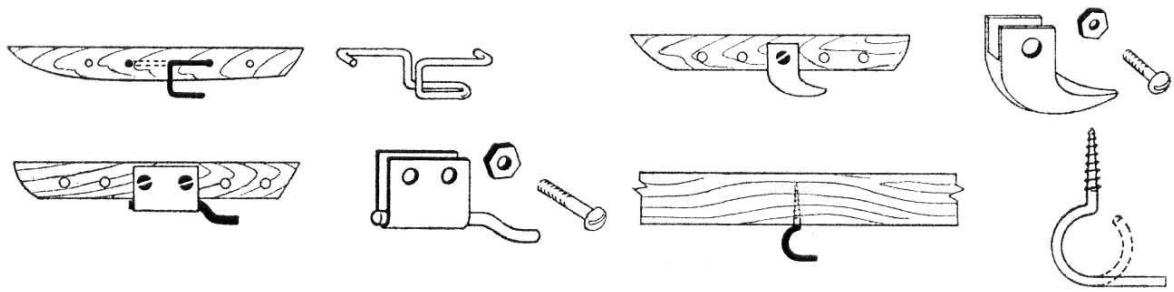


Fig. 246

Trens de voo circular

No Voo Circular continua a usar-se o trem clássico.

A figura 247 mostra claramente diversos processos de instalação de trens de aterragem em modelos de controlo por cabos, usando-se como suporte uma forte caverna.

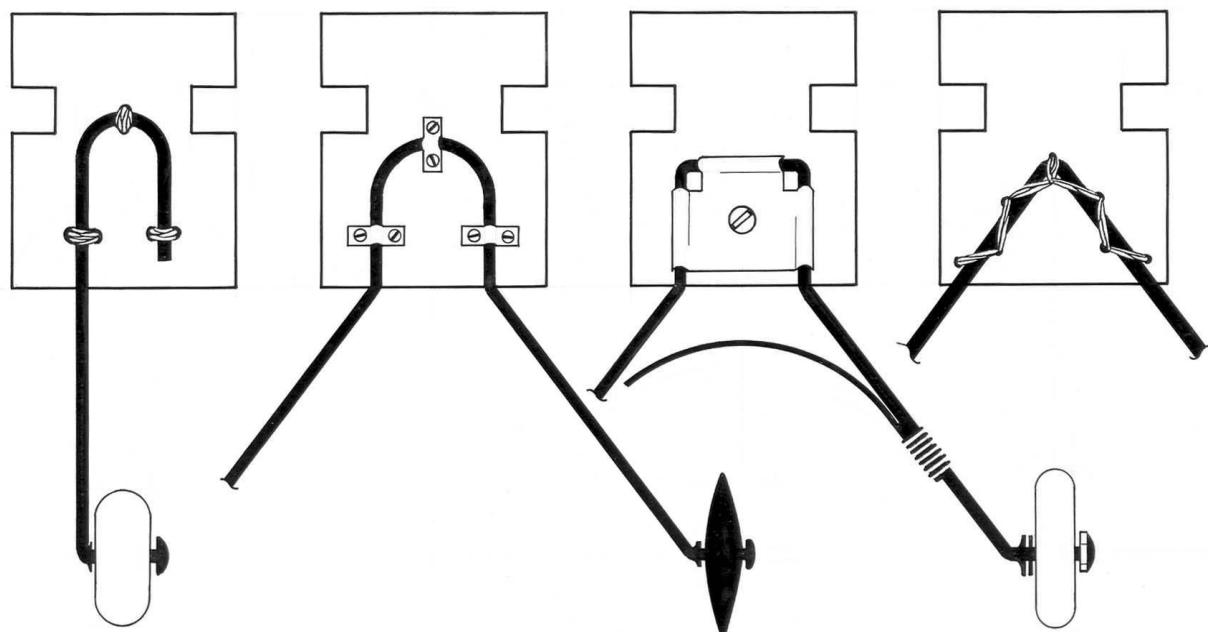


Fig. 247

Na figura 248 estão representados mais dois sistemas de instalação por ligadura, em longarinas da asa e berço-motor.

Permitem as normas regulamentares que os modelos de Velocidade possam abandonar o trem. Assim, adoptam-se fundamentalmente dois sistemas: trem de aterragem largável e carro de descolagem.

O primeiro caso, bastante mais primário que o segundo, consiste em colocar na fuselagem dois tubos que dão entrada a dois espigões do trem (fig. 249). O terceiro ponto de apoio é dado pela cauda.

Logo que o modelo descola, o trem cai naturalmente, em virtude do próprio peso e da vibração.

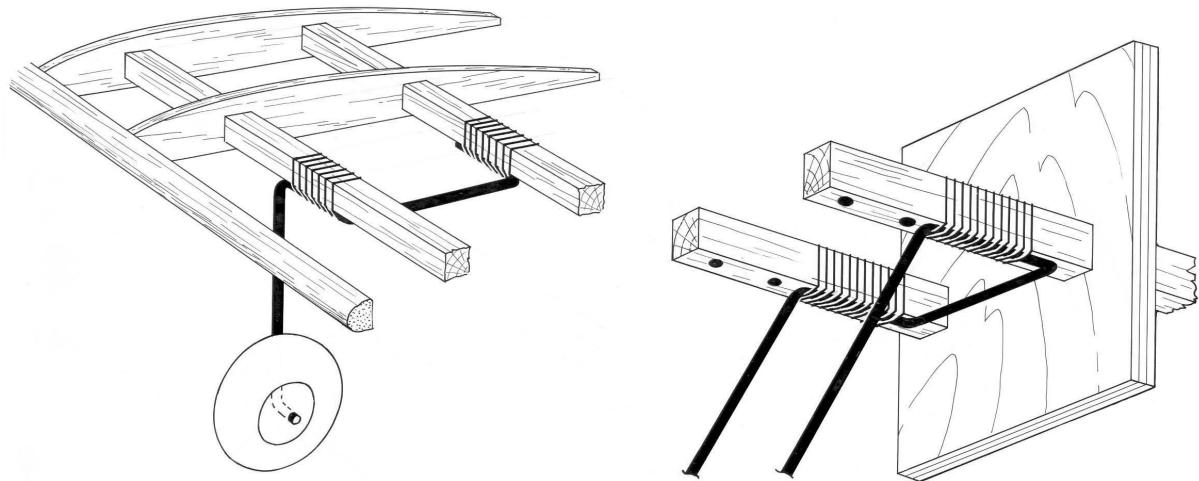


Fig. 248

O carro de descolagem é, no entanto, o processo ideal para a rolagem destes modelos.

O carro que a figura 250 representa, um dos mais completos e seguros que se conhecem, tem a particularidade de só libertar o modelo depois de este ter conseguido uma certa sustentação.

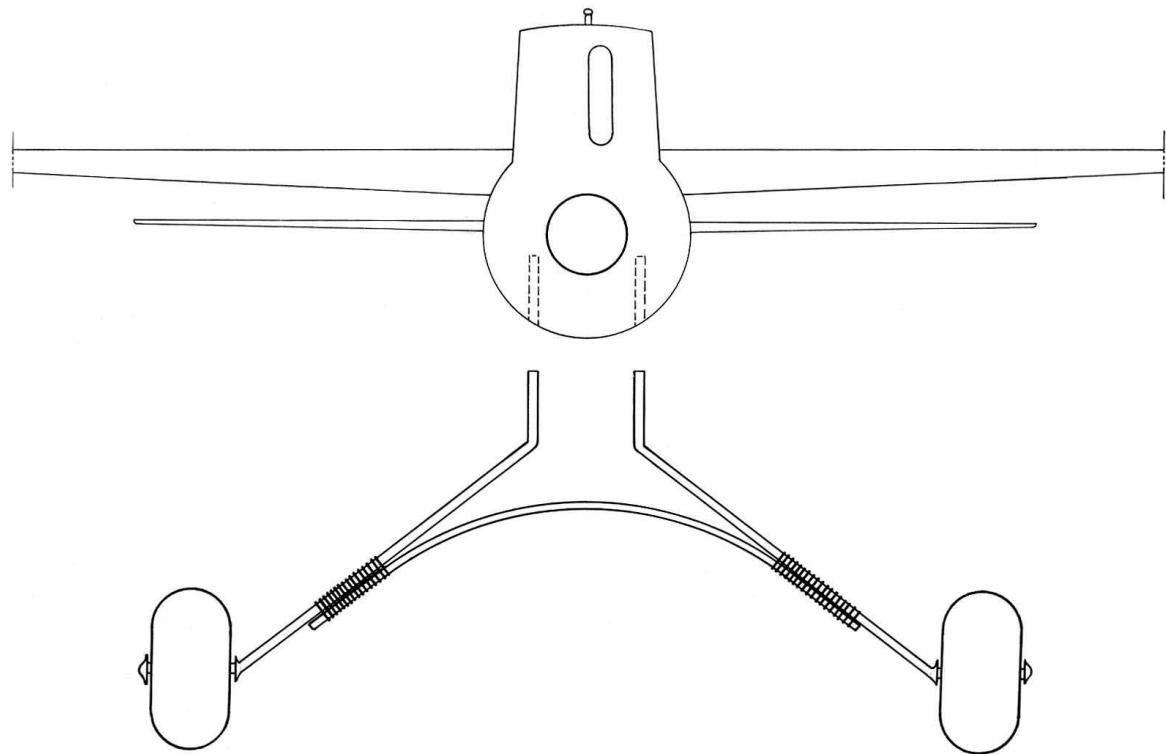


Fig. 249

O modelo está preso ao carro por meio de duas patilhas que abraçam a asa. Essas patilhas só libertam o modelo quando este, criada a sustentação conveniente, levanta o carro uns centímetros do solo, e o tirante, que se mantém junto ao chão, em virtude do peso que possui na ponta, e serve de travão às patilhas, as liberta, deixando sair o modelo.

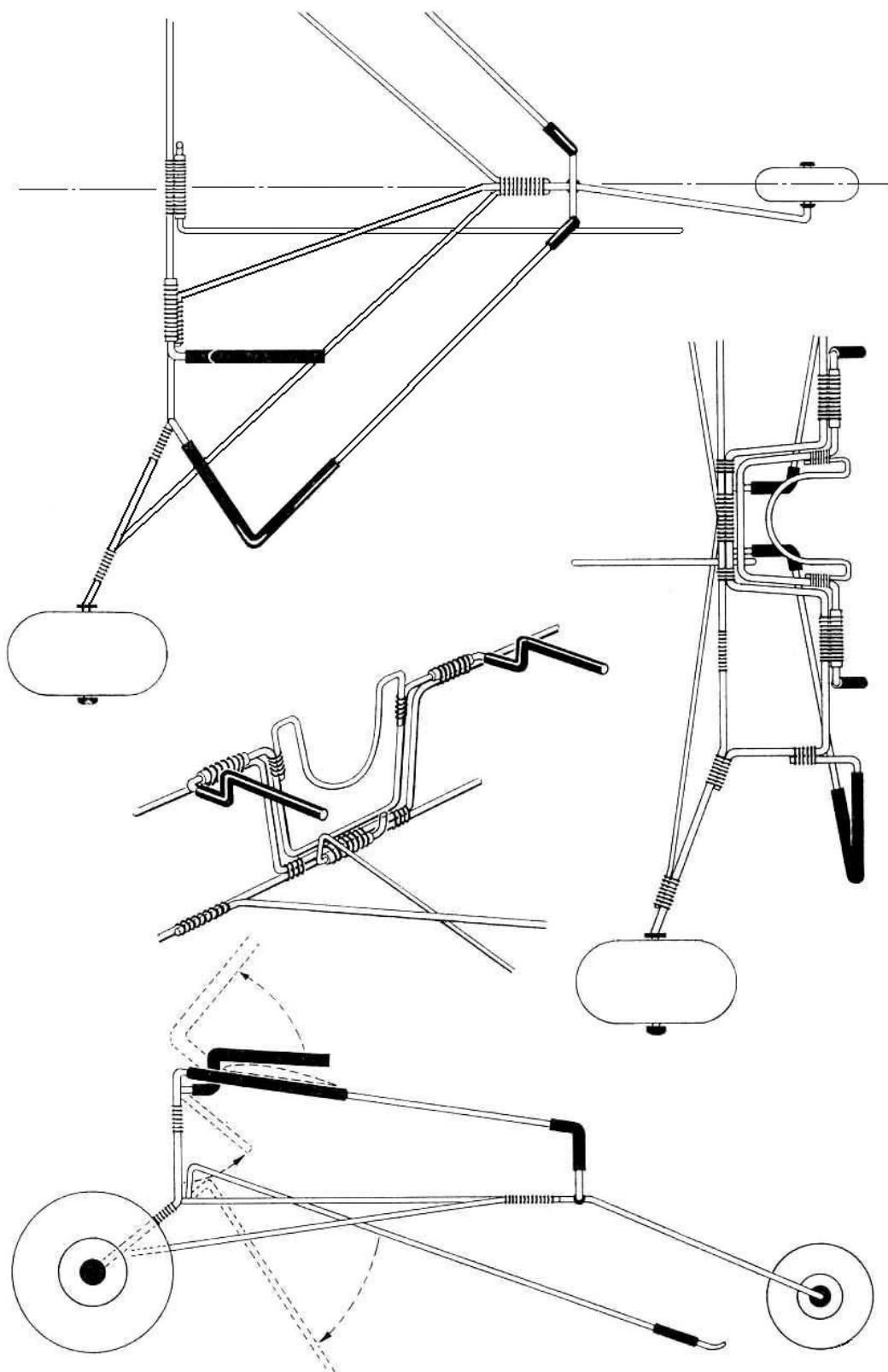


Fig. 250

ENTELAGEM E ACABAMENTO

A entelagem e acabamento influem, em grande parte, nas qualidades aerodinâmicas de um modelo. Daí o cuidado e paciência que é necessário depositar quando da aplicação da cobertura, para que as formas previamente estabelecidas, em especial o perfil da asa, não venham a ser alteradas.

A estrutura, depois de ter sido dada como terminada, deve ser passada com lixa fina, a fim de se lhe eliminar qualquer aspereza dos materiais, como, por exemplo, rugosidades da balsa, protuberâncias provocadas por cola em excesso, etc.

Assim, só depois de se haver verificado toda a estrutura em pormenor se deve dar início ao revestimento do modelo, usando os materiais adequados a cada caso.

Os modelos são entelados normalmente a papel, tecido muito fino e leve ou balsa. Só em casos muito especiais se usam outros materiais, como cartolina, contraplacado (de 0,6 ou 0,4 mm) ou metal (alumínio de 0,2 mm).

Os papéis mais empregados no revestimento de modelos, e fabricados expressamente para o Aeromodelismo, são os chamados papel «*modelspan*» e *papel-japão*, necessitando, qualquer deles, ser devidamente envernizados para adquirirem a consistência indispensável.

O papel *modelspan* é apresentado em diversas cores e em três tipos: pesado, médio e leve. É muito poroso, mas, depois de envernizado, adquire a resistência necessária.

Emprega-se a seco, podendo, no entanto, ser humedecido para mais fácil aplicação em zonas de grande curvatura.

O *papel-japão* é bastante transparente e fino, apresentando uma cor ligeiramente amarelada. É aplicado a seco e, em virtude da sua extraordinária leveza, usado apenas em modelos ligeiros.

Na entelagem podem ainda usar-se outros papéis, desde que sejam leves, resistentes, inalteráveis aos vernizes e possuam uma elasticidade regular e resistência à velhice.

Também em construções mais resistentes se usa o tecido para reforçar ou entelar. Os mais apropriados são a seda e o *nylon*, que se empregam para cobrir asas de modelos de grandes dimensões (Acrobacia, Planadores, etc.) e fuselagens que se pretende venham a apresentar bastante robustez.

O revestimento a balsa usa-se em modelos rápidos (de Velocidade, Corridas, etc.), nos quais o papel ou a seda se mostram de pouca eficiência.

Entelagem

Ao iniciar a entelagem, a mesa de trabalho deve tornar-se completamente limpa e resguardada, com uma folha de papel, por exemplo, para a proteger dos pingos da cola e do verniz.

Antes de se principiar o trabalho de recorte do papel, deve procurar-se conhecer a direcção da fibra, que é normalmente paralela à margem de maior dimensão da folha de papel. Há um processo prático de a determinar, que consiste em rasgar a folha a partir das margens. A fibra coincide com o sentido da mais fácil rotura.

Como se sabe, o papel, ao secar, depois de ter sido humedecido, apresenta diferentes contracções, maiores na direcção da fibra e menores na direcção cruzada.

Desta forma, o papel orientar-se-á nas diversas zonas a cobrir, tendo em atenção que a direcção da fibra será aquela que proporcionará maiores flechas. Assim, por exemplo, uma asa deverá ser revestida de modo que a fibra do papel faça um ângulo de 90° com as nervuras. O contrário iria ocasionar um enorme abatimento do papel entre nervuras, falseando o perfil da asa.

Os papéis para Aeromodelismo (*modelspan*, etc.), os mais leves em especial, aderem perfeitamente à estrutura, passando-se sobre eles, e nos locais a colar, com um pincel rijo embebido em verniz celuloso. Coloca-se o papel, à vontade, sem o esticar, e passa-se com o pincel, duas ou três vezes, ao longo dos contornos dos elementos a recobrir. O verniz passa através dos poros do papel e, depois de seco, mantém-no bem colado à madeira.

Com papéis mais fortes usar-se-á cola branca para papel, diluída convenientemente.

No extradorso da asa, basta dispor a cola apenas nos contornos; as nervuras e longarinas intermédias colar-se-ão ao papel quando a superfície for envernizada. Já no intradorso, e se a perfil for côncavo, será conveniente colar o papel às nervuras.

Os bordos marginais foram-se depois. Ou se praticam no papel diversas cortes, como indica a figura 251, ou se recorta à parte um pedaço de papel, de modo a ajustar-se perfeitamente ao bordo (fig. 252).

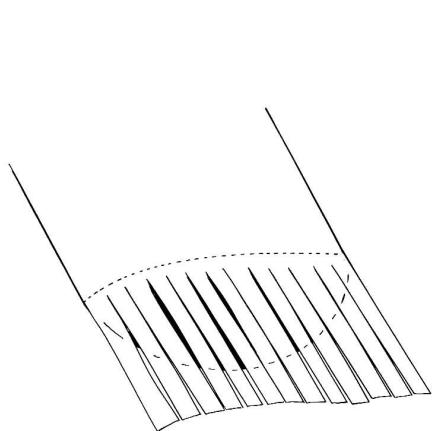


Fig. 251

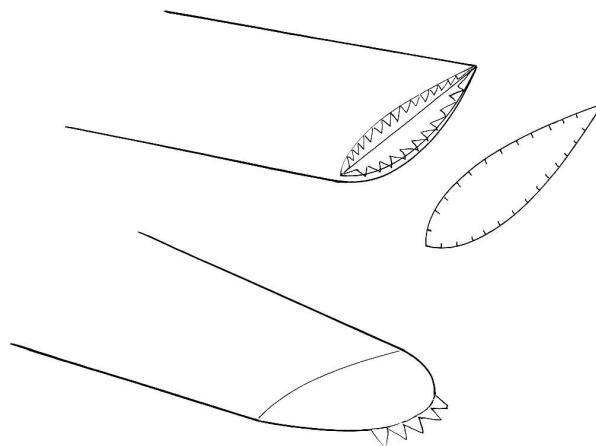


Fig. 252

Na margem de 2 ou 3 mm, deixada em excedente, praticam-se à tesoura alguns cortes e rebatem-se as pontas para o intradorso.

O revestimento, depois de colado, deve apresentar superfícies lisas, sem rugas. Se o papel estiver mais esticado nuns lados do que noutras, ao ser envernizado, ele exercerá diferentes tensões ao longo da mesma superfície e empenará a estrutura.

O ventre e o dorso da asa foram-se separadamente; regra geral, primeiro o intradorso, depois o extradorso.

No bordo de ataque as superfícies sobrepõem-se; no borda de fuga o papel é cortado a topo (fig. 253).

Nos diedros, bem como em asas, cuja forma não permite revesti-las de uma só vez, interrompe-se o forro, utilizando as nervuras para rebater a margem do papel, em pequenos cortes.



Fig. 253

Aliás, quer nas asas, quer em qualquer outra parte do modelo, sempre que haja necessidade de interromper o revestimento, devem sobrepor-se as superfícies.

O revestimento a *nylon* ou seda é semelhante, com exceção das colas usadas, que terão de ser mais fortes, e da ausência de rugas, com as quais se terá de ser mais exigente, pois o tecido não se contrai tanto como o papel, depois de envernizado.

Nos revestimentos a balsa há especialmente que cuidar da orientação da fibra da madeira, já que esta não possui tanta maleabilidade como o tecido ou o papel. Assim, o revestimento far-se-á por partes e, em zonas de maior curvatura, com ripas estreitas, que se irão colando lado a lado, com o auxílio de alfinetes, molas de madeira, grampos, etc.

A figura 254 mostra duas fases de entelagem a balsa, numa asa.

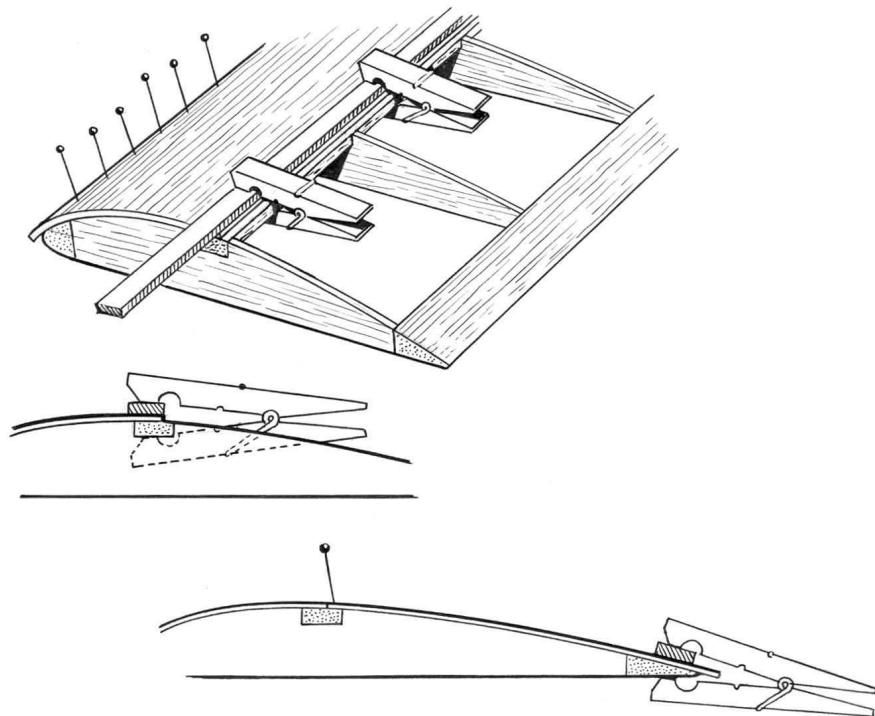


Fig. 254

Acabamento

Finalmente, o modelo terá de ser envernizado ou pintado, para que o revestimento se torne impermeável ao ar e à água e para que toda a estrutura adquira uma maior robustez.

Porque a tinta é bastante mais pesada do que o verniz, os modelos de Voo Livre são, normalmente, envernizados.

Usa-se o verniz celulósico, ou *dope* diluído, que são constituídos, em regra, por celulose dissolvida em produtos voláteis, como a acetona.

Entre nós é muito usado o verniz banana, bastante mais barato do que o *dope* e possuindo também boas qualidades. Este verniz é, no entanto, quebradiço, pelo que se torna necessário juntar-lhe cerca de 10 gotas de óleo de rícino, por litro.

Emprega-se também o verniz sintético, que dá um maior brilho, mas seca mais lentamente e contribui em muito menor escala para a contracção do revestimento.

O verniz dá-se com uma trincha de pêlo macio e a primeira camada deve ser desdobrada com o diluente próprio.

Se o verniz for celulósico e o papel fino, este contrair-se-á o suficiente logo à primeira demão. No caso de papéis pesados ou muito consistentes e vernizes sintéticos, toma-se necessário, antes de aplicar o verniz, humedecer o papel com água para que ele se tome tenso. O humedecimento deve ser feito com um pulverizador ou, na sua falta, com um pedaço de algodão embebido em água.

O número de demões é variável. Um papel pesado e muito poroso necessitará de três ou quatro demões, enquanto para o papel leve, num modelo ligeiro, bastam uma a duas demões.

A seda ou o *nylon* necessitam de bastantes camadas de verniz para impermeabilizarem.

Em qualquer caso, porém, deve limitar-se o número de demões ao estritamente necessário, para não aumentar em demasia a carga unitária.

Os modelos forrados a balsa são, em regra, revestidos previamente com papel fino e só depois lhes é aplicado o envernizado. O papel é colado com pinceladas de verniz, e assim, sem grande excesso de peso, se consegue tapar a maior parte dos poros da balsa.

Sobre esta camada de papel dá-se então o acabamento, aplicando directamente o número de camadas de verniz ou de tinta convenientes.

No entanto, a balsa é de tal forma porosa que, para obter um polimento impecável, não basta cobri-la com papel e dar-lhe tinta. Em especial nos Escalas, em que se torna indispensável conseguir superfícies espelhadas, o modelo terá de ser submetido a um acabamento mais esmerado.

Sobre o revestimento de papel fino dá-se uma demão de verniz. Em seguida pincela-se o modelo com camadas sucessivas de tapa-poros, produto que se pode obter economicamente juntando pó de talco a verniz celulósico. Assim se consegue uma pasta esbranquiçada, mais ou menos espessa, que pode com facilidade aplicar-se a pincel.

Depois de a primeira camada ter secado suficientemente, passa-se com lixa de água (a seco) toda a superfície. Aplicam-se novas camadas até desaparecerem todos os poros, que se distinguem claramente depois das passagens à lixa.

Só depois de se ter alcançado uma superfície perfeitamente lisa se aplica a tinta, bastando em muitos casos apenas uma demão para obter um acabamento excelente.

Sobre um tapa-poros celuloso pode aplicar-se, indistintamente, tinta celulósica ou sintética. No entanto, sobre uma base sintética, não poderá nunca usar-se tintas ou vernizes celulósicos.

As tintas sintéticas possuem grande brilho; as celulósicas, ao contrário, terão de ser submetidas a polimento, com massa de polir ou outro abrasivo adequado.

Nos modelos equipados com motores *glow-plug*, deve tomar-se em atenção que o metanol do combustível ataca as tintas e vernizes celulósicos. Assim, usar-se-á tinta de esmalte resistente àquele produto ou aplicar-se-á, sobre o celuloso, verniz anti-mistura, que se encontra à venda nas casas da especialidade.

Nos modelos destinados a provas de duração deve escolher-se criteriosamente a cor do revestimento a empregar, quer para uma mais longa visão do modelo em voo – não se deve esquecer que os cronometristas terão de interromper a contagem, quando perderem de vista o modelo –, quer para uma procura mais rápida do modelo, no solo.

Assim, o extradorso da asa deverá ser revestido de cores claras que contrastem com o verde ou acastanhado do terreno, e o intradorso, bem como a fuselagem, de cores que se distingam facilmente no azul ou cinzento do céu, como o laranja, encarnado, etc.

CAPÍTULO X

LANÇAMENTOS

PLANADORES

Os lançamentos de planadores fazem-se por meio de um cabo que as normas regulamentares não permitem tenha um comprimento superior a 50 metros.

O cabo de lançamentos é constituído por um fio fino e resistente, de *nylon* ou de pesca, que tem numa extremidade uma pequena argola para introduzir no gancho de lançamentos instalado na fuselagem.

Junto da argola prende-se uma bandeirola, que tem por função criar uma certa resistência que fará sair a argola do gancho quando a tensão do cabo for eliminada e, em prova, mostrar claramente aos cronometristas o início do voo. O fio deve ser enrolado numa bobina apropriada. A figura 255 reproduz uma bobina que serve simultaneamente como punho.

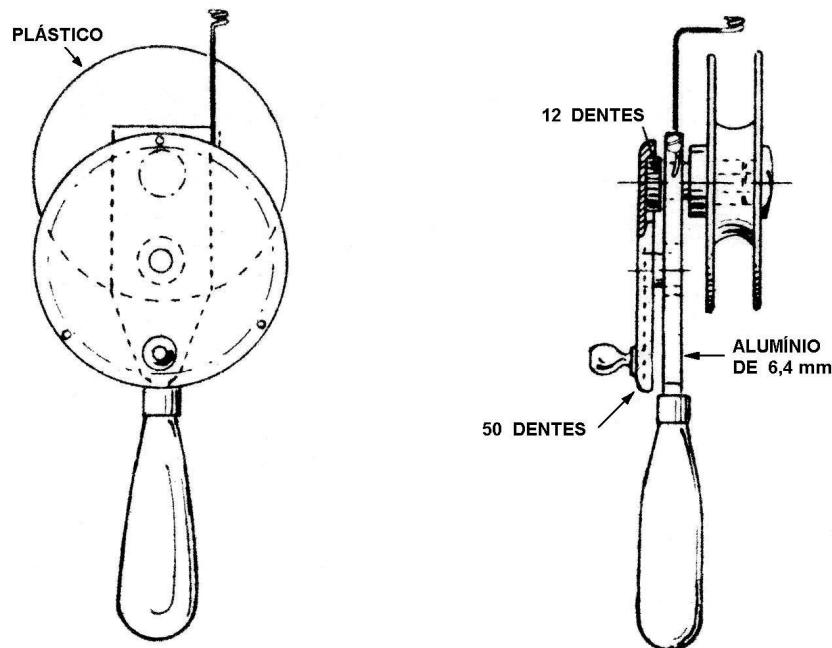


Fig. 255

No lançamento um ajudante segura o modelo em posição de voo, um pouco acima da cabeça e contra o vento. Na outra extremidade do cabo encontra-se o operador.

A um sinal determinado, ajudante e operador movimentam-se para a frente, iniciando uma ligeira corrida, sempre com o cabo esticado.

Em duas ou três passadas, o ajudante sentirá o planador a tentar elevar-se. Deve largá-lo nessa altura, tendo o cuidado de o libertar exactamente na direcção do cabo, com o nariz um pouco inclinado para cima (fig. 256). O modelo não deve ser empurrado, ou forçado a uma direcção diferente da natural, tentando-se corrigir qualquer defeito momentâneo.

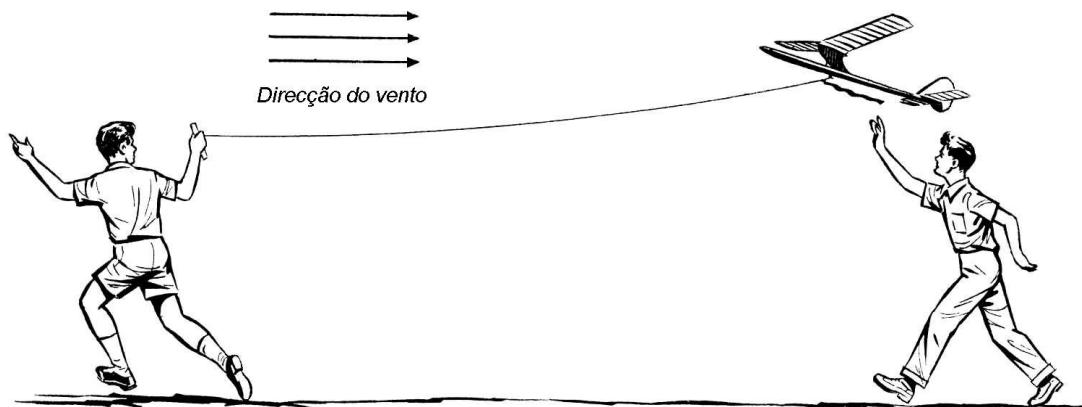


Fig. 256

O modelo iniciará então um voo ascensional, tanto mais rápido quanto maiores forem as velocidades do vento e da corrida..

Sempre com o cabo esticado, o modelo atingirá a altura máxima, se estiver bem equilibrado. É nessa altura que o operador alivia o cabo para que o planador se solte.

A maneira de soltar o cabo de reboque influí grandemente no voo.

Momentos antes da largada, deve reduzir-se a tensão do cabo e deixar parar o modelo para que ele se desprenda suavemente e fique entregue aos seus próprios meios, sem violência.

Se, durante o reboque, o modelo se inclinar à esquerda ou à direita, o operador deve corrigir rapidamente o defeito, aliviando a tensão do cabo e correndo, depois, para o lado contrário.

Pode, no entanto, acontecer que o modelo se endireite quando do afrouxamento, mas volte a repetir a mesma inclinação defeituosa, quando a tensão do cabo for, de novo, aumentada. Neste caso, há que procurar a imperfeição no próprio modelo, verificando o equilíbrio das asas, a posição do gancho, etc.

Sem dúvida, um dos factores mais importantes no reboque de planadores é a posição do gancho de lançamentos. A zona considerada óptima pela maior parte dos aeromodelistas encontra-se na região assinalada na figura 257.

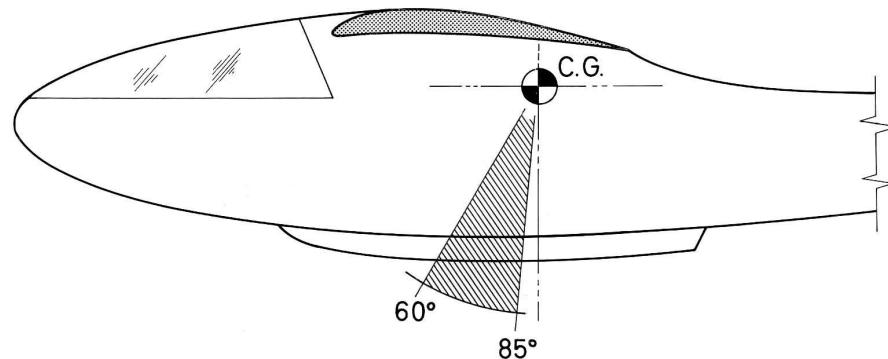


Fig. 257

Se o gancho se encontrar muito avançado, formando com o eixo longitudinal um ângulo inferior a 60°, haverá sempre oscilação lateral durante o reboque e o modelo não subirá o suficiente.

Se, pelo contrário, o gancho estiver para além dos 85°, o modelo encabritar-se-á, rodando subitamente sobre si mesmo, e soltando-se do cabo. Nestas condições o reboque será impossível.

A solução para estes casos, como se torna evidente, consiste em mover o gancho ou alterar a posição do centro de gravidade.

A distância do gancho ao C.G. não tem qualquer efeito na estabilidade de reboque; o que importa é a colocação angular.

Quando se reboca um planador com tempo calmo, as suas pequenas imperfeições podem passar despercebidas. Por isso se torna conveniente fazer alguns ensaios puxando com velocidade, para simular condições de vento forte.

A baixa velocidade, se, por exemplo, a ponta esquerda da asa tiver uma maior incidência, ela tenderá a criar uma resistência ao avanço adicional, o que fará o modelo rodar à esquerda. No entanto, se a velocidade de reboque for aumentada, a asa esquerda criará sustentação em excesso e o modelo inclinar-se-á para a direita.

Também a posição do centro de área lateral tem certa importância no reboque. Se o C.A.L. estiver muito recuado, o modelo, devido ao efeito de cata-vento, será sempre muito sensível a rajadas de vento lateral ou turbulências. Um modelo nestas circunstâncias sai muito facilmente do alinhamento do cabo e oscila violentamente ao mínimo golpe de vento, tornando as subidas muito críticas.

Se o C.A.L. estiver mais próximo do centro de gravidade, o modelo resiste mais ao efeito de rotação em torno do eixo vertical e reagirá, necessariamente, com maior lentidão. Sob a ação de um golpe de vento lateral o planador terá, pois, tendência a "glissar", não se afastando muito do alinhamento do cabo.

MODELOS COM MOTOR DE BORRACHA

Lançar um modelo com motor de borracha consiste em dar, com o auxílio de um berbequim, o número de voltas previstas à meada de elástico e impulsionar o modelo à mão, segundo uma trajectória próxima da sua atitude normal de subida (fig. 258).

O lançamento em si não tem grande dificuldade; o mesmo, todavia, não se pode dizer da centragem do modelo, que tem de associar uma subida rápida a um voo da máxima duração.

As incidências das superfícies são primeiramente ajustadas para o voo de planeio. Assim, na primeira fase de centragem, um «borracha» equilibra-se como se fosse um planador.

Os lançamentos à mão, em interior ou com vento calmo, irão determinar o V longitudinal mais adequado a um bom planeio. Como é lógico, nestes ensaios instalar-se-á o motor no seu habitáculo, sem ser enrolado, colocando o hélice na sua posição normal de planeio, com as pás recolhidas à fuselagem, se for um hélice escamoteável.

Depois de se haver conseguido, nos lançamentos à mão, um planeio aceitável, enrola-se o motor cerca de 100 voltas.

Ao instalar o nariz, coloca-se na parte superior um calço fino de madeira (contraplacado de 1 a 2 mm), de modo a inclinar o veio-motor para baixo.

Salvo raras excepções e sistemas de centragem arrojados, torna-se necessário dar incidência negativa ao veio do hélice. Na realidade, os planos sustentadores, colocados com incidências adequadas a um voo lento, de planeio (nos «borrachas» usa-se, em regra, um V longitudinal grande), iriam criar, no voo sob potência, mais rápido, portanto, enorme aumento de sustentação, que obrigaria o modelo a encabritar-se, se o veio-motor se encontrasse a 0°.

Esta incidência negativa do hélice não pode, no entanto, ser antecipadamente determinada com rigor, pois ela depende de muitos factores, tais como: potência instalada, tipo de hélice, sustentação dos planos, V longitudinal, etc.

Assim, é necessário proceder por tentativas, variando aos poucos a inclinação do hélice, até se obter o tipo de subida desejado.



Fig. 258

Também, por virtude do efeito de *torque*, se inclina, normalmente, o veio-motor para a direita. Assim se contraria a tendência natural que todos os «borrachas» têm de baixar a asa esquerda, por efeito de *torque*, que, como se sabe, é máximo no início da descarga, decrescendo à medida que a meada se vai desenrolando.

Depois de se calçar o nariz para baixo e para a direita, e tendo o motor carregado a 100 voltas, larga-se o modelo contra o vento e em posição horizontal.

Costuma dizer-se que um «borracha», com este número de voltas, pode considerar-se centrado quando efectua um voo direito, sem se inclinar para um ou outro lado, e mais ou menos à mesma altura. Pode não ser exacta, em muitos casos, esta afirmação; é, no entanto, sem dúvida, um óptimo ponto de partida.

Fazendo variar os calços no nariz tenta-se, pois, obter com uma centena de voltas um voo direito à mesma altura.

Depois disso, vai-se aumentando, sucessivamente, a potência até se atingir o máximo, não deixando nunca que o modelo se encabrite em demasia e fique pendurado no hélice. A dar-se este caso, deve introduzir-se uma maior incidência negativa ao veio-motor ou incliná-lo ainda para o lado, se isso não constituir perigo.

Como se disse no capítulo de centragens, a tendência natural do modelo aproveitar-se-á sempre para a rodagem em planeio.

Essa tendência conhece-se logo nos primeiros lançamentos à mão. Assim, se o modelo planar à esquerda, teremos, logo de início, de introduzir no nariz uma maior inclinação para a direita, porque à tendência natural do modelo, somar-se-á, infalivelmente, o efeito de *torque*.

Se o modelo rodar francamente para a direita, podemos partir do princípio que ele, por virtude da enorme força de *torque*, subirá em espirais à esquerda para, logo que a potência se esgote, vir a planar em sentido contrário.

A maior parte dos especialistas centra os seus modelos de maneira a que tanto a subida como o planeio se façam no mesmo sentido. Isto tem a vantagem de permitir uma mais suave entrada em planeio, sem perdas, quando da paragem do motor.

Se o modelo não possuir tendência nata para rodar, há que provocar a viragem.

Um dos processos consiste em inclinar o estabilizador, baixando-lhe uma das extremidades. Assim, a sustentação criada pelo estabilizador ficará orientada no sentido da parte mais baixa, o que arrastará a cauda para esse lado e provocará viragem do modelo para o lado contrário. Por exemplo, se o plano horizontal for inclinado para o lado que a figura 259 indica, a parte posterior da fuselagem, forçada para a direita, fará rodar o modelo à esquerda.

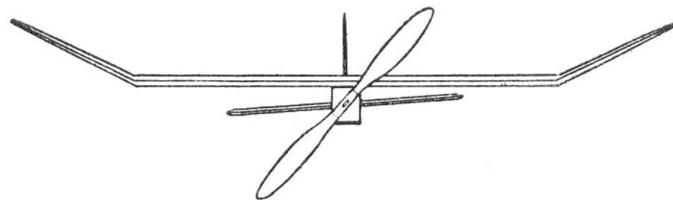


Fig. 259

Também as subidas podem ser reguladas com o auxílio de um pequeno leme de direcção, que, na maior parte dos casos, é recortado na própria deriva (fig. 260).

Este leme usar-se-á, no entanto, com as maiores precauções, pois deve ter-se sempre presente que, quando o modelo sobe em espirais apertadas, a deriva, encontrando-se deitada, está nessa altura a funcionar como estabilizador. Assim, por exemplo, um modelo que suba à direita, não deve ter o leme de direcção inclinado para esse lado, o qual, funcionando nestas circunstâncias como leme de profundidade, faria o modelo picar.

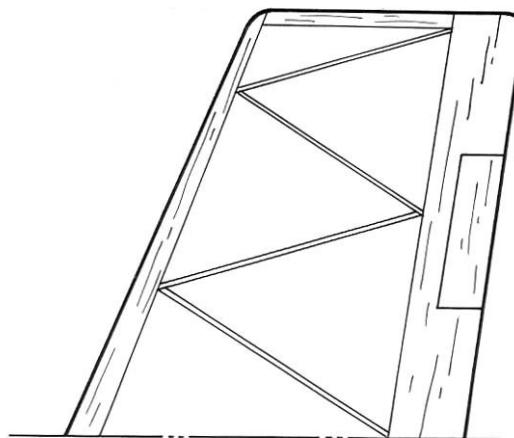


Fig. 260

No entanto, num «borracha» que suba espiralando à direita, poderá ser benéfica uma inclinação do leme de direcção à esquerda. Com o modelo inclinado sobre a asa direita, o leme à esquerda fá-lo-á meter o nariz em cima, facilitando a trepada.

Assim, a centragem de um «borracha», conduzida com método e acerto, não constitui enorme dificuldade ou transcendência.

Há que ter presente, acima de tudo, que as regulações introduzidas nas superfícies, para o voo lento de planeio, irão aumentar grandemente os seus efeitos na subida, em que a velocidade do voo é muito superior.

Este efeito é, no entanto, mais evidente nos Motomodelos, nos quais a diferença de velocidade entre o voo sob potência e o voo planado é ainda maior que nos «borrachas».

MOTOMODELOS

Os primeiros ensaios de um motomodelo devem fazer-se num dia calmo, para que se possam avaliar claramente todas as reacções do modelo, ainda que ligeiras.

O modelo lança-se contra o vento, todavia, um pouco desviado para o lado contrário da sua subida. Assim, se o modelo tem a tendência de sair à esquerda, o lançamento deve ser efectuado ligeiramente à direita, de modo que ele se encontre bem frente ao vento, depois de ter voado alguns metros.

É erro ensaiar motomodelos com o motor pouco acelerado. Isso iria alterar as condições de voo e, consequentemente, a apreciação dos resultados. O que é aconselhável é reduzir o tempo de trabalho do motor.

Como nos «borrachas», os primeiros ensaios de um motomodelo devem resumir-se apenas a afinação de planeio. Com essa finalidade, é aconselhável dotar um motomodelo de um gancho de lançamentos para se poder rebocar como a um planador, e assim melhor se avaliarem das qualidades de planeio.

Se o modelo mostrar tendência para rodar para um dos lados, proporcionando reboques difíceis, instalar-se-á o gancho de lançamento não no eixo da fuselagem, mas descentrado para o lado da viragem.

Para as afinações da subida, com motor, há que ter em conta três efeitos fundamentais: o *torque*, o efeito giroscópico e a acção da corrente de ar provocada pelo rodar do hélice.

O efeito de *torque*, usando hélices direitos, provocará, como se sabe, o abaixamento da asa esquerda, no entanto, em muito menor escala que nos «borrachas», em virtude da diferença de dimensões das pás dos hélices.

O efeito giroscópico, de grande importância nestes modelos, dado o elevado número de r. p. m. que os motores atingem, irá criar, quando o modelo roda, forças de reacção que terão tendência a fazer picar ou cabrar o modelo, respectivamente, nas voltas à direita ou à esquerda ⁽¹⁴⁾.

Por último, há que atender, em especial nos motomodelos de cabana alta, ao fluxo helicoidal do ar projectado pelo hélice. Este, no seu movimento de rotação, provoca um jacto de ar espiralado – de intensidade directamente proporcional ao diâmetro e passo do hélice e velocidade de rotação – que vai chocar violentamente com as superfícies verticais próximas do motor, criando nos modelos equipados com hélices direitos uma tendência para rodarem à direita. Nos motomodelos o C.G. encontra-se muito atrasado (em geral, próximo dos 75 % da corda média da asa) e, assim, a acção da corrente de ar sobre a cabana tenderá a produzir, infalivelmente, uma rotação à direita.

⁽¹⁴⁾ O efeito giroscópico é tratado no capítulo «Hélices».

Este jacto de ar propaga-se ainda ao longo da fuselagem, chocando com os planos de cauda, se eles estiverem dentro da sua zona de acção (caso das empenagens instaladas na linha de tracção).

A acção do jacto de ar, sobre as superfícies da cauda, dada a distância, não tem, todavia, efeito muito apreciável para a centragem, mas pode provocar vibrações nas superfícies estabilizadoras, se elas não se encontrarem bastante fixas, ou se a fuselagem não for suficientemente rígida na cauda.

Verifica-se assim que a acção deste jacto de ar helicoidal contraria o *torque*, tanto mais quanto maior for a superfície da cabana, à frente do C.G.

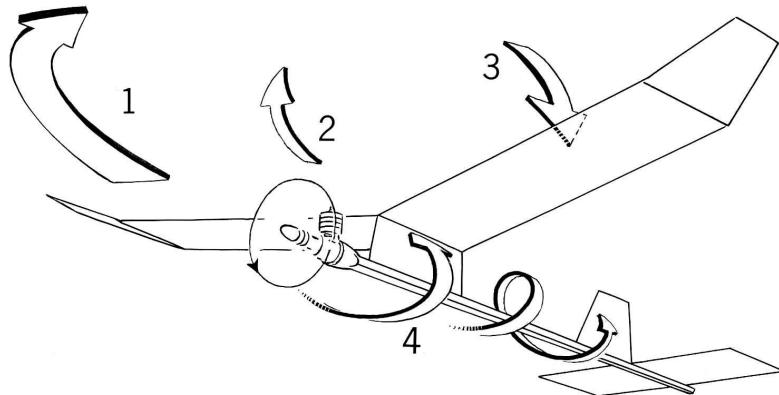


Fig. 261 – 1 – subida à esquerda
2 – efeito giroscópico
3 – efeito de *torque*
4 – jacto helicoidal

Assim, em grande parte dos motomodelos, estes efeitos anulam-se e assumem importância muito relativa para a afinação do motor; no entanto, em modelos de grandes cabanas, o efeito do jacto do ar é superior ao de *torque* e há que contar, portanto, que ele irá determinar uma viragem à direita.

Conhecidos estes três efeitos principais, que terão sempre de ser considerados nas primeiras afinações de um motomodelo, vejamos os diversos tipos de centragem mais usados.

Não há muitos anos ainda, usava-se a chamada *saída direita*, de trajectória rectilínea. Ela era conseguida instalando o motor com uma incidência negativa de alguns graus (4 ou 5) e dispondendo as superfícies de modo a contrariar qualquer desvio lateral do modelo.

Os modelos, de derivas avantajadas, subiam lentamente contra o vento, impulsionados por motores de baixa rotação. Quando o motor deixava de funcionar, ainda que nos últimos segundos reduzisse de rotação, o modelo perdia normalmente bastante altura, realizando algumas perdas até iniciar um planeio estável.

Com o aparecimento de motores mais potentes começou a utilizar-se outros tipos de subidas. Na realidade, a dar-se exagerada incidência negativa aos motores, está a desprezar-se grande parte da tracção, que a todo o custo deverá ser aproveitada para fazer trepar o modelo o mais possível.

Assim se começaram a generalizar as subidas em espiral, dirigindo-se o veio-motor, quer para a direita, quer para a esquerda, consoante as características do modelo e o tipo de subida pretendido.

Os motores usados hoje em motomodelos de competição são os mesmos que se empregam para velocidade, obtendo-se regimes elevados de rotação e potência à custa de combustíveis altamente nitrados e, no caso dos *glow-plugs*, também de velas apropriadas.

Como já se disse, nos primeiros ensaios e para afinação de planeio, reboca-se diversas vezes o motomodelo como se fosse um planador.

Depois de se ter conseguido o melhor coeficiente de planeio, provoca-se a viragem do modelo para um dos lados, para que ele venha a rodar durante a voo.

Não se deve usar o leme de direcção nesta primeira fase de centragem, o que, numa subida em espiral, ainda não perfeitamente conhecida, poderia provocar *inversão de comandos*, passando o estabilizador a ter efeito direccional e a deriva a estabilizador.

Um dos sistemas mais seguros para fazer rodar o modelo consiste em inclinar o plano horizontal de cauda, baixando-lhe uma das pontas, como se descreve no capítulo anterior dedicado a «borrachas».

Um outro sistema resume-se em dar a uma das semiasas, durante as fases de construção ou de envernizado, uma maior incidência. Quando em planeio, a semia de maior incidência (usa-se uma diferença de cerca de 2 graus) cria uma resistência suplementar que obriga o modelo a rodar para esse lado. Sob potência, quando a velocidade de voo é maior, a sustentação suplementar é flagrante e obriga a semia de maior incidência a elevar-se.

Este tipo de centragem usa-se para obter subida e planeio para o mesmo lado.

Subida à esquerda, planeio à direita, e vice-versa

O tipo de centragem mais usada em motomodelos é a que provoca saídas em espiral à esquerda e planeio à direita.

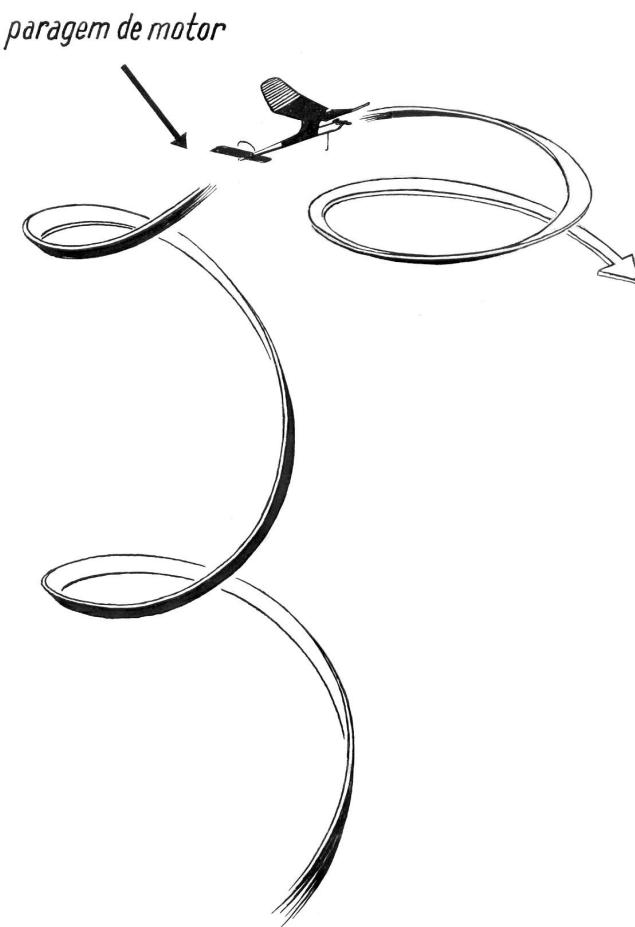


Fig. 262 – Subida à esquerda, planeio à direita.

Isso obtém-se, regra geral, e depois de se haver assegurada um planeio rectilíneo, dando uma inclinação ao veio-motor de 2 a 4 graus para a esquerda, e ao leme de direcção de 2 ou 3 graus para a direita.

Se o modelo sair efectuando um *looping* inclinado à esquerda, aumentar-se-á ainda mais a inclinação à esquerda do veio-motor, de preferência a incliná-lo para baixo.

Esta mesma centragem pode ainda ser obtida sem usar o leme de direcção. Pode recorrer-se ao estabilizador, baixando-lhe a extremidade esquerda, o que irá proporcionar um planeio à direita.

Se bem que as saídas à direita sejam mais melindrosas (o efeito giroscópico tende a provocar a picada), são também usadas com frequência.

Assim, e em especial quando o modelo tem a tendência natural de sair à direita, por efeito do jacto helicoidal, aproveita-se essa tendência, inclinando o eixo do motor para esse lado e dando leme à esquerda. Nestas condições, o ângulo lateral a dar ao veio-motor será mais reduzido, em virtude de o jacto de ar, provocado pelo hélice, actuar no mesmo sentido.

Subida e planeio no mesmo sentido

Um dos processos mais eficientes para obter subida e planeio para o mesmo lado consiste em dar um maior ângulo de calado positivo a uma das semiasas e inclinar para esse lado o eixo do motor.

Assim, por exemplo, se à semiasa esquerda for dada uma incidência maior e se o motor for dirigido para esse mesmo lado, a subida far-se-á para a esquerda e será segura porque, a alta velocidade, a semiasa de maior incidência criará uma mais elevada sustentação e servirá de correctivo na espiral, ao mesmo tempo que aumentará o ângulo de subida.

No voo planado, mais lento, portanto, a semiasa esquerda criará uma resistência suplementar e fará o modelo rodar para esse mesmo lado.

Com o auxílio de um pequeno *compensador móvel*, na semiasa esquerda, obter-se-á idêntica centragem.

No bordo de fuga da asa fixa-se uma das margens de um pequeno rectângulo de *nylon* ou papel resistente e maleável, colando-lhe, na margem contrária, um pedaço de longarina de pinho para obrigar o rectângulo a fazer um ângulo de cerca de 90º com a superfície da asa (fig. 263).

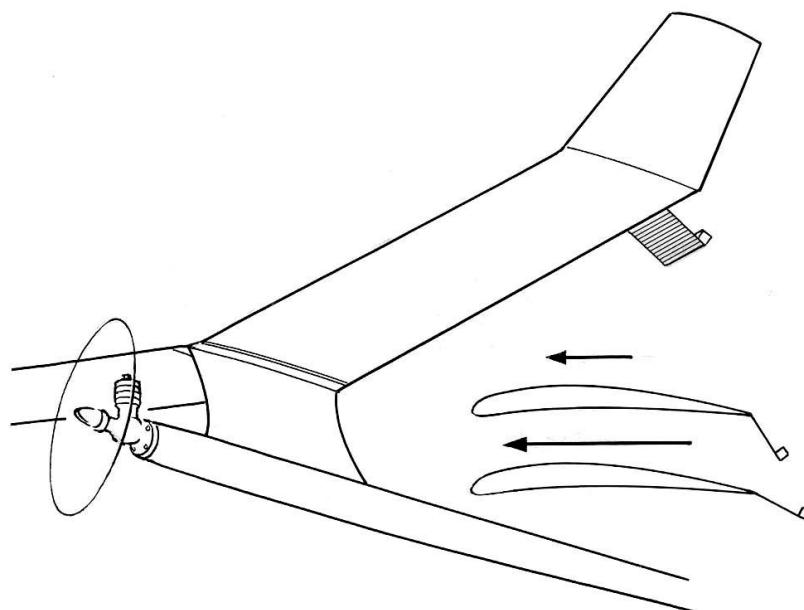


Fig. 263

Na subida, a pleno motor, o compensador manter-se-á no alinhamento da asa e não terá efeito sensível, pois o peso da longarina não será bastante para vencer a resistência do ar. No entanto, no planeio, quando o voo se torna mais lento, o rectângulo inclinar-se-á para baixo e fará rodar o modelo.

Alterando as dimensões do rectângulo, ou fazendo variar o peso da longarina, poderá-se obter espirais mais ou menos apertadas.

Ultimamente, têm aparecido, no entanto, muitos outros sistemas de centragem, tais como, descentramento da asa, vista de planta, *timers* para corte de motor e inclinação do leme em operação simultânea, etc. Este último processo, de certo modo trabalhoso, por exigir modificações na parte mecânica dos *timers* existentes, está a apaixonar os especialistas de motomodelos.

Num dos últimos campeonatos do mundo, o vencedor usava um *timer* que, simultaneamente, cortava o motor e inclinava o leme. A subida era feita para a direita, com leme à esquerda, que virava para o lado contrário quando o motor parava, efectuando, assim, planeio e subida no mesmo sentido.

Com um motor S. T. G-20, *plug*, e hélice de plástico duro tipo «Tornado» 7 x 4, conseguia obter subidas quase à vertical com, apenas, $\frac{3}{4}$ de espiral, ficando o modelo próximo dos 150 metros de altura.

Motor: 5° para baixo e $0,5^\circ$ para a direita. Asa a $+3^\circ$, estabilizador a $+1,5^\circ$.

VOO CIRCULAR COMANDADO

Voo Circular Comandado define-se como o voo durante o qual o aeromodelo executa manobras comandadas do solo por um operador, mediante uma ligação por fios ou cabos, de comprimento invariável no decurso do voo.

o operador maneja um punho donde partem dois fios, ou cabos, de aço muito finos (0,25 a 0,40 mm de diâmetro), que, entrando pela asa do modelo, vão accionar, por intermédio de alavancas, o leme de profundidade (fig. 264). Assim, voando em círculo, têm os chamados *modelos de voo circular* a faculdade de picar ou subir, evolucionando no espaço restrito permitido pelos cabos.

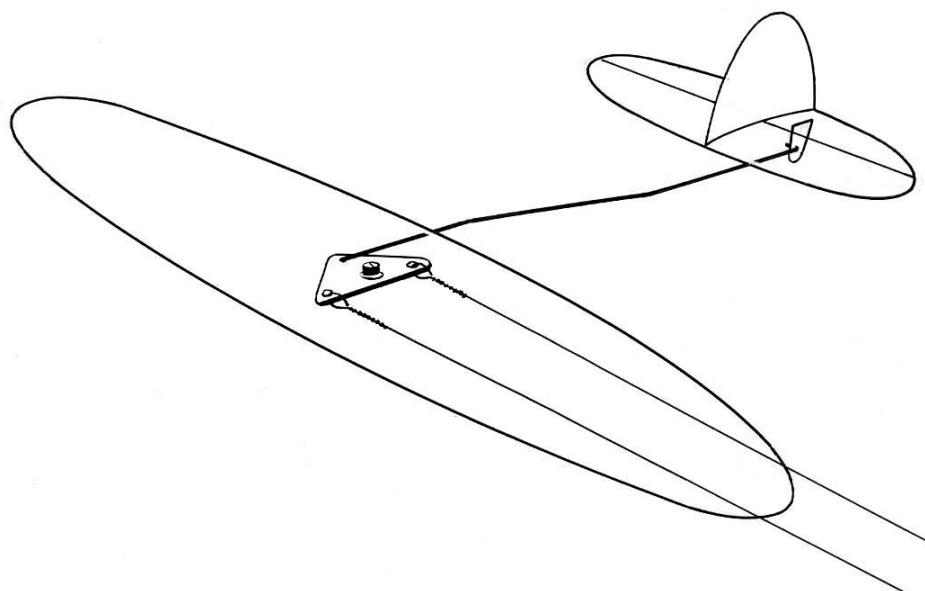


Fig. 264

Com o punho de *contrôle* em posição normal (eixo do punho vertical) o modelo terá o leme em posição neutra (fig. 265). Quando o operador inclina para si a parte superior do punho, o leme elevar-se-á e o modelo sobe. Se o operador manobrar o punho ao contrário, o leme baixa e o modelo pica.

Como se depreende, para que o modelo se encontre sempre sob *contrôle*, em voo, como convém, é necessário que seja garantida uma permanente tensão nos cabos.

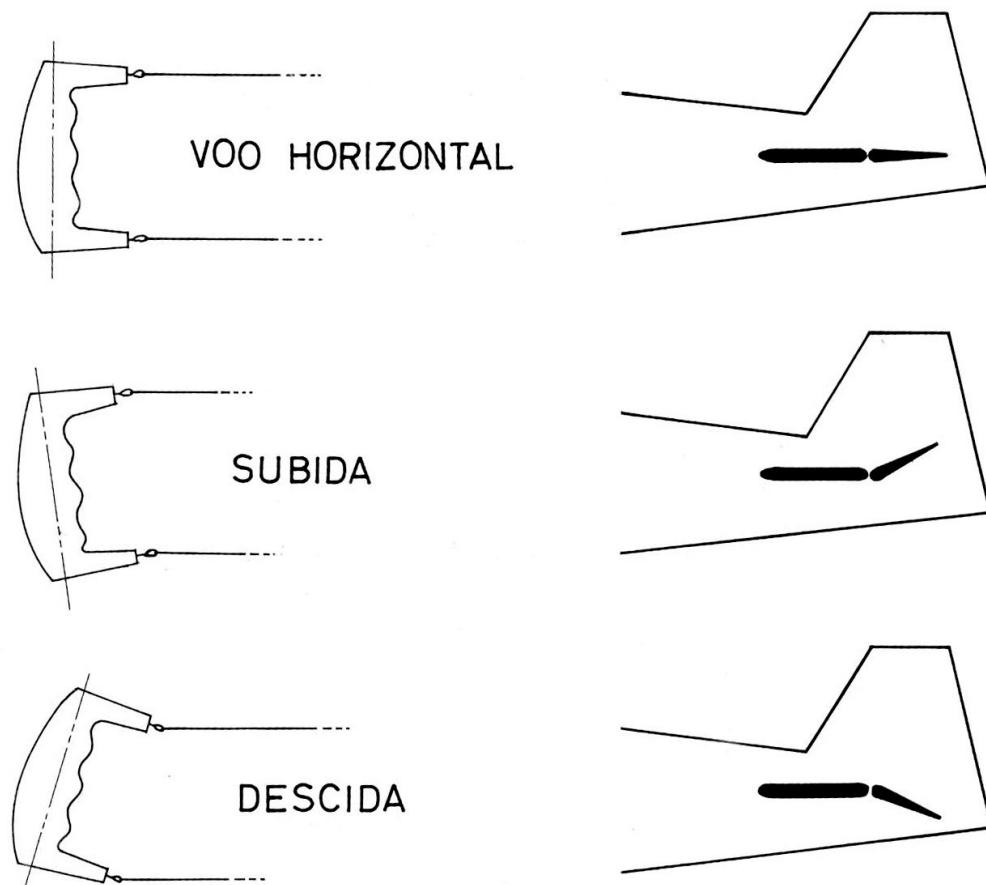


Fig. 265

A força centrífuga, que se cria em virtude da própria trajectória circular, tende a garantir essa tensão, solicitando o modelo para fora do círculo, e mantendo, portanto, esticados os cabos de *contrôle*.

A força centrífuga varia inversamente com o raio do círculo (comprimento dos cabos) e directamente com o peso do modelo e o quadrado da velocidade ⁽¹⁵⁾.

⁽¹⁵⁾ FORÇA CENTRÍFUGA :

$$f = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

f – Força centrífuga, em newtons (1 newton = 0,102 kg),
 m – Massa, em kg,
 v – Velocidade, em m/s,
 r – Raio de círculo, em m.

Com excepção dos modelos de Velocidade e Corridas, usa-se ainda favorecer a força centrífuga, até um certo limite, para uma maior segurança no *contrôle*.

Assim, nos modelos de Treino, Escala e, em especial, Acrobacia e Combate, usam-se diversos sistemas, cujos efeitos, somados aos da força centrífuga, permitem que os modelos possam evoluir nas mais difíceis condições, sempre debaixo de comando.

O modelo representado na figura 266 reúne os cinco processos mais usados para este fim, que só em raros modelos de Treino e Acrobacia se empregam conjuntamente: 1 – Leme de direcção inclinado para fora do círculo; 2 – Veio-motor com inclinação também para fora; 3 – Saída dos cabos de comando atrás do eixo transversal do modelo; 4 – Maior área na semiesa interior; 5 – Peso no bordo marginal da asa exterior, para equilibrar o peso dos cabos.

É evidente que nenhum destes sistemas deverá ser utilizado em modelos de velocidade pura, nos quais a força centrífuga, que, como se sabe, varia com o quadrado de velocidade, é já tão elevada que, pelo contrário, se torna necessário reduzi-la quanto possível, para favorecer o andamento. Na realidade, tanto nos modelos de Velocidade, como nos de Corridas, costuma-se reduzir o efeito da força centrífuga, quer inclinando o eixo do motor cerca de 1° para dentro do círculo, quer projectando a saída dos cabos ligeiramente para a frente do eixo transversal do modelo.

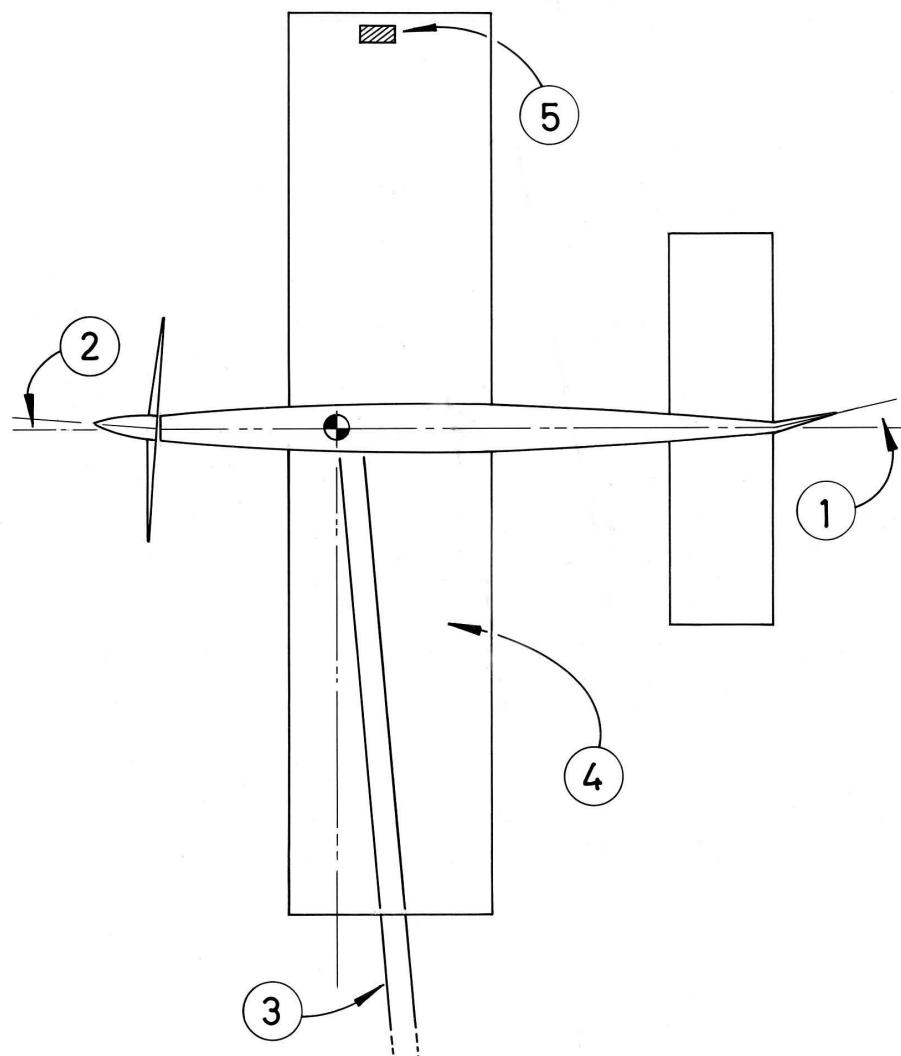


Fig. 266

É muito importante a posição da saída dos cabos, na asa, pois é essa posição, em relação ao centro da gravidade, que vai determinar, juntamente com a força centrífuga, a maior ou menor tracção que o modelo exerce sobre os cabos, de dentro para fora do círculo.

Centro de gravidade, saída dos cabos e punho de *contrôle* tendem a manter-se, durante o voo, em linha recta. Assim, se a saída se fizer atrás do eixo transversal, o modelo tenderá a inclinar o nariz para fora, contribuindo, portanto, com a força centrífuga para um aumento de tracção.

Ao contrário, se o ponto de saída dos cabos for avançado, o modelo tenderá a inclinar-se para dentro do círculo e a acção da força para fora diminuirá.

O local de instalação do eixo da cruzeta (*belcrank*) não tem qualquer influência no caso da tracção nos cabos. Ele deverá instalar-se, no entanto, nas proximidades do centro de gravidade, para evitar que os cabos fiquem sujeitos a dobras nos pontos de saída na asa.

Treinos de voo circular

Quando pelas primeiras vezes se toma contacto com o voo circular comandado, devem tomar-se certas precauções.

O principiante deve ser ajudado por pessoa experiente, que, nos primeiros voos, deve corrigir no punho de comando todas as precipitações e demasiada amplitude dada ao *contrôle*, próprias dos iniciados.

À partida e durante a rolagem o modelo deve encontrar-se numa posição tal que o vento actue no sentido operador-modelo. Assim, encontrando-se o operador de costas ao vento, este, empurrando o modelo para fora do círculo, ajudará a manter a tensão nos cabos, numa fase do voo em que a força centrífuga tem um valor mínimo, por ser reduzida a velocidade.

Com o leme na posição neutral, deixar-se-á rolar o modelo no solo uma dezena de metros. Só depois de ele ter adquirido certa velocidade se deve elevar um pouco o leme, apenas o bastante para que ele atinja os 3 ou 4 metros de altura, iniciando em seguida o voo horizontal.

A subida inicial não deve ser muito pronunciada, pois corre-se o risco de o modelo, ainda com velocidade reduzida, ficar sem *contrôle*, por ceder ao peso dos cabos.

O voo horizontal deve efectuar-se entre os 2 e 3 metros e a amplitude dos movimentos do punho deve ser lenta, mas precisa.

Quando o motor parar, pica-se ligeiramente, para manter velocidade na descida. À medida que o modelo se aproxima do solo vai-se normalizando o punho e, no momento em que as rodas vão tocar a pista, eleva-se rapidamente o leme para manter a cauda no chão e evitar que o modelo saltite.

O operador deve habituar-se a manter o braço estendido na direcção dos cabos ou, de preferência, um pouco avançado, o que permitirá ajudar a velocidade do modelo.

É erro nas primeiras experiências descolar com o motor mal afinado, em baixa rotação, com o pretexto de que, reduzindo a velocidade, o operador não entonteça. A velocidade pode ser diminuída de uma forma mais segura – usando um hélice de menor passo – e as tonturas senti-las-á, com mais ou menos intensidade, todo o aeromodelista ao rodopiar, pela primeira vez, numa pista de voo circular.

Só depois de o principiante conseguir descolagens seguras, de subidas pouco pronunciadas, e de se ter verificado que ele adquiriu o sentido do comando, se deve deixar sozinho.

Elementos de comando

Como principais elementos de comando para mover em voo o leme de profundidade, temos: o punho, os cabos e as alavancas no interior do modelo.

O *punho*, que pode ser facilmente construído pelo próprio aeromodelista, deve ser suficientemente forte para suportar a tracção dos cabos a adaptar-se comodamente à mão do operador. Pode ser construído em madeira, contraplacado forte ou chapa de alumínio, podendo dizer-se que a única dimensão de importância é a que respeita à distância entre os furos onde vão ligar os cabos de comando. Esta distância vai influenciar directamente a amplitude da cruzeta de comando, o que quer dizer que ela será determinada de acordo com o tipo de modelo.

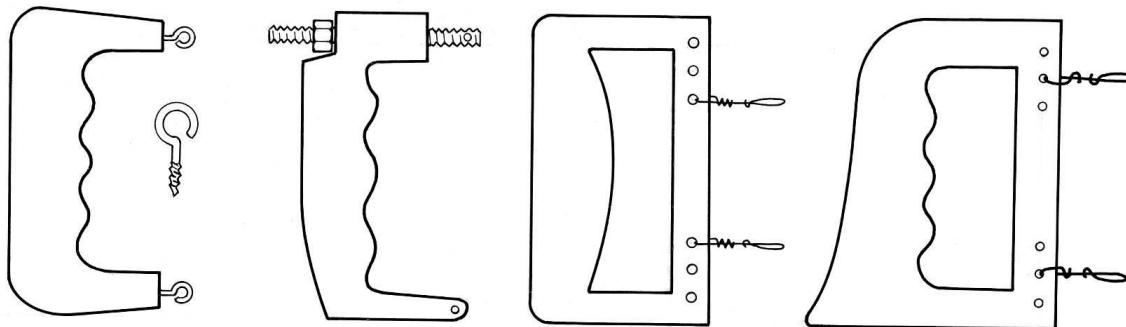


Fig. 267 – Diversos tipos de punho.

Com efeito, nos modelos de Treino e Acrobacia, em que é necessário grande amplitude do leme, usam-se punhos de 10 a 12 cm entre pontos, enquanto para Velocidade e Corridas essa distância anda pelos 5 e 6 cm.

Os punhos são normalmente dotados de *clips* de união, para ligação dos cabos, mas mesmo estes podem ser construídos pelo aeromodelista, usando arame de aço de 1 ou 1,5 mm.

Os *cabos de «contrôle»* mais usados são constituídos por fio de aço cujo diâmetro é compreendido entre 2 e 4 décimos de milímetro, consoante as modalidades. Existe ainda no mercado, e usa-se em especial em modelos de Treino e Acrobacia, o cabo de aço constituído por cinco ou sete fios de aço enrolados, que tem a vantagem de ser muito mais resistente do que o fio único. Apesar de não se danificar tão facilmente, tem, no entanto, o inconveniente de ser mais pesado e provocar maior resistência ao avanço.

Os terminais dos cabos terão de ser enrolados solidamente, para que não venham a soltar-se em voo. Em regra, dobra-se a ponta do fio, passando-o em redor de um prego redondo, enrola-se uns 2 ou 3 cm e solda-se. Não é conveniente usar ácido nesta soldadura, para não enfraquecer, por corrosão, o cabo.

Os cabos de *contrôle* devem guardar-se em bobinas próprias, uma para cada par de cabos, as quais podem facilmente construir-se com três círculos de contraplacado colados, sendo o de dentro de diâmetro inferior ao dos dois exteriores (fig. 268).

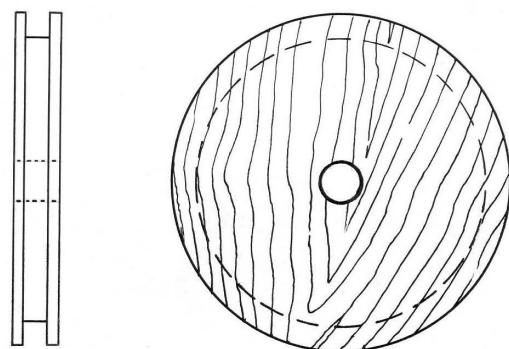


Fig. 268

A cruzeta, ou *belcrank*, cujos dois modelos mais usados se representam na figura 269, é o órgão de comando do modelo que transmite, por meio de um tirante rígido, os movimentos dos cabos à alavanca do leme.

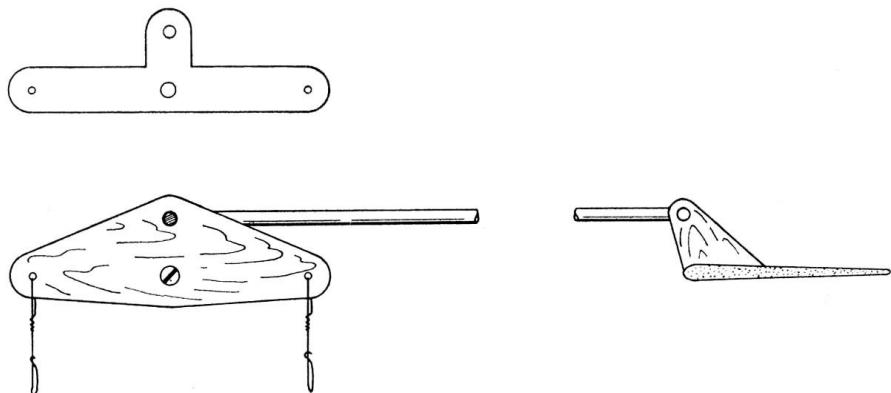


Fig. 269

A cruzeta e a alavanca são geralmente construídas em alumínio de 1 ou 1,5 mm de espessura, mas nos modelos de Acrobacia, em que estas peças estão continuamente em movimento, o alumínio deve ser substituído por dural de 1 mm ou contraplacado de faia de 2 mm, materiais que resistem mais à fricção e não permitem uma tão prematura ovalização dos furos.

VELOCIDADE

O fundamental nesta modalidade resume-se em obter a maior potência e a menor resistência ao avanço, o que exige um modelo de boa penetração e resistente, dotado de um motor que consiga elevado número de r.p.m.

A célula será robusta para absorver as vibrações do motor, terá uma área frontal reduzida e a sua forma será o mais aerodinâmica possível para baixar ao mínimo a resistência ao avanço.

Os motores escolhidos para competição são do tipo *glow-plug*, por fornecerem potências mais elevadas. Alguns destes motores, com uma conjugação criteriosa de combustíveis, velas e hélices, chegam a permitir, em voo, regimes de trabalho da ordem das 20 000 r.p.m.

Assim, e para que venham a conseguir-se resultados satisfatórios, a primeira fase dos treinos dos modelos de Velocidade efectuar-se-á, não no campo, mas junto do banco de ensaios do motor, para afinação do conjunto depósito-motor-hélice.

Um utensílio indispensável a este género de experiências é o conta-rotações, único processo de poder comparar o rendimento do motor em face dos diferentes hélices, velas e combustíveis a ensaiar.

No comércio da especialidade existem conta-rotações não muito dispendiosos – os chamados *vibrotest* –, mas bastante elementares e pouco precisos.

O *vibrotest* não indica com grande precisão o número de r.p.m., mas serve para comparar os diferentes regimes de trabalho do motor.

A leitura faz-se encostando o *vibrotest* a qualquer parte de um motor em funcionamento e fazendo variar o comprimento da vareta de aço por meio de um cursor, que se movimenta ao longo do corpo principal. A posição do cursor em que a vareta manifesta a maior amplitude de vibração dá-nos a leitura do número de r.p.m.

A figura 270 representa um *vibrotest* de fácil construção.

O corpo principal, que é constituído por duas placas rectangulares aparafusadas, pode ser recortado de chapa de alumínio ou mesmo de contraplacado rijo.

Na placa superior pratica-se uma ranhura, a todo o comprimento da escala e paralela a esta, onde se movimenta o cursor. A vareta deve deslocar-se justa na calha, em especial à saída, a fim de não falsear o seu comprimento livre de vibração.

As cotas indicadas devem ser rigorosamente respeitadas, bem como a escala, que, na gravura, é reproduzida em tamanho natural.

Com o auxílio de um conta-rotações, vejamos então como orientar as experiências para obter os melhores resultados do grupo motopropulsor.

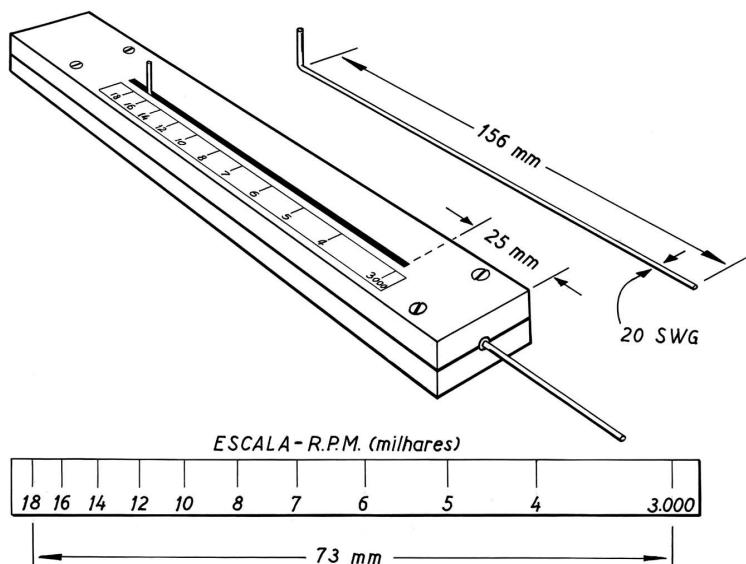


Fig. 270

Conhece-se por certo a curva de potência do motor, cujo ponto mais elevado indica o número de rotações em que a potência é máxima.

Sabendo que num modelo de alta *performance* as rotações do motor aumentam, em voo, cerca de 10 %, tentar-se-á obter no banco de ensaios, conjugando hélices, combustíveis e velas, um regime de trabalho estático inferior em 10 % do número de r.p.m. óptimo.

Consideremos que o motor a ensaiar atinge a máxima potência às 17 000 r.p.m. Se no banco de ensaios forem obtidas 15 300 rotações (menos 10 %), admite-se que o motor, em voo, irá atingir a sua máxima potência.

Um bom processo para tirar conclusões seguras consiste em iniciar as experiências com mistura e vela frias.

Se o motor arranca mal, ou se o número de r.p.m. é muito reduzido, deve começar-se por substituir a vela por outra menos fria.

Em seguida, aumentar-se-á a percentagem dos produtos nitrados do combustível (nitrometano, nitrobenzeno ou nitrito de amilo).

Combinando velas mais quentes com combustíveis também mais quentes, vai-se aumentando o número de r.p.m. até atingir o rendimento máximo. A partir daí, sendo a vela demasiado quente para o combustível empregado, começa a notar-se detonação do motor, que se manifesta por um trabalhar forçado. Nestas circunstâncias, o motor emite um som secundário semelhante ao de fritar ovos.

A ignição está, portanto, demasiado avançada, dando-se a explosão muito antes de o êmbolo atingir o p.m.s.

Na hipótese de não ser possível usar combustíveis nitrados (caso dos combustíveis *standard*, para competição), avançar-se-á a ignição recorrendo a velas mais quentes, ou aumentando a taxa de compressão do motor.

Os fabricantes construíram motores, apropriados aos combustíveis não nitrados, de tão elevada taxa de compressão (há motores que atingem 16:1) que, em regra, consegue-se-lhes tirar o máximo rendimento com velas frias.

Substituindo o hélice, alteram-se as restantes condições e toma-se, portanto, necessário realizar novos ensaios para definir o tipo de vela que, na nova situação, determina o adequado avanço da ignição.

Também a posição do depósito de combustível do tipo clássico tem importância na afinação do motor. Por isso se deve, ainda no banco de ensaios, experimentar deslocá-lo, em altura, com o motor a trabalhar, comparando os diferentes regimes obtidos.

Os motores que trabalham com velas frias são muito sensíveis às alterações de posição do depósito de combustível, ou variação do nível de combustível em relação ao carburador. É o caso dos motores que falham à descolagem, ou durante o voo em *montanha russa*.

As velas quentes ressentem-se muito menos com estas variações.

A escolha da vela deve merecer atenção especial. Se bem que existam tabelas de comparação de temperaturas e outras características das diversas velas, há que ensaiá-las sempre em condições de funcionamento.

Em regra, quanto mais fino for o filamento, maior será a sua incandescência e, portanto, mais quente será o *plug*.

As velas de concavidade grande fornecem também uma temperatura mais elevada, em virtude de uma menor dissipação do calor do filamento, através da parte metálica que o rodeia.

Também as velas de filamento mais saído fornecem temperaturas mais altas. Se, por exemplo, puxarmos um pouco para fora do corpo o filamento de uma vela do tipo frio, esta tornar-se-á mais quente, apenas por este facto.

De um modo geral, pode dizer-se que as velas frias são mais adequadas a motores de elevada compressão (10:1 ou mais), enquanto as velas quentes dão maior rendimento em motores de média (7 a 9:1) e baixa compressão (5 a 7:1).

Resta acrescentar ainda, no que respeita a experiências no banco de ensaios, que os especialistas costumam, em primeiro lugar, eleger o tipo de combustível, e todas as experiências, a partir daí, se resumem em combinar hélices com velas.

Obtidos os resultados desejados, no banco de ensaios, passa-se aos treinos de campo.

Nos modelos de Velocidade da série I (motores de 2,5 cm³) usam-se normalmente hélices que vão de 5 1/2 × 10 polegadas a 6 × 8, conforme as características do modelo e do motor. Na série II (5 cm³) empregam-se hélices de mais ou menos 7 1/2 × 10 e na série III (10 cm³) de, aproximadamente, 9 × 12.

Assim, quando se iniciam as experiências de campo, já devem ter sido determinados, nos ensaios estáticos do motor, os dois ou três hélices que pareçam ser os mais apropriados, bem como as velas mais adequadas a cada hélice.

Há, pois, que levar a efeito diversos voos, aplicando na prática as conclusões tiradas do banco de ensaios e adoptando a combinação mais adequada.

Atingido certo nível, também as condições de tempo do momento (estado higrométrico do ar e temperatura) devem constituir preocupação na escolha da vela. Uma certa vela pode tirar do

motor o maior número de r.p.m. em determinadas condições de humidade e temperatura, e vir a fornecer regimes muito inferiores, sob diferentes condições de tempo.

Em última instância, serão ainda os ensaios, visando essas situações, que irão determinar o tipo de vela mais apropriado.

O comando em voo

O *contrôle* em voo dos modelos de Velocidade não tem dificuldade de maior para o aeromodelista experimentado em voo circular.

Dado que os regulamentos o permitem, estes modelos não possuem trem de aterragem. Efectuam a rolagem e saída instalados num carrinho especial e aterraram *de barriga*, protegidos por um patim de aço, de dimensões muito reduzidas.

O tipo de carrinho mais utilizado entre nós é o descrito no capítulo «Trens de Aterragem – Construção». Muito seguro e estável, tem a particularidade de só abandonar o modelo quando este tenha criado a sustentação mais do que necessária para a descolagem.

Durante a rolagem de um modelo de Velocidade, deve manter-se o leme na posição neutra, só o levantando quando o carro for animado de certa velocidade (fig. 271).

Se se sentir tendência para o carro entrar no círculo, devem dar-se ao punho ligeiros puxões para dentro, a fim de que o nariz do modelo seja projectado para fora.

Depois de o modelo se libertar do carro, não se deixará que a linha de subida seja muito acentuada; caso contrário, o operador correrá o risco de não conseguir desfazer a inevitável picada, no meio círculo contrário.

Nesta modalidade, mais do que em qualquer outra do voo circular, há que depositar inúmeros cuidados aos cabos de *contrôle*, em virtude da enorme tensão que eles terão de suportar em voo. Antes do lançamento proceder-se-á, pois, a uma vistoria cuidadosa aos fios de aço, que não deverão apresentar quaisquer pontos de ferrugem, cochas, torcedelas, etc.

Também as uniões no punho e no modelo, *clips*, etc., devem ser suficientemente fortes, mas ao mesmo tempo de secção muito reduzida, em especial junto ao modelo, para evitar, quanto possível, a resistência ao avanço.

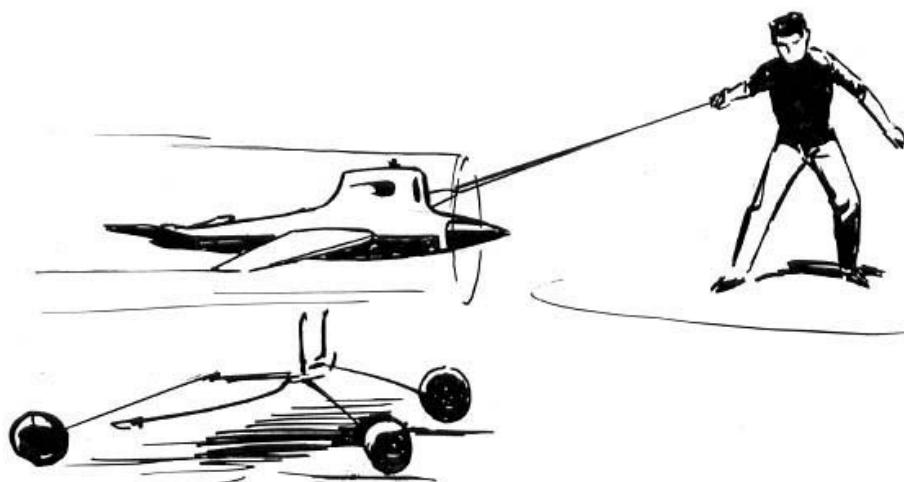


Fig. 271

O diâmetro do fio de *contrôle* deve ser o mais reduzido possível, dado que os cabos provocam enorme resistência, que se reflecte numa substancial redução de velocidade. Por isso ultimamente tem vindo a usar-se, com muita insistência, o sistema denominado *monofio* (*mono-line*), que emprega apenas um único fio de comando, funcionando por torção.

A figura 272 ilustra este sistema, que é constituído, fundamentalmente, por um punho ao longo do qual gira uma noz, que tem por função torcer o fio. Este, por sua vez, transmite a torção a uma unidade de *contrôle* que, por meio de alavancas, vai accionar o leme.

O *belcrank* tem a particularidade de possuir um perno soldado, que gira no sem-fim.

O ponto de apoio de tracção, a partir do qual o cabo e sem-fim rodam, encontra-se no interior da ponta da asa do lado de fora do círculo de voo, conforme mostra a gravura.

Para bom funcionamento do sistema, é condição indispensável que todo o conjunto no interior da asa se encontre rigorosamente alinhado.

A haste do punho é construída em arame de ferro cru, torcido a 52 voltas. O *belcrank* tem 13 mm entre furos.

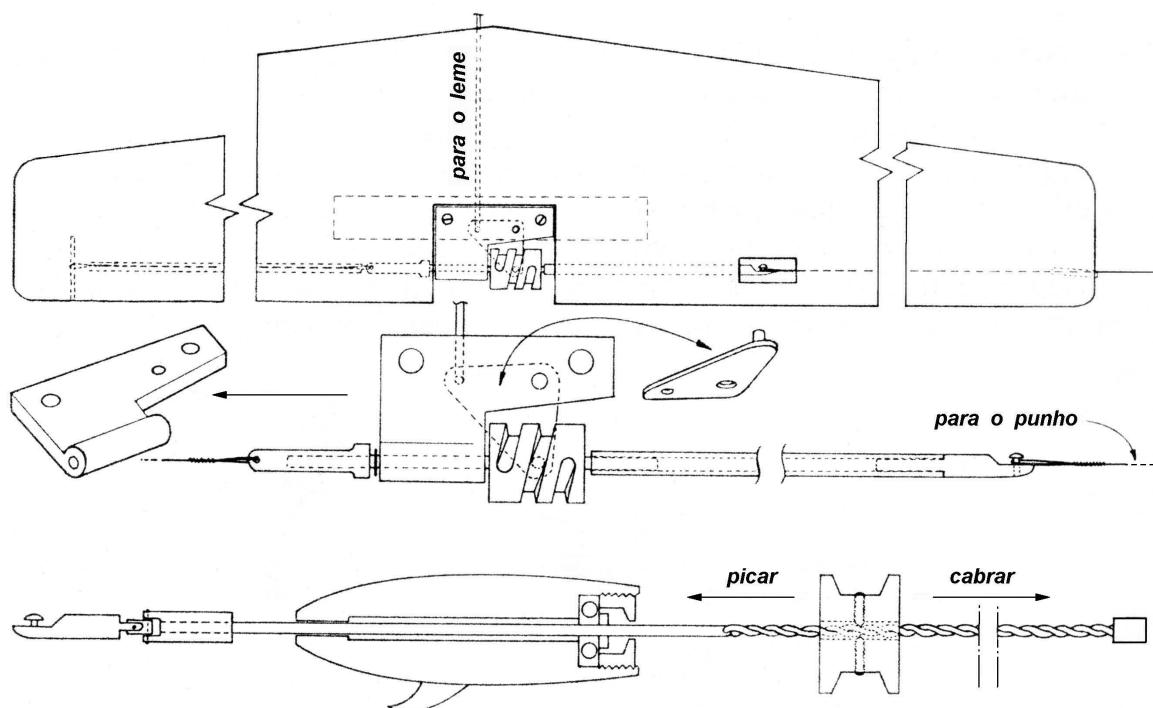


Fig. 272 – Punho monofio e unidade de “controle” do especialista português de Velocidade, Ruy Miranda

CORRIDAS

Esta é das modalidades que menos admite improvisações.

Na realidade, se numa prova de Corridas existem concorrentes com pouca experiência, eles poderão pôr em perigo os modelos dos concorrentes adversários e, o que é pior, a própria segurança dos mecânicos.

Piloto e mecânico não devem formar equipa apenas nas vésperas das provas. Eles devem trabalhar em conjunto, muito antes da época dos campeonatos, quer na construção dos modelos, na qual ambos podem participar, quer nos treinos de campo.

As equipas, enquanto não possuam um nível regular, devem evitar juntar-se, isto é, devem os treinos ser feitos individualmente, com uma equipa de cada vez.

Depois de ter passado o período de afinação inicial do modelo e do motor, a equipa deve treinar-se sempre como se se encontrasse em prova, e enquanto não conseguir perfazer, sozinha, os 10 km em tempo razoável (7 ou 8 minutos ^(*)) não deve integrar-se em corrida, ou sequer em treinos, em conjunto. Primeiramente, importa que mecânico e piloto se entendam perfeitamente, para obterem o nível desejado. Obtido esse nível, será fácil a adaptação em prova.

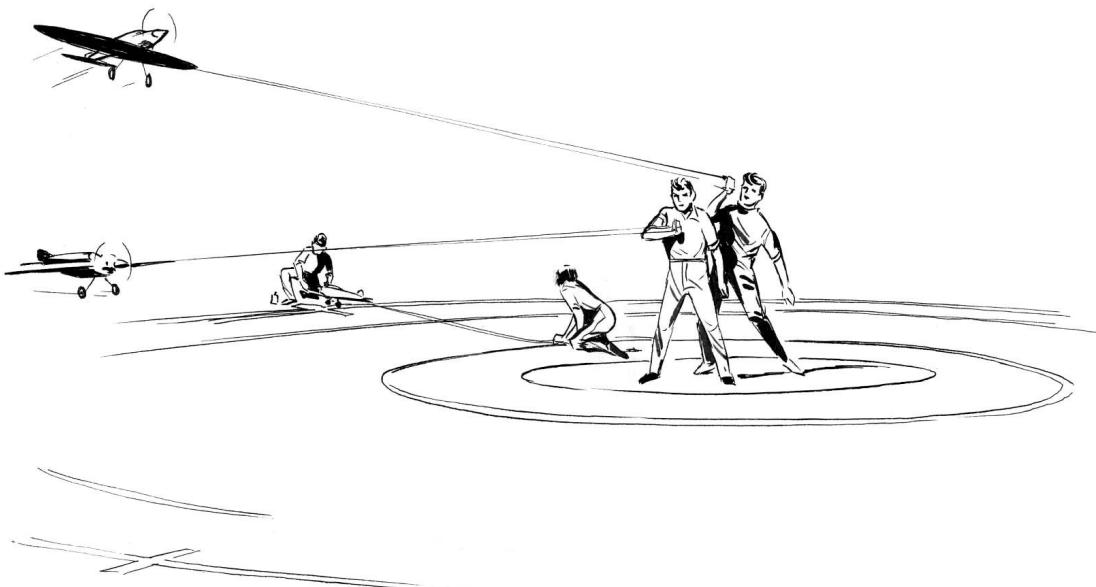


Fig. 273 – Uma prova de Corridas.

Preparação do piloto

Mesmo em treinos, o piloto deve voar o modelo mais ou menos à altura dos olhos, com ou sem vento.

Esforçar-se-á por manter um voo horizontal impecável, não subindo o modelo acima dos 3 metros e não descendo abaixo dos 2.

Sempre que o modelo se encontre no solo, o piloto deve estar acocorado com o punho no chão, todavia agarrado.

Quando o mecânico larga o modelo, o piloto levanta o punho rapidamente e, à medida que faz subir o modelo, recua para o centro do círculo. Por vezes, quando do início da rolagem, os modelos de Corridas têm a tendência de entrar dentro do círculo, em virtude da inclinação para dentro do veio-motor e do peso dos cabos. Este percalço pode ser evitado dando um ligeiro puxão ao punho, na direcção dos cabos e no sentido modelo-punho, o que vai permitir que o modelo se incline rapidamente para fora, dado que o centro de gravidade se encontra à frente do ponto de aplicação da força exercida.

Assim, e por vezes, não basta recuar durante a rolagem; é preciso dar enérgicos puxões ao punho para que os cabos se mantenham permanentemente esticados na fase sempre crítica de descolagem.

(*) **Nota da Edição Digital:** Mais uma vez que faz notar que estamos a reeditar um livro com 40 anos, mantendo o rigor do texto original. Hoje, mesmo para principiantes, um tempo superior a 5 minutos seria inaceitável, pois a sua lentidão poria em risco os outros concorrentes.

A rolagem far-se-á o mais curta possível, não elevando o modelo na descolagem acima dos 3 metros.

Uma vez em voo, deve manter-se o punho ao peito, não puxando. Quando o motor pára, o piloto sai do centro do círculo e tenta conduzir o modelo, de modo a fazê-lo estacionar o mais próximo possível do mecânico (fig. 274).

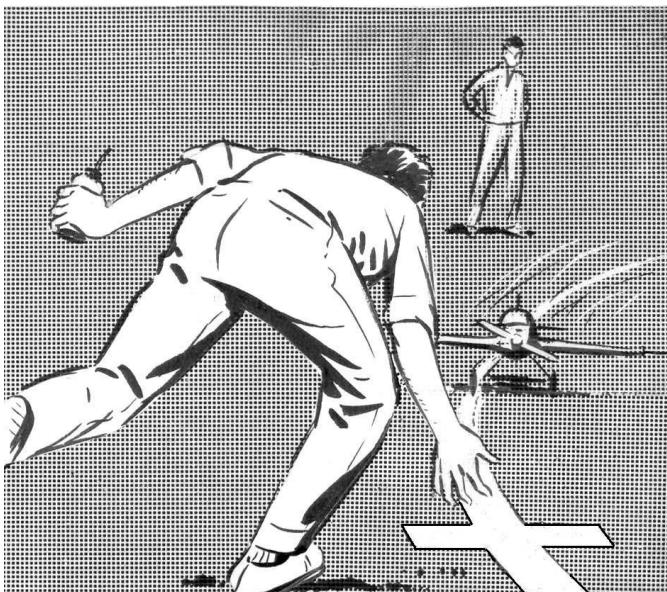


Fig. 274

Quando o modelo toca o solo, o piloto deve encontrar-se no limite do círculo de pilotos. Se assim acontecer, o modelo pára na linha dos mecânicos. Não se pode esquecer que o mecânico não poderá passar para além da linha de segurança, para recuperar o modelo, caso ele estacione dentro daquela linha.

Em corrida, ao aterrissar, o piloto tem de se certificar de que não estão na pista a reabastecer outros modelos; de contrário, terá de manobrar o seu de modo a evitar colisões com os aparelhos estacionados e, o que é mais importante, a não molestar os mecânicos que, ocupados no seu trabalho, não podem aperceber-se do perigo que, em silêncio, se aproxima da sua cabeça.

Preparação do mecânico

Numa corrida, o trabalho do mecânico é tão importante como o do piloto. Há até quem assevere que a sua missão é bem mais difícil que a do companheiro de equipa.

O mecânico, mesmo em treinos, deve encontrar-se sempre no mesmo local. O piloto tentará colocar o modelo a seus pés.

O mecânico deve instalar-se junto de um dos sectores de partida e agarrar o modelo na rolagem; assim, não perderá tempo a correr para o sector anterior.

Deve ter sempre cheia a bisnaga de combustível e trazer consigo: hélices, chave de *spinner*, alicates, um pouco de desperdício, etc.

Deve usar uma dedeira apropriada, ou luva velha, para evitar ferimentos ao pôr o motor em marcha.

Num bom reabastecimento, o mecânico não terá mais do que agarrar o modelo, injectar o combustível no depósito, introduzir umas gotas pelo escape, dar vigorosamente ao hélice e, depois de o motor pegar e ficar afinado, largar o modelo. O mecânico não terá necessidade de olhar para o piloto. Ele estará a postos (fig. 275).

Esta operação poderá considerar-se perfeita se o modelo não estiver no solo mais do que uma meia dúzia de segundos (*).

O mal da maior parte dos mecânicos é não conhecerem o motor com que vão trabalhar; demoram em demasia o reabastecimento, provocando muitas as vezes a desclassificação da equipa, por não conseguir completar a corrida no tempo regulamentar.

Durante a corrida, o mecânico experimentado não terá necessidade de manejar a agulha ou a chave de compressão. As posições correctas serão determinadas nos treinos, imediatamente antes da prova.

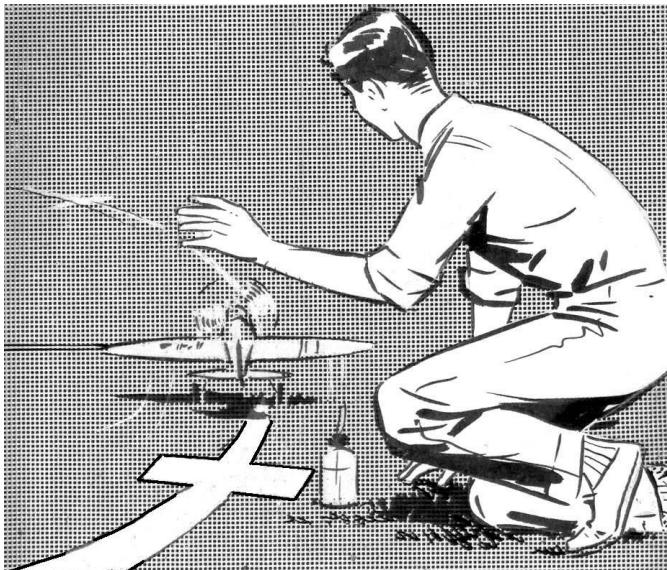


Fig. 275

Qualquer motor em boas condições de funcionamento, e quando quente, arranca facilmente se se introduzir a quantidade necessária de combustível pelo escape; o importante é saber dosear essa quantidade.

Assim, o mecânico, desde muito cedo, deve começar a tratar do seu motor e a conhecê-lo em todas as circunstâncias: como se operam os arranques a frio e a quente, quando ele afoga, ou quando necessita mistura mais rica, quando o carburador se entope, ou o tubo de alimentação se estrangula, etc.

Motor e hélices

Um modelo de Corridas tem de percorrer 10 km no menor lapso de tempo e, para isso, dispõe de um depósito de combustível de capacidade não superior a 10 c.c. (**)

O problema está, pois, em efectuar o menor número possível de reabastecimentos, tirando, ao mesmo tempo, do modelo o máximo de velocidade. Logo, as experiências com o motor serão dirigidas no sentido de obter a maior potência, com o menor consumo de combustível.

(*) **Nota da Edição Digital:** Hoje em dia, um reabastecimento "bom", será sempre inferior a 3 segundos.

(**) **Nota da Edição Digital:** O regulamento actual de F2C (modalidade vulgarmente chamada "Corridas FAI"), limita a capacidade do depósito a 7 cm^3 , pelo que a estratégia, adiante descrita, da opção pelas 50 voltas, deixou de ser válida. Também nas "Corridas Goodyear", onde o depósito não tem uma capacidade máxima definida, a obrigatoriedade de realizar, pelo menos, dois reabastecimentos, igualmente invalida a opção das 50 voltas.

Os motores que se empregam nesta modalidade são os do tipo *Diesel*, por permitirem reabastecimentos mais rápidos do que os de *glow-plug* e consumirem menor quantidade de combustível.

Um bom motor para Corridas deve reunir as seguintes características: potência elevada, consumo reduzido e arranque fácil.

Se para a Velocidade as conclusões principais de afinação são tiradas junto do banco de ensaios, em Corridas as experiências realizam-se fundamentalmente no campo, ensaiando combustíveis e, em especial, hélices; e isto porque não existe maneira teórica de determinar com precisão quantas voltas pode o modelo efectuar com este ou aquele hélice. Só com ensaios sucessivos se pode chegar a conclusões exactas.

Em primeiro lugar, deve eleger-se um tipo de combustível que permita, ao mesmo tempo, boa potência e arranques fáceis.

Em seguida, ensaiam-se hélices.

Os hélices que mais se empregam são os de 7" e 8" de diâmetro. Os de 7" vão de 7" × 8" a 7" × 10" e os de 8" de 8" × 7" a 8" × 9", variando, dentro destes limites, de 1/4 de polegada, tanto em passo, como em diâmetro.

Nos primeiros ensaios, começa-se por voar o modelo com o hélice que pareça mais adequado para o número de voltas que se deseja: ou 50, para um único reabastecimento, nos 10 km, ou 34/35 voltas para dois reabastecimentos – hipóteses mais aceitáveis e frequentes.

No primeiro caso, o voo será menos veloz do que no segundo, dado que, como se sabe, a velocidade é inimiga do baixo consumo.

Admitamos que foi escolhida a primeira hipótese: 50 voltas.

Feito o primeiro voo, verifica-se que, com um hélice de, por exemplo, 7 1/2" × 8", o modelo perfez 30 voltas a 100 km/hora.

Fecha-se um pouco mais a agulha e verifica-se que o número de voltas e a velocidade aumentaram, continuando o motor afinado.

Nos voos seguintes, e nestas circunstâncias, o procedimento será apertar um pouco mais a compressão e ir fechando uns pontos à agulha, até que o motor o permita sem perda de rendimento.

Se, após estes ensaios, não foi possível atingir as 50 voltas, há que substituir o hélice, para diminuir o consumo ou aumentar a velocidade.

Assim, poder-se-á optar ou por um hélice de maior diâmetro ou de maior passo, que, por rodar menos, poderá vir a consumir menos, mantendo a velocidade, ou ainda por um hélice de menor diâmetro e maior passo, que, apesar de consumir mais, por aumentar a rotação, venha a compensar em velocidade.

A segunda hipótese – 34/35 voltas – obtém-se com hélices de menor diâmetro e passo maior, isto é, sacrificar-se-á o consumo à velocidade.

A técnica para obter o maior número de voltas, com o mesmo hélice, consiste em ir apertando um pouco mais a compressão e a agulha, até aos limites possíveis.

Quando o motor se considera afinado, no chão, pode, em regra, aumentar-se ainda ligeiramente a compressão. Se bem que, nestas circunstâncias, ele esteja a trabalhar demasiado comprimido, em voo, o regime regularizar-se-á, atingindo o motor a afinação óptima.

Como se sabe, o recuo do hélice diminui em voo e, em consequência disso, o número de r.p.m. aumenta. Assim, os tempos de admissão e escape diminuem, tomando-se necessário, para uma mesma afinação, ou um maior avanço da ignição (compressão mais elevada), ou uma maior abundância de combustível (agulha mais aberta).

No caso das Corridas, porque importa fundamentalmente o menor consumo, opta-se pela primeira hipótese, aumentando ligeiramente a compressão. Embora demasiado reduzido no chão, o volume da câmara de combustão, quando em voo, será o adequado à quantidade de combustível absorvido em cada admissão.

Por vezes, no decorrer dos treinos, sucede que o número de voltas começa a decrescer, apesar de se ter vindo a fechar a agulha, ou a apertar a chave de compressão. Isto quer dizer que o motor pára antes de gastar todo o combustível do depósito, o que se pode verificar facilmente invertendo o modelo e abrindo a agulha do carburador. Pelo tubo de carga do depósito sairá o combustível remanescente.

Neste caso, ou o motor estava a trabalhar demasiado comprimido, ou com a agulha do carburador muito fechada.

Trabalhando o motor com uma compressão muita elevada, está a provocar-se a detonação e, consequentemente, um anormal aumento de temperatura, que se manifesta por uma diminuição de rotações, acabando o motor por parar por sobreaquecimento.

O sobreaquecimento pode também verificar-se em virtude de um demasiado afluxo de carburante (agulha muito aberta). Os efeitos serão idênticos aos da exagerada compressão: dar-se-á a detonação e o motor pára por aquecimento em excesso, não chegando a consumir todo o combustível do depósito.

Pelo contrário, se a agulha do carburador se encontrar demasiado fechada, pode também o motor parar antes de ter consumido toda a mistura.

Sabe-se que o combustível entra no motor devido à baixa pressão gerada no *carter* e à ação da força centrífuga sobre o combustível do depósito; por esse facto, todos os motores que equipam modelos de Voo Circular trabalham, em voo, com a agulha mais fechada que no banco de ensaios.

Assim, quando a agulha do carburador se encontra fechada demasia, o motor só trabalha enquanto o somatório da descompressão do *carter* (que é constante) com a força centrífuga (que diminui com o gasto de combustível, visto ser proporcional à massa) for suficiente para aspirar a quantidade de combustível indispensável à carburação. A partir daí, baixando a força centrífuga além de certo limite, o motor pára, por insuficiência de alimentação.

Neste caso, o motor, em voo, vai aumentando de rotações até atingir o máximo, começa a ratear cada vez mais e pára.

ACROBACIA

Nem só aos excepcionalmente hábeis no *contrôle* por cabos está reservada a prática da Acrobacia, como errada e frequentemente se pensa. Também os menos aptos podem vir a executar com perfeição as manobras mais difíceis, desde que orientem os seus treinos com método e acerto.

A posição do operador tem certa importância na boa execução das figuras. Ele deve começar por fazer as manobras de costas para o vento, de modo que o modelo, nas posições críticas, mantenha sempre os cabos bem esticados.

Na descolagem e nos momentos em que o modelo tem a tendência de reduzir a velocidade, deve o operador avançar um pouco o braço, puxando o modelo para lhe imprimir maior velocidade.

O braço deve manter-se estendido, no prolongamento dos cabos, ou ligeiramente avançado, acompanhando o modelo em todas as figuras e manobras.

O operador deve rodar sobre si mesmo durante o voo horizontal e estacionar, com os pés um pouco afastados para melhor manter o equilíbrio, no momento da execução das figuras.

Os primeiros treinos devem consistir apenas de voo horizontal, a cerca de três metros de altura.

Só depois de se haver conseguido dominar as variações em altura do modelo, com tempo ventoso, é que se deve passar do voo horizontal às manobras seguintes.

Os voos imediatos devem então incluir subidas e descidas a 90º, figuras que, embora não façam parte dos programas oficiais de Acrobacia, constituem um bom meio de transição para as manobras mais difíceis.

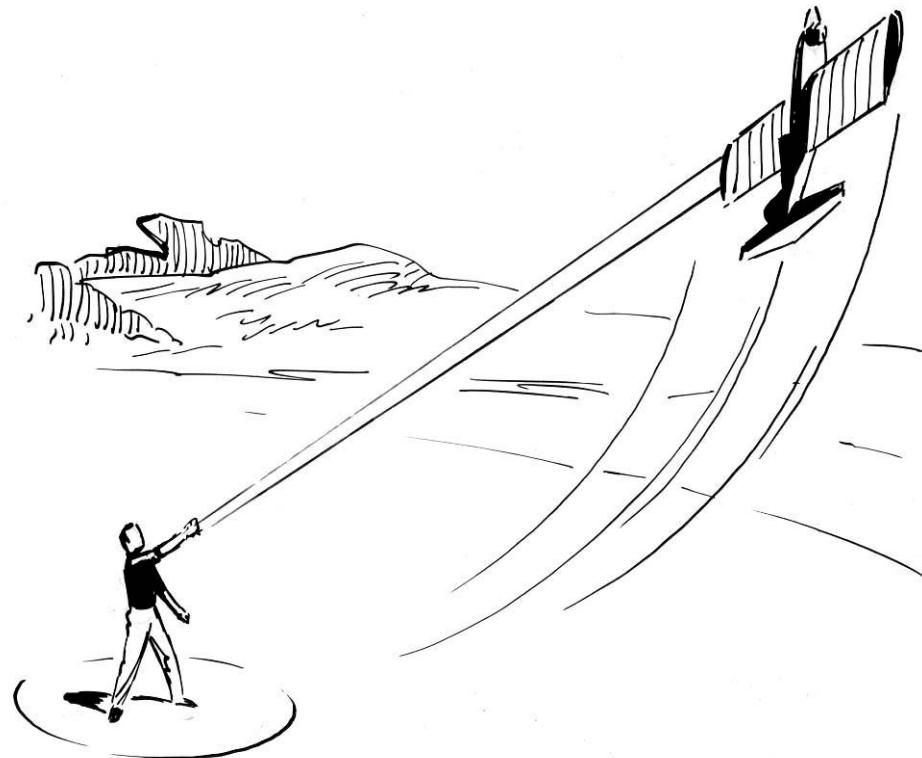


Fig. 276

Quando o operador se encontrar de costas para o vento, maneja bruscamente o punho, de modo a fazer subir o modelo a uns seis ou sete metros, tentando manter o voo horizontal a essa altura.

Percorridas algumas voltas, e quando se encontrar, de novo, de costas ao vento, o operador pica o modelo à vertical, desfazendo a picada a três metros e continuando em voo horizontal.

Só depois de conseguir dominar por completo o modelo nas subidas e descidas a 90º e de as executar com perfeição – saindo os ângulos bem demarcados e assumindo o modelo posições verticais, quer na subida, quer na descida, sem se afundar ou ondular, quando das entradas em voo horizontal –, deve passar à figura seguinte: a volta sobre a cabeça.

Esta figura é como que a ligação da subida e descida anteriores e consiste em descrever com o modelo um semicírculo num plano vertical.

Partindo do voo horizontal, puxa-se o modelo a uma subida a 90º, obrigando-o a passar à vertical do operador. Aí pica-se o modelo, levando-o a descer à vertical, no lado contrário ao da subida, desfazendo a picada à altitude normal do voo horizontal.

A dificuldade principal desta figura reside no facto de, quando o modelo atinge o topo, ter a tendência de mudar de direcção. Para que isso não aconteça, é necessário picar o modelo no momento em que ele passa sobre a cabeça do operador. Também nessa altura o operador se voltará rapidamente para o lado da descida, a fim de dirigir o modelo na direcção do ponto de referência que, previamente, determinou.

Chegado a esta figura, deve repetir-se, em cada voo de treino, todas as anteriores manobras, alternando-as. Deve, assim, tentar-se executar com a maior perfeição a descolagem, depois algumas voltas em voo horizontal, uma subida, uma descida, uma volta sobre a cabeça e, novamente, o voo horizontal, uma subida, uma descida, e assim por diante. Quer dizer, é erro preencher todo um voo só com o mesmo tipo de figuras.

O operador, quando chega à volta sobre a cabeça, deve dispor de um ajudante, na falta do Instrutor, que, de fora, observe a execução das figuras e lhe vá dando indicações de correção.

O *looping* direito será a manobra seguinte.

O operador, de costas ao vento, deve começar por fazer o *looping* muito aberto.

Partindo do voo horizontal, deve deixar subir o modelo até bastante alto. Nas primeiras tentativas é aconselhável levá-lo até sobre a cabeça.

Sempre com o punho cabrado, deve deixar-se que o modelo enrole por si, normalizando o *contrôle* logo que ele se encontre, de novo, em posição horizontal.

Os primeiros *loopings* resultarão, assim, bastante ovalizados, saindo o modelo muito alto.

Aos poucos se irá então aperfeiçoando a rodelia, para o que será necessário, na maior parte dos casos, cabrar um pouco mais o punho no início da subida, menos, quando o modelo se encontrar em posição invertida, e mais, de novo, no final da figura.

O piloto deve descrever o *looping* com o braço estendido e ligeiramente avançado em relação ao modelo.

O operador poderá tentar os *loopings* em série, logo que os isolados sejam feitos com segurança. De qualquer modo, não se deve tentar a série se o primeiro *looping* não sai bem aberto; caso contrário, o modelo poderá entrar em perda e ficar sem *contrôle*.

Aos poucos se irão aperfeiçoando as séries de *loopings*, tentando fazê-las com as rodelas cada vez mais apertadas, até ao estabelecido regulamentarmente, e rigorosamente umas sobre as outras.

Chegado a este ponto, facilmente, e por si só, poderá o praticante abalançar-se às restantes figuras dos programas oficiais, mantendo sempre o cuidado, no entanto, de não tentar a execução da seguinte sem atingir certa perfeição nas anteriores.

O ajudante ou conselheiro será sempre necessário até final, para observar deficiências e indicar as rectificações necessárias.

Motores e hélices

Os modelos que mais se usam, inicialmente, para a prática de Acrobacia são os equipados com motores de 2,5 c.c., por serem, numa fase em que é vulgar partir modelos, de construção mais rápida e menos dispendiosa do que os de 5 e 6,5 c.c.

Mais pequenos e leves, são os acrobatas de 2,5 muito manobráveis, pouco velozes e exercem reduzida tracção nos cabos, para fora, razões que mais os recomendam para os iniciados.

São ainda mais sensíveis ao vento que os modelos de maiores dimensões, pelo que é de aconselhar não efectuar treinos com vento forte, em especial de rajada.

Os modelos de 2,5 c. c. usam hélices de 8" × 6", com ligeiras diferenças para mais e para menos, tanto em passo, como em diâmetro, de acordo com a velocidade ou força de tracção pretendidas.

Estes modelos não requerem treinos de afinação de motor muito complicados. Basta que se lhes assegure um regime de trabalho estável, que permita ao modelo executar manobras bruscas, sem redução sensível do número de r.p.m.

Assim, e no caso do *Diesel*, optar-se-á por uma afinação que permita uma alimentação mais abundante (mistura rica) com uma compressão mais baixa.

Nos modelos equipados com motores *glow-plug* de 5 e 6,5 c.c. empregam-se hélices cujo diâmetro anda pelas 9 e 10 polegadas, não ultrapassando o passo as seis polegadas.

A afinação da mistura deve ser rica, usando-se no combustível percentagens de nitrometano entre os 5 e 10 %.

As velas mais utilizadas são as meio quentes. No entanto, e em geral, as velas mais quentes permitem obter bons regimes em dias frios, enquanto as velas mais frias proporcionam óptimos resultados em dias muito quentes.

CAPÍTULO XI

PROJECTO DE MODELOS

Todos os aeromodelistas desejam projectar o seu próprio modelo, mas muitas vezes não o tentam porque ouvem os *mestres* falar de tremendas dificuldades de cálculo e concepção, a que os praticantes de recursos mais modestos não podem abalançar-se.

Há na realidade, quem se sente à prancheta e só dê por terminada *a sua criação* depois de se ter embrenhado em profundas teorias aerodinâmicas, cálculos matemáticos complicados e gráficos próprios da mecânica racional.

Em contrapartida, há também os que nem se sentam à prancheta e começam por talhar directamente na madeira, sem a mínima orientação e método, o seu futuro modelo.

Nem um nem outro sistema são aconselhados, em especial, para o projectista iniciado.

O primeiro, porque não parece de utilidade prática preocupar-se *o criador* com problemas de tão grande transcendência, dado que o modelo, depois de construído, só muito difficilmente poderá representar em absoluto o estabelecido no desenho; e isto porque os materiais de que o aeromodelista se serve são relativamente deformáveis: as madeiras são susceptíveis de empenar, as colas de ceder e puxar, os papéis de flectir ...

O segundo sistema é ainda muito menos recomendável, por se tratar de um trabalho ao acaso, que sairá ao sabor de improvisações de momento.

Projectar um aeromodelo em bases seguras é relativamente simples e todo o aeromodelista o pode fazer facilmente, desde que conheça os fundamentos das teorias do voo e possua alguma prática de construção e lançamentos.

Os primeiros modelos a conceber devem ser isentos de questões pretensiosas, ou soluções demasiado inéditas, as quais, a maior parte das vezes, redundam em fracasso para quem não dispõe da experiência e conhecimentos bastantes para prever certas subtilezas do voo.

Aos poucos se irá buscando o inédito e o mais difícil.

Admitamos que um aeromodelista, de conhecimentos teóricos e prática medianos, pretende projectar o seu próprio «A-2» de competição.

Como deve ele orientar o projecto? Quais os princípios de que se terá de servir?

Antes de mais nada, deve começar por estabelecer certos elementos técnicos que servirão de base à elaboração dos primeiros esboços, tais como: perfis da asa e do estabilizador, alongamentos, momentos de equilíbrio, distribuição de áreas, posição do centro de gravidade, etc.

PLANOS SUSTENTADORES

Qual o perfil a escolher? Qual a forma a dar aos planos sustentadores?

Perante a enorme variedade de perfis existentes, cujas cotas as revistas de Aeromodelismo publicam com profusão e frequência, optar-se-á *pelo que parecer mais adequado* ao caso em vista. Expliquemo-nos: como os laboratórios aerodinâmicos não publicam polares estudadas propositadamente para aeromodelos (como se sabe, os ensaios são dados, na maior parte dos casos, a Números de Reynolds muito elevados, e em asas de pequeno alongamento, com vista portanto aos aviões reais), terá o aeromodelista de optar por aquele que lhe pareça o melhor, não considerando infalíveis (quanto a aeromodelos) aqueles valores, e tirando partido dos conhecimentos que possua sobre perfis e, inclusivamente, de experiências práticas, próprias e alheias.

Assim, e para o exemplo que estamos a considerar – um «A-2» –, escolher-se-ia para a asa um perfil côncavo-convexo, bastante fino e curvo, já que o modelo a que se aplica poderá permitir uma reduzida carga alar, da ordem dos 12 g/dm^2 , e, por se destinar a duração, necessitará de elevada eficiência.

Logo, poder-se-á vir a escolher um «Benedek», ou semelhante, mas, neste caso, dada a reduzida espessura do perfil, haveria que conferir a necessária solidez à asa, com um tipo de construção não muito simples de executar.

Perfis um pouco mais espessos, como o N. A. C. A. 6409, ou Göttingen 602, permitirão construções mais simplificadas, todavia, de eficiência mais modesta.

Adoptado o perfil, procurará o aeromodelista conhecer, o mais exactamente possível, as suas características aerodinâmicas, que mais interessem à elaboração do esboço, como a incidência do máximo rendimento do perfil (para determinação do ângulo de calço óptimo da asa, que, para a maior parte dos modelos de duração, está compreendido entre os 2 e 4 graus), a posição do centro de pressões, etc.

A área total (32 a 34 dm^2 , para o caso dos planadores «A-2») será então repartida entre a asa e o estabilizador, em percentagens que, na maior parte dos casos, não andam muito longe, respectivamente, dos 85 % e 15 % da área total.

É evidente que, quanto menor for a superfície do plano de cauda, mais sustentador terá de ser o seu perfil e maior a distância do momento estabilizador.

Cabe aqui referir como deve ser calculada, com exactidão, a área dos planos sustentadores.

Prescrevem os regulamentos da modalidade que a área total a considerar é a área da asa, adicionada à do estabilizador, e, no caso de asas e empenagens embebidas no corpo do modelo, as áreas devem compreender a parte central completa da fuselagem, supondo-se prolongados os contornos normais das superfícies até que encontrem o plano de simetria.

Assim, a área total obter-se-á da projecção vertical, sobre um plano horizontal, das superfícies sustentadoras, mantido o modelo na posição de voo normal, conforme indica a figura 277.

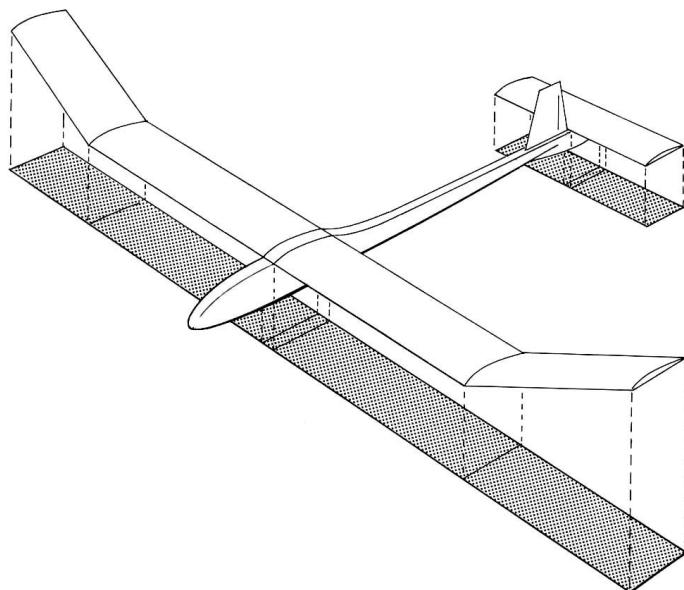


Fig. 277

No que respeita à forma, as mais usadas em asas de aeromodelos são as representadas na figura 278.

Não pode dizer-se, no aspecto geral, que esta é mais aconselhável do que aquela, porque as conveniências e desvantagens, aerodinâmicas e construtivas, equivalem-se na maior parte dos casos.

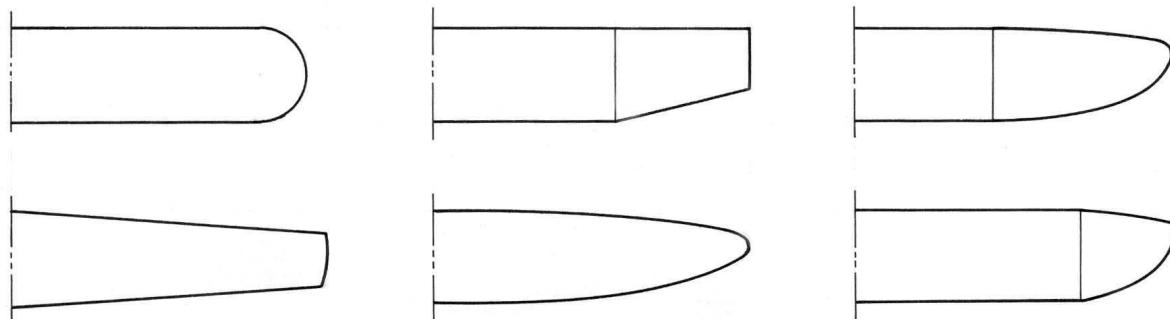


Fig. 278

Se, por exemplo, a asa elíptica possui maior eficiência aerodinâmica do que a rectangular, é, em contrapartida, de uma muito maior dificuldade de construção e de carga alar mais elevada.

Por isso, há que proceder, em cada caso, a um balanço de importâncias de todos os factores em jogo, antes de optar pela forma definitiva.

Quanto ao alongamento da asa, tem-se como princípio que ele será tanto maior quanto mais eficiente for o perfil, para reduzir ao mínimo a resistência induzida.

Para perfis muito finos e curvos, usam-se em planadores alongamentos que chegam a ultrapassar a relação 15.

Deve, ter-se presente, no entanto, que uma asa de grande alongamento é, em princípio, muito eficiente, sob o ponto de vista aerodinâmico, mas pode não oferecer vantagem se a sua profundidade tiver de ser demasiado limitada. Neste caso, aquela qualidade será neutralizada, pela ineficiência aerodinâmica que um perfil de dimensões mínimas proporciona, e pela falta de resistência que as longarinas, necessariamente frágeis, emprestam à asa.

Assim, uma asa de menor alongamento terá uma eficiência sensivelmente menor, mas poderá, em compensação, resistir mais aos esforços a que é submetida.

No que respeita às turbulências marginais, que aumentam a resistência total da asa, não deve também avolumar-se em demasia este fenômeno, dada a baixa velocidade a que voam os modelos de duração.

Apesar de este efeito ser reduzido, há que tê-lo em conta, no entanto, e eliminá-lo, se possível, deitando mão dos processos conhecidos, dos quais os mais simples e usados, nos modelos de duração, consistem em diminuir a espessura dos perfis dos extremos da asa e arredondar os bordos marginais.

O ataque crítico de uma asa depende do seu alongamento. Assim, quanto mais alongado for o plano sustentador, mais cedo se verificará a perda de velocidade.

Se, por exemplo, para uma asa de alongamento de 12 o ângulo de perda é de 7° , para uma outra de características idênticas, mas com um alongamento igual a 6, o ângulo de ataque crítico pode elevar-se a 10° .

Esta é a razão principal do emprego de estabilizadores de pequenos alongamentos (4 a 7), o que favorece a estabilidade longitudinal do modelo, evitando que o plano de cauda entre em perda antes da asa.

As formas mais usadas de estabilizadores são as indicadas na figura 279.

A sua estrutura é em tudo semelhante à da asa. Deve ser bastante robusta para resistir aos empenos e aos choques, mas muito leve para evitar, por conveniências de posição do centro de gravidade, sobrecarregar o nariz com demasiado chumbo.

Em geral, costuma colocar-se o estabilizador fora da acção turbulenta da asa, mais alto ou mais baixo, consoante as exigências de construção, ou de posição do centro de área lateral, ou simples concordância estética; em especial, quando o braço posterior da fuselagem não é suficientemente longo para permitir que o fluxo de ar se recomponha antes de atacar os planos da cauda.

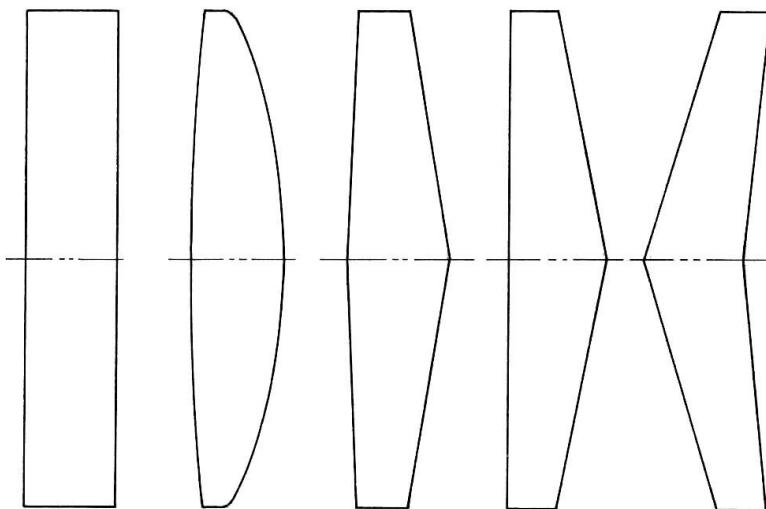


Fig. 279

FUSELAGEM

Nos planadores, a fuselagem tem por única finalidade servir de elemento de ligação aos planos sustentadores (asa e estabilizador). Nos restantes modelos destina-se ainda a receber o grupo motopropulsor, os órgãos de aterragem e outros dispositivos especiais necessários.

Assim, e para assegurar estas funções, deve a fuselagem ser suficientemente rígida para manter de uma forma permanente a posição relativa da asa e do estabilizador sem deformação do V longitudinal e oferecer a mínima resistência ao avanço.

Nos modelos de duração, e sob o ponto de vista aerodinâmico, não há que discutir grandemente as diferenças de rendimento entre esta ou aquela forma de secção da fuselagem, dada a reduzida velocidade de voo destes modelos. A maior parte das vezes, o aeromodelista opta pela forma de mais simples execução, dentro de um critério funcional.

Já nos modelos de Voo Circular, em que a velocidade de voo entra em linha de conta, há que atender à eficiência aerodinâmica, dando à fuselagem formas de boa penetração, para reduzir ao mínimo a resistência ao avanço.

Como passo seguinte, é determinado o comprimento da fuselagem: o braço dianteiro, que é compreendido entre o nariz e o bordo de ataque da asa, e o braço traseiro, que vai do bordo de fuga da asa ao bordo de ataque do estabilizador.

A determinação do braço traseiro depende da área e perfil do estabilizador. Quanto menor for a área e mais sustentador o perfil, tanto maior terá de ser aquela distância.

Numa linha recta, que representa o eixo longitudinal, é então marcado o perfil da asa, com o ângulo de calço determinado e, à distância fixada, o perfil do estabilizador.

No caso particular dos planadores «A-2», para estabilizadores de perfil sustentador, com cerca de 15 % da área total, usa-se, em regra, braços traseiros de mais ou menos quatro vezes a profundidade média da asa.

Em seguida, assinalam-se o braço anterior de fuselagem e o centro de gravidade.

Como se sabe, a posição do centro de gravidade depende, em primeiro lugar, do perfil escolhido para o estabilizador. Se, para modelos com perfil biconvexo-simétrico no plano de cauda, o C.G. se deve encontrar entre 30 % e 33 % da profundidade alar média, nos modelos com estabilizador de perfil sustentador (plano-convexos ou côncavo-convexos) a sua posição pode variar de 55 % a 80 % da profundidade da asa, numa percentagem tanto maior quanto mais sustentador for o perfil do plano horizontal.

Assim, no desenho, instalar-se-á o C.G. na posição aproximada; a sua localização exacta será determinada experimentalmente, durante o período de centragem.

Estabelecida assim, por conveniências aerodinâmicas, a posição do centro de gravidade, há que contar com o peso dos diversos materiais a empregar e ter cuidado, no decorrer do projecto, de os distribuir por toda a estrutura de modo que, depois do modelo acabado, não seja necessário sobreacarregá-lo com chumbo para levar o C.G. ao ponto conveniente.

Estabelecidas, portanto, as linhas básicas da construção do alcado lateral, é altura de o projectista dar largas à sua imaginação criadora, mas, mesmo assim, ainda dentro de certas limitações de natureza técnica, pois é necessário que o centro da área lateral venha a fixar-se em local conveniente, atrás do centro de gravidade; portanto, a colocação e dimensões da deriva, bem como todo o contorno da fuselagem, estarão condicionados a mais este factor.

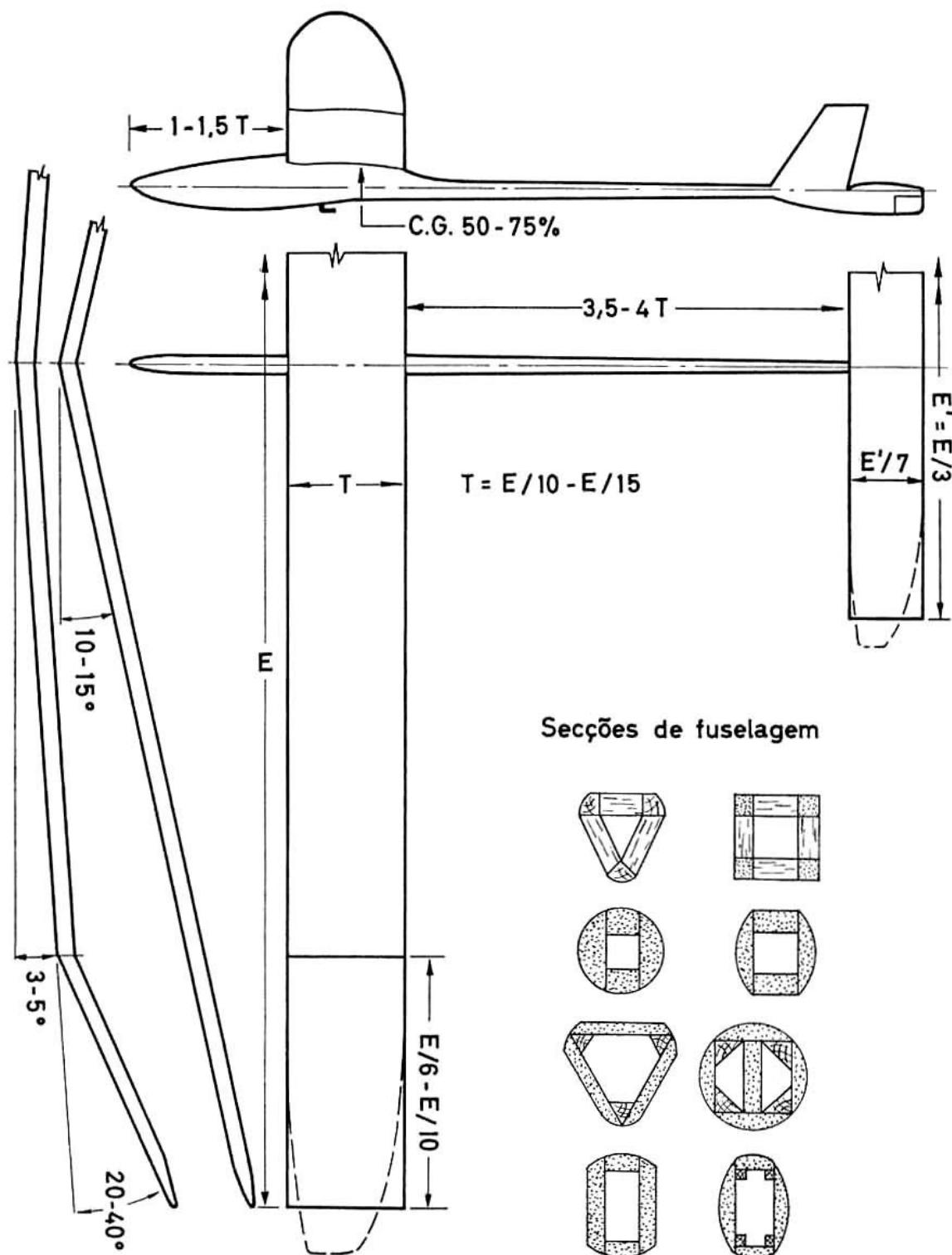
Indicaram-se, de uma forma genérica, as linhas mestras sobre que deve assentar o projecto de um aeromodelo e como pode um iniciado orientar o plano sob princípios que se consideram exactos, actualmente.

A este respeito, não deve, todavia, este capítulo ir mais além, pois tudo o mais que poderia ser acrescentado, como cálculo e desenho de hélices, estabilidades, escolha de motores, etc., figura já em páginas anteriores, em moldes a fornecer bases seguras e mais pormenorizadas para a concepção de modelos das classes mais praticadas entre nós.

De qualquer modo, porém, e por se tratar de um assunto de pura criação, ainda que subordinado a regras de carácter científico, parece não se dever insistir demasiado em métodos directivos, para não influenciar ou reduzir os dotes de invenção dos futuros desenhistas.

Inserem-se, no entanto, a seguir, alguns gráficos, relativos às modalidades mais divulgadas entre nós, que constituem um súmula de proporções, entre os diversos órgãos de estrutura, obtida de alguns modelos de aeromodelistas famosos, que ultimamente deram melhores provas em importantes competições internacionais.

PLANADORES, Tipo Nôrdico A-2



PLANADORES «A-2»

Características regulamentares

Área alar total: 32 a 34 dm².
 Peso total mínimo: 410 g.
 Carga alar máxima: 50 g/dm².

ASA

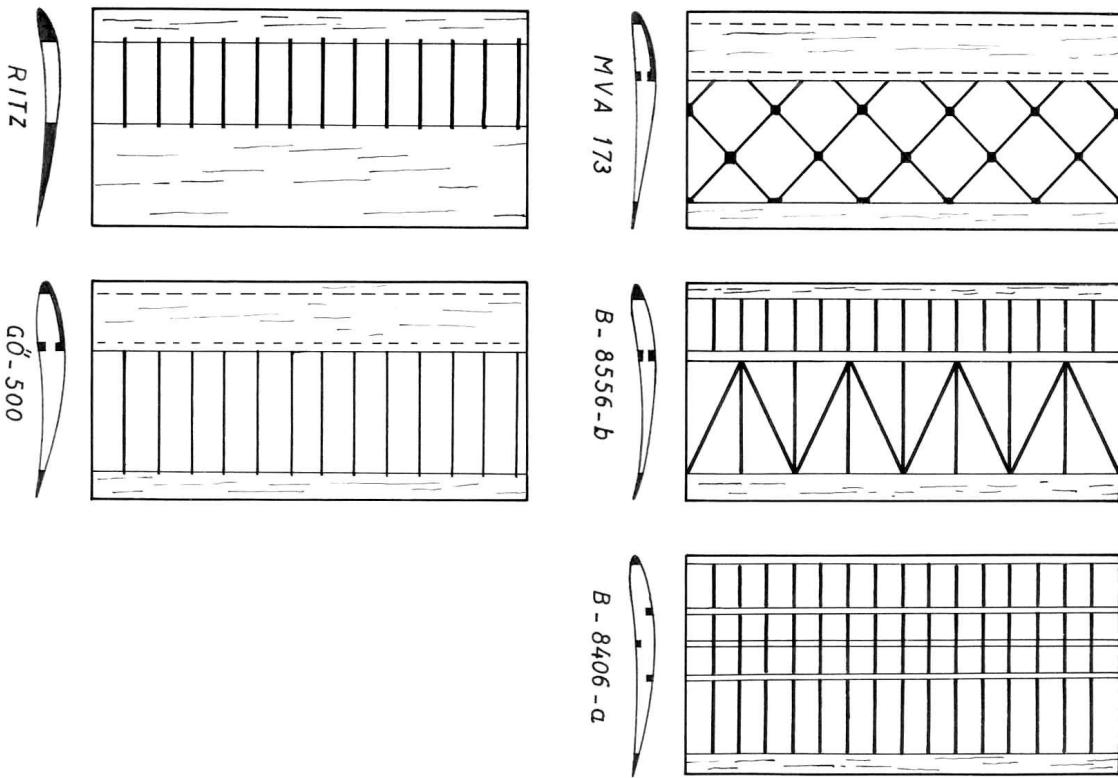
Planta – Rectangular ou trapezoidal, com as extremidades elípticas ou arredondadas.

Área – Cerca de 80 % da área total (27 a 29 dm²).

Alongamento – 10:1 a 12:1 em construções do tipo clássico;
até 15:1 em construções mais resistentes (do tipo geodésico ou de grandes superfícies forradas a balsa).

Envergadura – 180 a 220 cm.

Perfis e estruturas:



ESTABILIZADOR

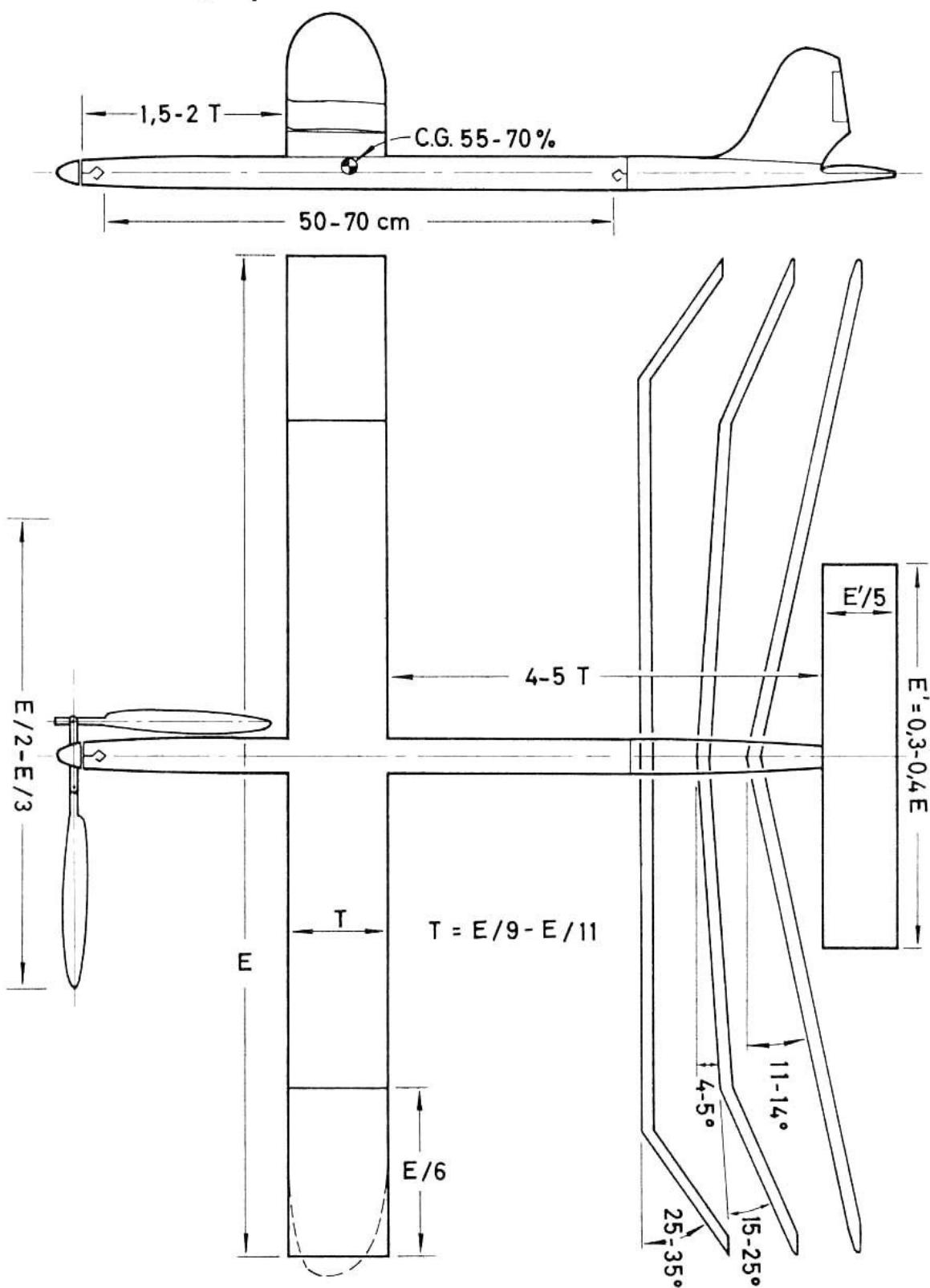
Planta – Como a da asa.

Área – 15 a 20 % da área da asa.

Alongamento – 5:1 a 9:1.

Perfis – Plano-convexos a 9 ou 10 % ou como o da asa.

BORRACHAS, Tipo Wakefield



WAKEFIELD

Características regulamentares

Área alar total: 17 a 19 dm².
 Peso total mínimo: 230 g.
 Carga alar máxima: 50 g/dm².
 Peso máximo do motor: 50 g.

ASA

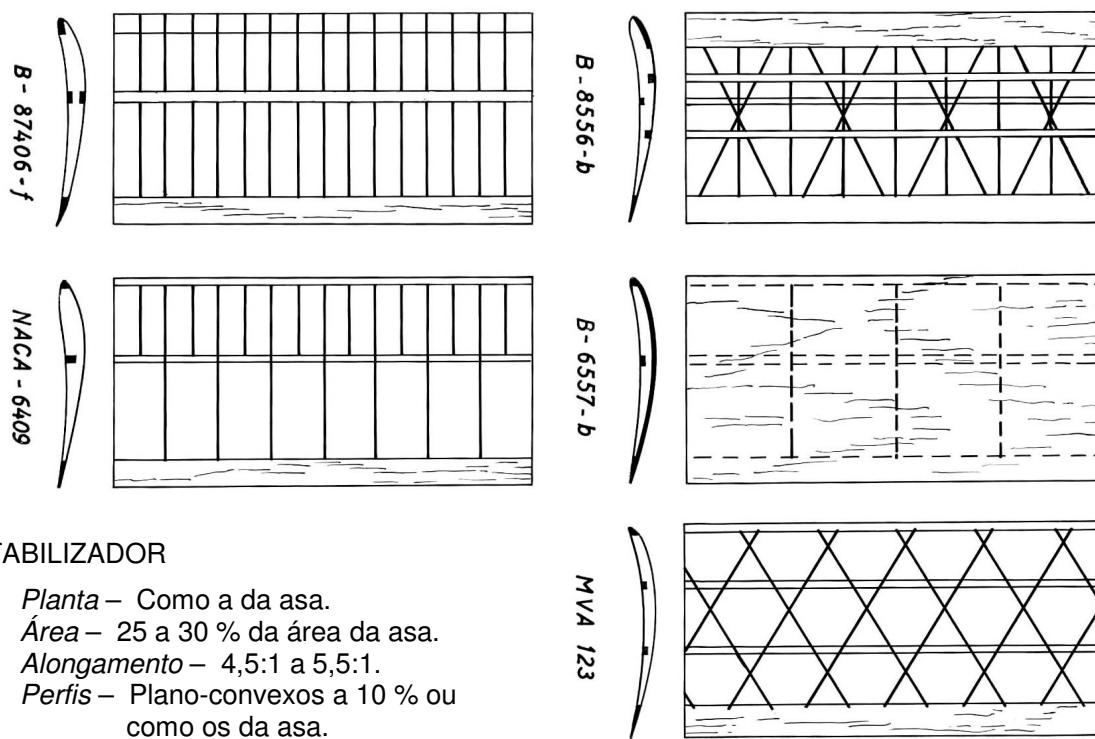
Planta – Rectangular ou trapezoidal, com as extremidades elípticas ou arredondadas.

Área – Cerca de 80 % da área total.

Alongamento – 9:1 a 11:1.

Envergadura – 120 a 140 cm.

Perfis e estruturas:



ESTABILIZADOR

Planta – Como a da asa.

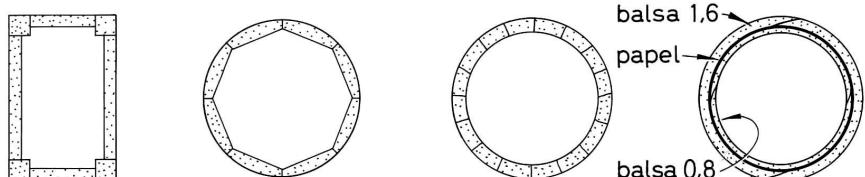
Área – 25 a 30 % da área da asa.

Alongamento – 4,5:1 a 5,5:1.

Perfis – Plano-convexos a 10 % ou como os da asa.

FUSELAGEM

Secções – Quadrada, rectangular, redonda, oval, em diamante.



HÉLICE

Área – 10 a 15 % da área da asa.

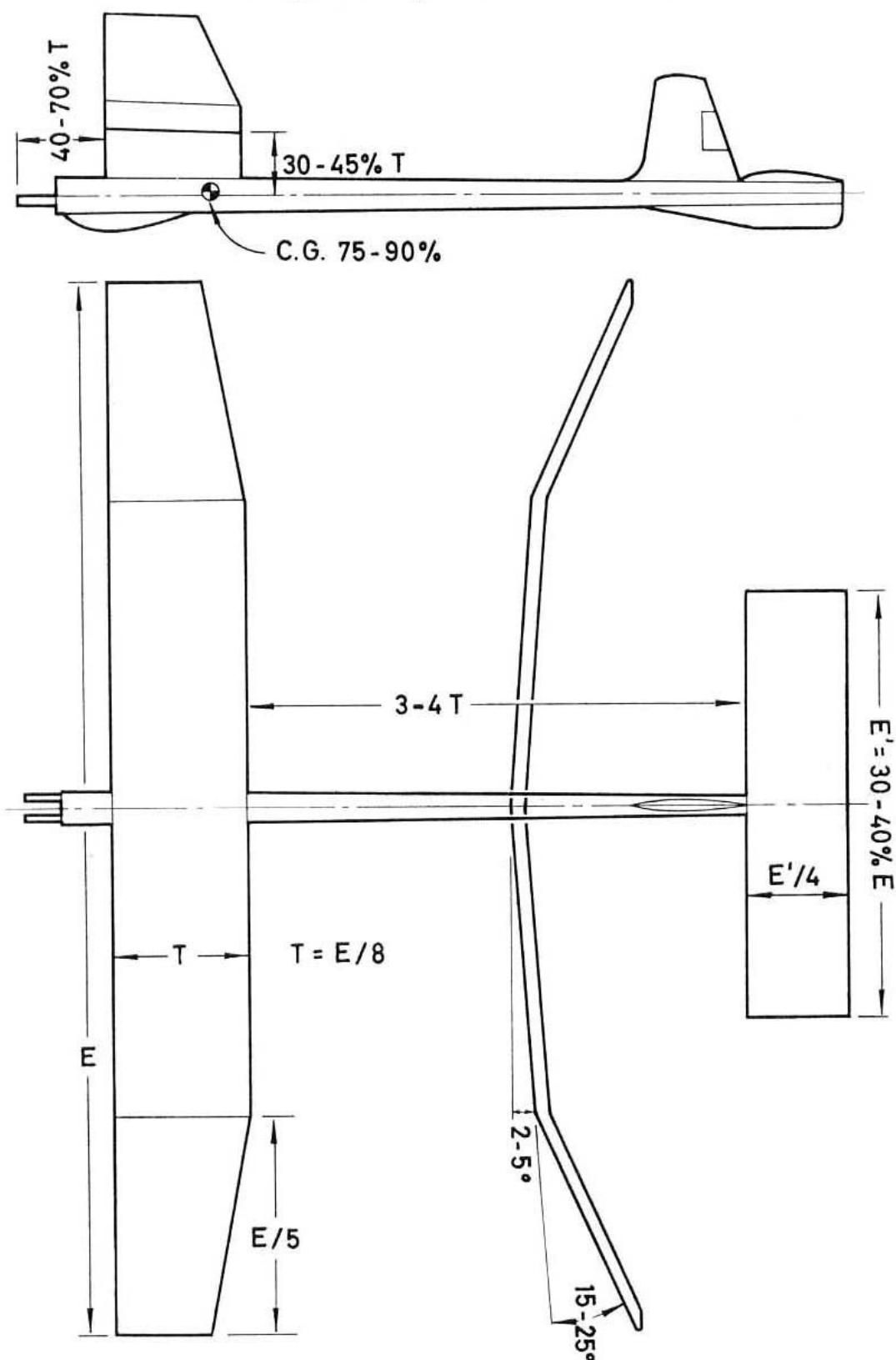
Diâmetro – $\frac{1}{3}$ a $\frac{1}{2}$ da envergadura da asa (45 a 60 cm).

Passo – 1 a 1,3 vezes o diâmetro (55 a 70 em).

MOTOR

Elástico de 6 x 1 em motores com 12, 14 ou 16 fios.

MOTOMODELOS, Tipo Campeonato do Mundo



MOTOMODELOS

Características regulamentares

Cilindrada máxima do motor: 2,5 c.c.
 Peso total mínimo: 300 g por cm^3 .
 Carga mínima: 20 g/ dm^2 .
 Carga máxima: 50 g/ dm^2 .
 Tempo motor máximo: 10 s.

ASA

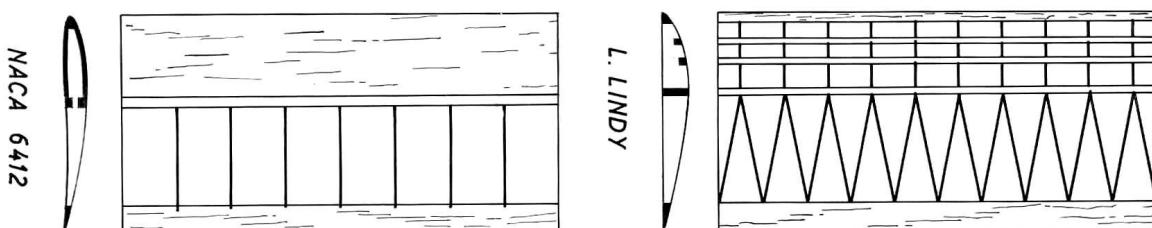
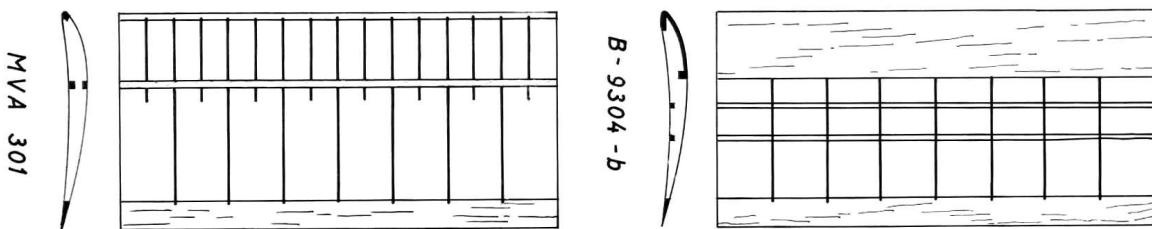
Planta – Rectangular com os extremos trapezoidais.

Área – 28,5 a 29,5 dm^2 .

Alongamento – 8:1 a 10:1.

Envergadura – 150 a 170 cm.

Perfis e estruturas:



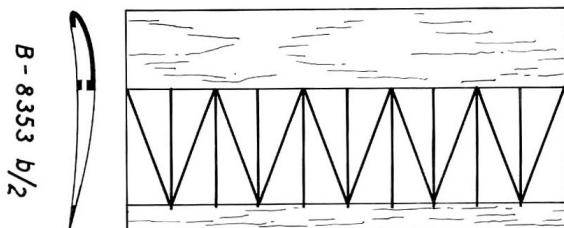
ESTABILIZADOR

Planta – Rectangular ou trapezoidal.

Área – 25 a 35 % da área da asa.

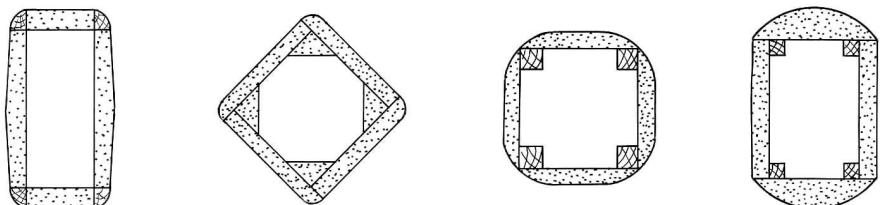
Alongamento – 3:1 a 4:1.

Perfis – Plano-convexos a 7 % ou como os da asa.



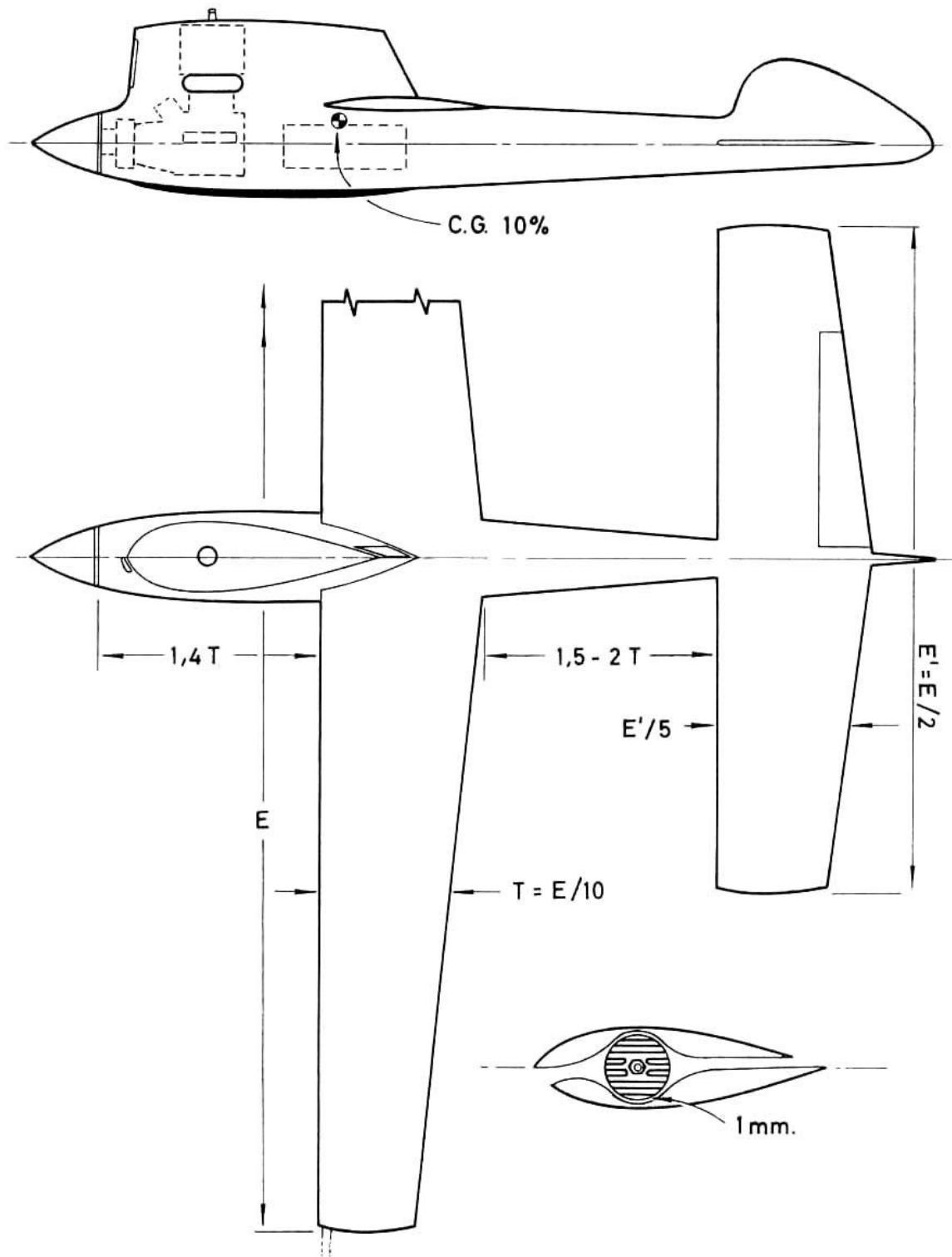
FUSELAGEM

Secções – Rectangular, oval, em diamante.



Altura da cabana da asa: 30 a 45 % da profundidade média da asa.

VELOCIDADE, Série I



VELOCIDADE

Características regulamentares
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Cilindrada máxima do motor: 2,5 c.c.} \\ \text{Área total mínima: } 2 \text{ dm}^2 \text{ por cm}^3. \\ \text{Carga máxima: } 100 \text{ g/dm}^2. \end{array} \right.$$

ASA

Planta – Trapezoidal, com bordos arredondados, ou elíptica.
Área – 65 a 70 % da área total.
Alongamento – 8:1 a 10:1.
Envergadura – de 50 a 60 cm.
Perfis – D. G. A. 1182, N. A. C. A. 0009, Clark Y (abatido a 6 ou 7%).

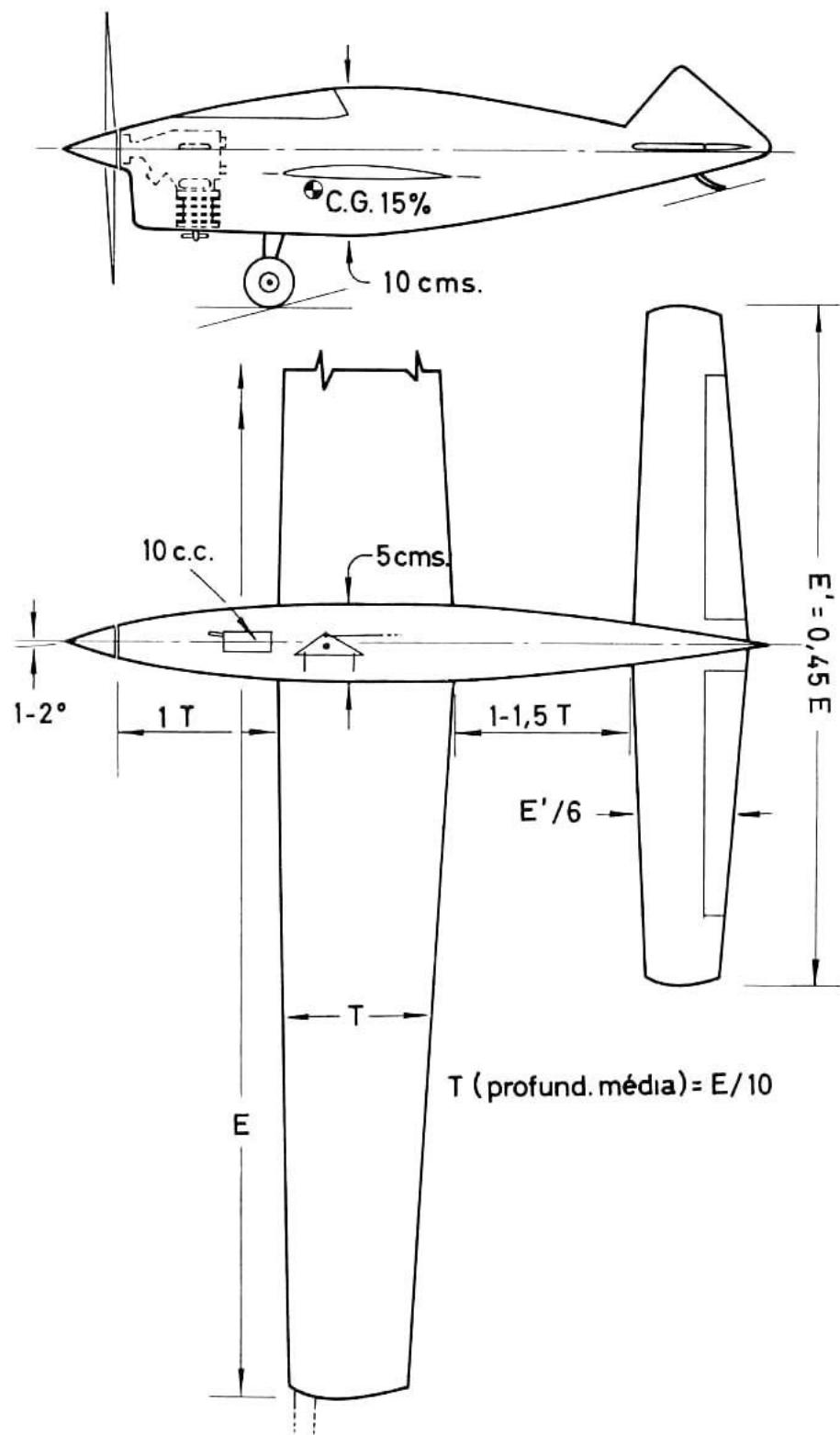
ESTABILIZADOR

Planta – Como a da asa.
Área – 30 a 35 % da área total.
Alongamento – 4:1 a 5:1.
Envergadura – 45 a 50 % da envergadura da asa.
Perfil – Simétrico.
Área do leme de profundidade – Cerca de 10 % da área do plano horizontal.

FUSELAGEM

Estrutura – Motor assente em casco metálico. A restante estrutura é leve (balsa e contraplacado, ou construção especial em papel gomado).

CORRIDAS, Série I



CORRIDAS

| | |
|---|--|
| Características regulamentares | Cilindrada máxima do motor: 2,5 c.c. |
| | Área total mínima: 12 dm ² . |
| Secção mínima da fuselagem no lugar do piloto | Peso total máximo: 700 g. |
| | Capacidade máxima do depósito de combustível: 10 cm ³ . |
| Diâmetro mínimo da roda: 2,5 cm. | Altura: 10 cm. |
| | Largura: 5 cm. |
| Diâmetro mínimo da roda: 2,5 cm. | Área: 39 cm ² . |

ASA

Planta – Trapezoidal, com bordos arredondados, ou elíptica.

Área – Aproximadamente 75 % da área total.

Alongamento – 8:1 a 12:1.

Envergadura – de 90 a 120 cm.

Perfis – N. A. C. A. 2409-34, R. A. F. 28, Saint-Cyr 52, Clark Y abatido.

ESTABILIZADOR

Planta – Como a da asa.

Área – Aproximadamente 25 % da área total.

Alongamento – 5:1 a 7:1.

Envergadura – 45 a 50 % da envergadura da asa.

Perfil – Simétrico.

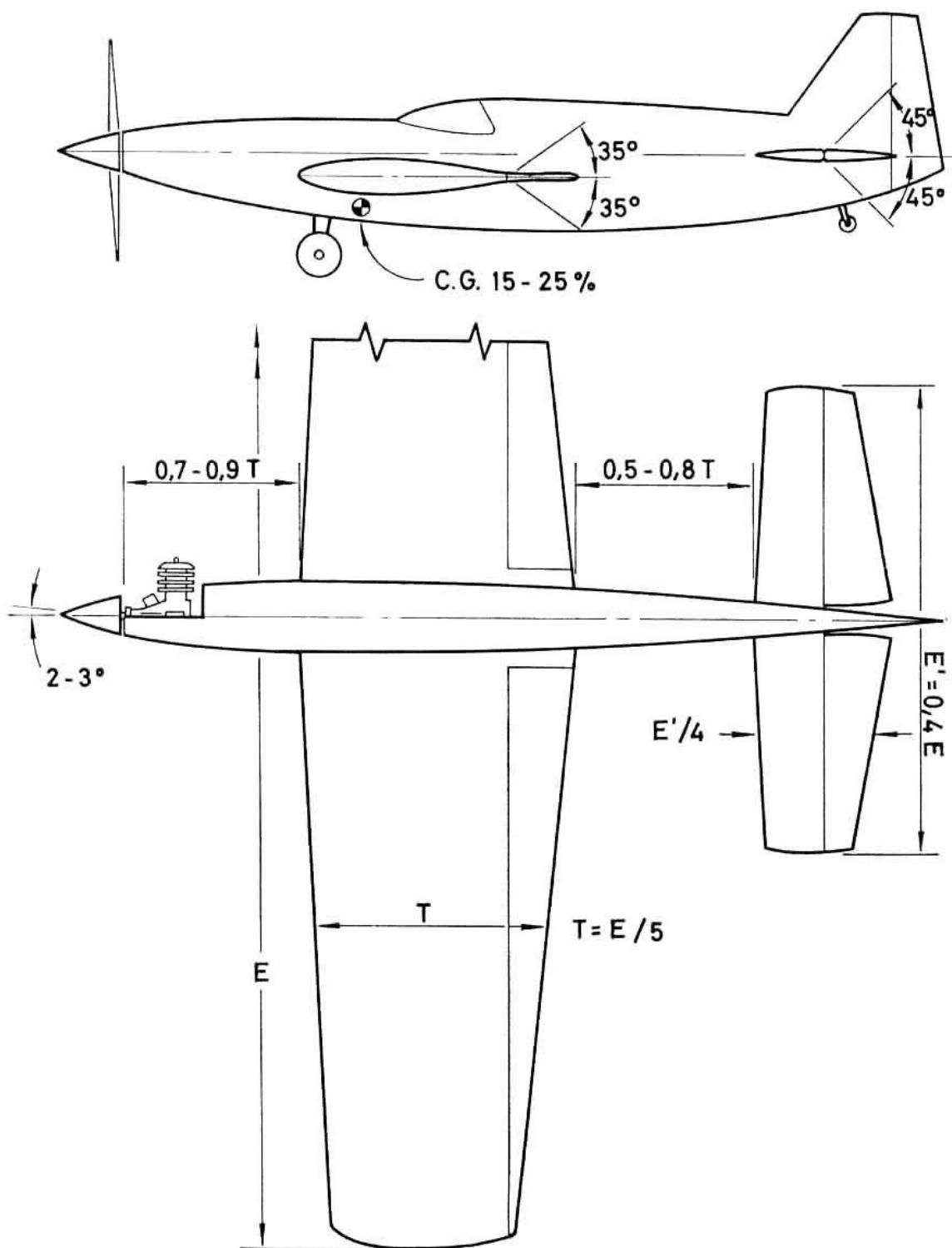
Área do leme de profundidade – Cerca de 25 % da área do plano horizontal.

FUSELAGEM

Estrutura – Bancada do motor metálica (chapa de dural de 2 mm), solidamente aparafusada a duas longarinas de faia ou pinho, que suportam, igualmente, a asa e o trem de aterragem. Toda a restante estrutura é leve (balsa e contraplacado).

Canais de arrefecimento do motor do tipo *speed*.

ACROBACIA



ACROBACIA

Características regulamentares $\left\{ \begin{array}{l} \text{Cilindrada máxima do motor: 10 c.c.} \\ \text{Área total máxima: 150 dm}^2. \end{array} \right.$

ASA

Planta – Trapezoidal ou rectangular, com bordos arredondados, ou elíptica.

Área – 34 a 40 dm².

Alongamento – 4,5:1 a 5:1.

Envergadura – 130 a 145 cm.

Área dos «flaps» – 10 a 15 % da área total da asa.

Amplitude dos «flaps» – 25 a 30º para curtos momentos de cauda e 45º para momentos longos.

Perfis – N. A. C. A. 0012, N. A. C. A. 0015, N. A. C. A. 0018.

ESTABILIZADOR

Planta – Como a da asa.

Área – 15 a 18 % da área da asa.

Alongamento – 4:1.

Envergadura – 35 a 40 % da envergadura da asa.

Perfil – Simétrico.

Área do leme de profundidade – 48 a 50 % da área do plano horizontal.

Amplitude do leme de profundidade – 30 a 45º.

FUSELAGEM

Estrutura – Motor assente em sólidas longarinas de faia, que suportam também o trem de aterragem, depósito de combustível e, se possível, a asa.

Nota da Edição Digital: Algumas das características regulamentares indicadas nos “modelos-tipo” atrás apresentados encontram-se desactualizadas, face aos Regulamentos FAI actuais. Como tem sido regra nesta edição digital, e por razões históricas, têm sido respeitados os textos originais, embora com chamadas de atenção nos casos de desactualização mais significativa.

No caso concreto destes “modelos-tipo”, e porque são diversas as alterações regulamentares, entretanto ocorridas, as quais podem, aliás, sofrer evolução a qualquer momento, é recomendada a consulta do respectivo Regulamento FAI, antes de se iniciar qualquer projecto.

CAPÍTULO XII

HISTÓRIA BREVE DO AEROMODELISMO PORTUGUÊS

1907 – JOÃO GOUVEIA

João Gouveia é considerado o primeiro aeromodelista português. Datam de 1907 os seus primeiros trabalhos concretos, relacionados com o Aeromodelismo, *arte a que ele chamava aviação infantil*.

Em 1909 registou a patente do *sistema de equilíbrio automático de aeroplanos*, que ensaiou em modelos reduzidos, e o *voador mecânico biplano*, de que existem algumas fotografias em voo.

Sobre o sistema de equilíbrio automático, são suas as seguintes palavras:

Apliquei um sistema automático de estabilidade a uma máquina, cuja disposição de planos foi sugerida por enorme sequência de observações, e obtive então em ar agitado voos estáveis, que me satisfizeram, por não ter visto em nenhuma das obras que tenho consultado um resultado igual – nem mesmo a tentativa. Daqui a ideia arreigada de que achara alguma coisa original e prática, porque se com um modelo de 1,20 m de envergadura consigo voo estável com ventos de 4 m a 5 m, é lógico supor que um aparelho de grandes superfícies, mais estável portanto, dotado do mesmo sistema de equilíbrio, deverá reagir melhor ainda contra as correntes aéreas, procurando manter a sua horizontalidade de marcha sem a manobra do aviador.

O meu sistema pode enunciar-se assim:

– Um pêndulo comandando planos ou pás de equilíbrio, cujas reacções são contrárias às inclinações da aeronave. É tudo quanto há de mais simples; apenas, a justa medida da sua aplicação é tudo o que há de mais complexo.

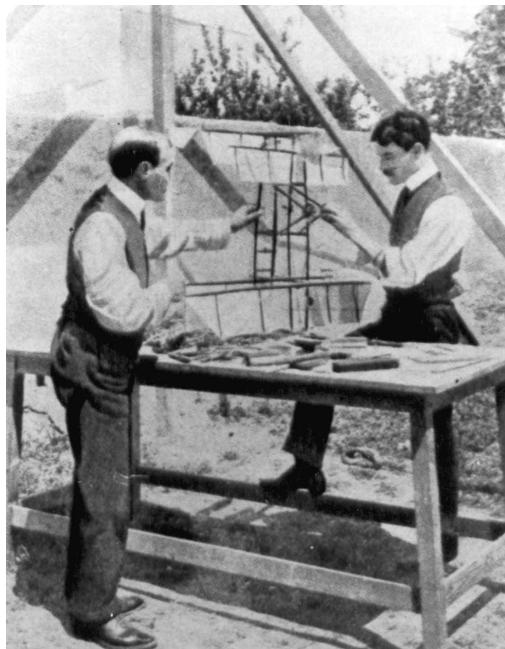


Fig. 291 – João Gouveia (à direita), ajudado por D. Tomás de Almeida, acaba a construção do *voador mecânico biplano*, na sua oficina da Rua António Pedro.

Durante muitos anos trabalhou João Gouveia no aperfeiçoamento dos seus inventos, ajudado por D. Tomás de Almeida, na sua oficina da Rua António Pedro.

Chegou ainda a montar um avião de concepção própria, fazendo diversas experiências no campo do Seixal. O aeroplano, no entanto, nunca chegou a descolar.

Em 1944, ainda há notícias da actividade de João Gouveia. Neste ano, registou a patente da asa *auto-estável*, com perfil de sua invenção, que viria a permitir a construção de aerodinos destituídos de plano estabilizador.

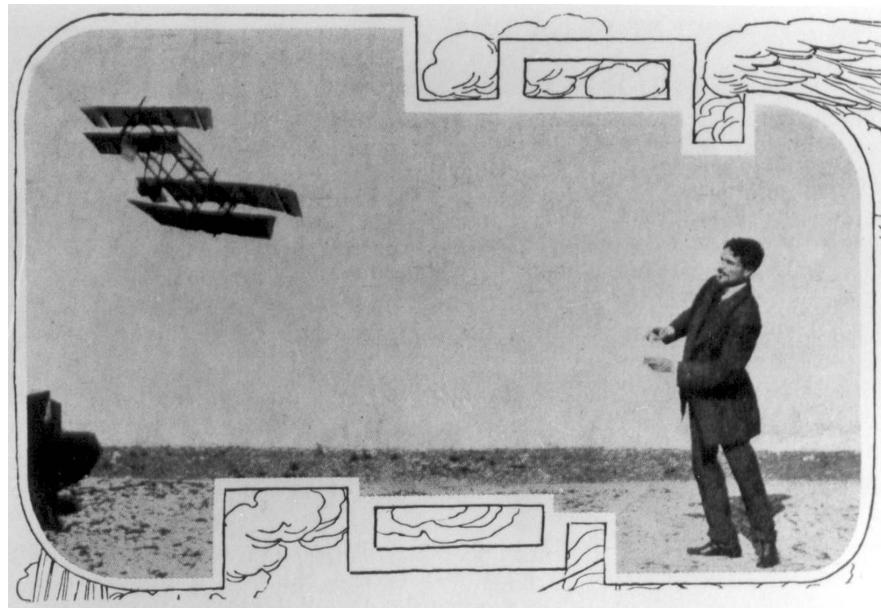


Fig. 292 – João Gouveia experimenta o seu biplano.

1929 – CONCURSO DE MAQUETAS

A primeira manifestação oficial de Aeromodelismo, de que há memória e notícia, efectuou-se em 1929, no Campo Grande.

Integrado numa festa de Aviação, o Aero Club de Portugal levou a efeito, nesse ano, um *Concurso de Modelos de Aviões*, que teve o patrocínio da revista de divulgação aeronáutica *DO AR*, dirigida por Pinheiro Corrêa.

O primeiro prémio, constituído pela taça *do ar*, foi ganho pelo Centro de Aviação Marítima, que apresentou o modelo do hidroavião «CAMS». O segundo prémio – uma taça em miniatura do Aero Club de Portugal – coube ao modelo construído pelo Grupo de Esquadrilhas de Aviação República.

Apesar de se tratar de um certame que se destinava a modelos não voadores, não podemos deixar de considerá-lo como o primeiro Concurso de Aeromodelismo que se realizou entre nós.

1936 - RICARDO DE SOUSA LIMA

Em Outubro de 1936, aparece, pela primeira vez, na imprensa portuguesa, o termo *Aviominiatura*, com o que se pretendia designar *modelo reduzido de avião*. Aviominiatura significava ainda *ciência ou arte de construir e fazer voar miniaturas de aviões*.

Foi Ricardo de Sousa Lima – o incansável e primeiro grande apaixonado do Aeromodelismo português – quem, com o pseudónimo «Aviatik», em primeiro lugar divulgou, na *Revista de Aeronáutica*, do jornal *O Comércio do Porto*, a existência, entre nós, da pequena aviação que, especialmente em França, contava já, na altura, com bastantes adeptos e praticantes.

Ricardo Lima, colaborando assiduamente em *O Comércio do Porto*, como «Aviatik», dava a conhecer a quantos se interessassem pelo novo desporto o que era essa cativante modalidade,

ensinando a construir modelos simples, divulgando os segredos do voo e despertando novos entusiasmos.

Contudo, não se limitava apenas a incitar. Tomava também contacto directo com todos os *amadores* (como ele lhes chamava) que o procuravam, conseguindo-lhes a obtenção de publicações, planos e materiais que lhes dispensava a preços reduzidos.

Crente de que o esforço individual pouco valia, começou a incitar os poucos praticantes existentes à criação de um agrupamento que tivesse por fim o desenvolvimento da modalidade e facilitasse a missão de todos os que se dedicavam à prática da Aviominiatura. Assim, em Janeiro de 1937, escrevia a Martino de Oliveira, um dos primeiros *amadores*, o seguinte:

Repetindo o que já se disse na *Revista de Aeronáutica*, deve V. Ex^a. procurar formar um núcleo aviominaturista, pois isso facilitar-lhe-á muito o trabalho e proporcionará à causa a conquista de mais adeptos.

Afinal, uns meses mais tarde, era o próprio Ricardo Lima que tomava o conselho para si e fundava o que viria a ser, durante algum tempo, o maior agrupamento de Aeromodelismo do País – a L. I. P. A.

1937 – A PRIMEIRA PROVA DESPORTIVA

Ricardo de Sousa Lima havia algum tempo que falava, nas colunas de *O Comércio do Porto*, na possibilidade de reunir, num grande concurso, todos os jovens portugueses que, até então, se dedicavam com entusiasmo à prática da Aviominiatura. A ideia foi ganhando forma, até que em 27 de Junho de 1937 foi possível levar a efeito, no aeródromo da Palmeira, o *Primeiro Concurso de Miniaturas de Aviões do Aero Club de Braga*.

Segundo diz «Aviatik»:

... apesar da campanha surda que contra o Concurso se moveu nesta cidade; apesar das desfavoráveis críticas que o Regulamento mereceu de vários entendidos; apesar dos velhos do Restelo, que se fartaram de vaticinar a falência e até a impossibilidade de realização do Concurso por falta de concorrentes – o Concurso foi um facto e um dos mais notáveis factos da Aeronáutica nacional dos últimos tempos!

No mês anterior, o Departamento Aeronáutico do Instituto Superior Técnico havia organizado um Concurso de Aviominiatura, no campo do Jockey Club, mas, em virtude das más condições do tempo, não foi possível obter o mais insignificante resultado técnico. Assim, não mais se falou neste fracasso e o festival da Palmeira ficou conhecido como o primeiro concurso de modelos de aviões realizado em Portugal.

Inscreveram-se no Concurso de Braga 18 concorrentes, com 24 aparelhos.

A competição compreendia provas de velocidade e duração, não tendo sido possível realizar as de velocidade, por falta de tempo.

Na verdade, só pelas 16 horas se deu início aos voos, esperando-se a todo o momento que a forte ventaria que, nesse dia, se fazia sentir na Palmeira, abrandasse um pouco. Foi, pois, o vento, aliado à falta de experiência dos concorrentes, que prejudicou os voos, não permitindo melhores «tempos». Assim, obtiveram-se, apenas, os seguintes resultados:

CATEGORIA B (Pairadores de 0,91 a 2,00 m de envergadura):

- 1.º – Núcleo da Escola Industrial de Braga : 2 segundos;
- 2.º – Núcleo da Escola Industrial de Braga : 1 segundo.

Os modelos classificados nesta categoria não eram propriamente planadores, mas maquetas voadoras, às quais foram tirados os hélices. O único planador inscrito – *Pimienta*, de 1,72 m – não chegou a entrar na prova, por se ter inutilizado nos treinos.

CATEGORIA D (Aviões com motor de borracha, até 0,80 m de envergadura):

- | | |
|--|------------------------------|
| 1.º – César Abott | 10 segundos; |
| 2.º – César Abott | 8 segundos; |
| 3.º – Amândio Costa | 3 segundos e $\frac{1}{5}$; |
| 4.º ^s – Martino de Oliveira e Ernesto Crespo | 1 segundo. |

CATEGORIA E (Aviões com motor de borracha, com mais de 0,80 m de envergadura):

- | | |
|---|---------------|
| 1.º – António Barroso de Carvalho | 18 segundos; |
| 2.º – David de Almeida | 6,5 segundos; |
| 3.º – Grupo Cola | 4 segundos. |

O primeiro classificado concorreu com um modelo *Varache*, construído em pinho da Flandres. De todos os modelos apresentados, foi o que se demonstrou melhor equilibrado.

CATEGORIA G (Aviões com motor a gasolina):

Concorreram César Abott e João Rafa, que não conseguiram classificar-se, por terem inutilizado os respectivos aparelhos, quando da saída para os voos regulamentares. No entanto, o modelo de João Rafa, de concepção americana, já havia voado, com êxito, diversas vezes.

Não se realizaram, por falta de concorrentes, as seguintes provas:

Categoria A (Pairadores de 0,30 a 0,90 m de envergadura); categoria C (Pairadores com mais de 2 m de envergadura), e categoria F (Aviões com motor de ar comprimido).

Todas as provas realizadas decorreram com muito entusiasmo, tendo sido presenciadas por milhares de pessoas.

DEZEMBRO DE 1937 – FUNDAÇÃO DA L. I. P. A.

A 16 de Dezembro de 1937, nasce oficialmente a Liga de Iniciação e Propaganda da Aeronáutica, autorizando o seu funcionamento legal o Governador Civil do Porto. Contudo, a ideia de constituir uma «sociedade desportiva de propaganda aeronáutica» já se havia materializado meses antes – em 2 de Agosto –, quando se reuniram para esse fim Ricardo Lima, Martino de Oliveira, Alfredo Alves dos Santos e David de Almeida, os quais formaram a Comissão Organizadora da L.I.P.A. e foram, mais tarde, eleitos directores, sob a presidência de Ricardo Lima.

Trabalhando sempre infatigavelmente, desenvolveram nos primeiros anos de existência da colectividade, especialmente Ricardo Lima e o secretário-geral, Martino de Oliveira, uma acção brilhante através de um movimento que denominaram de «Pró-Aviação Portuguesa», realizando inúmeras e importantes manifestações de carácter aeronáutico.

É bastante fértil a actividade da L.I.P.A., nos seus primeiros tempos, podendo destacar-se, entre outros, os seguintes factos:

- Organização de competições desportivas em Braga, Porto (Espinho), Figueira da Foz e Lisboa;
- Apresentação, por Ricardo Lima, das teses sobre Aviação e Turismo, no 2.º Congresso Nacional de Automobilismo e Aviação Civil, realizado em 1937;
- Abertura da Secção de Aviação-sem-motor e início da construção de dois planadores-escola (3 de Junho de 1938);
- Realização do 1.º Salão Português de Aviominiatura, no Palácio de Cristal, integrado no 1.º Congresso Nacional de Transportes (23 a 26 de Março de 1939). O Salão de Aviominiatura atingiu enorme êxito, tendo sido considerada a grande atracção do certame;
- Contribuição de Martino de Oliveira para o 1.º Congresso Nacional de Transportes.

A tese do secretário-geral da L. I. P. A. punha em evidência o valor da Aerominiatura como excelente meio de propaganda da Aviação, principalmente como actividade de alto préstimo na iniciação aeronáutica. Terminava por propor que o Aero Club de Portugal encarregasse a L.I.P.A. de organizar e dirigir oficialmente a Aviominatura em Portugal;

- Participação dos sócios da L.I.P.A. na Exposição de Aeromodelismo integrada na Semana Aeronáutica de Lisboa, que, em Maio de 1940, a Revista do Ar organizou;
- Instituição da Taça Perpétua «Barão da Cunha», para homenagear «a memória daquele que foi um inteligente piloto e um grande amigo da L.I.P.A.».

O primeiro concurso, e único, realizou-se em 28 de Setembro de 1941, mas, em virtude de reclamação, foi repetido em 26 de Outubro.

Passados estes primeiros anos de *euforia aeromodelista* (em 1941, por exemplo, o calendário de provas compreendia seis importantes concursos), a L.I.P.A., privada do seu principal elemento – Ricardo Lima, que havia saído em 1942 – e faltando-lhe o apoio financeiro indispensável ao prosseguimento da actividade, fechou as portas, durante cerca de dois anos e meio.

Valeu-lhe de novo Ricardo de Sousa Lima, que, em 1945, se colocou à frente de uma *Comissão Reinstaladora* para tentar conseguir uma sede para a colectividade e reerguer a L.I.P.A., que, mesmo sem sede, organizou nesse ano o Campeonato de Regularidade de Planadores e enviou ao 1.º Curso de Instrutores de Aeromodelismo do Secretariado de Aeronáutica Civil (Novembro de 1945) muitos dos seus associados, que concluíram o curso com boas classificações.

Ainda sem sede, a L.I.P.A. contava, em fins de 1945, com 306 associados.

Entretanto, em Fevereiro de 1946, o Secretariado da Aeronáutica Civil concedia à L.I.P.A. o subsídio salvador de 600\$00 mensais e autorizava a instalação da primeira Escola de Aeromodelismo do Porto, fornecendo para esse fim um armário de ferramentas e materiais de consumo para 50 alunos.

A L.I.P.A. instalava, assim, em 18 de Março, a sua nova sede na Rua do Almada.



Fig. 293 – Acto de posse da Comissão Reinstaladora da L.I.P.A. Da esquerda para direita: Martino de Oliveira, David d'Almeida, Carolino Henrique, dois jornalistas, Ricardo de Sousa Lima (de pé), Mário de Athaide, Carlos Oliveira e Guerra e Cunha.

Dois anos depois, Ricardo Lima pedia a demissão de director da Escola de Aeromodelismo e fazia-se substituir por Guerra e Cunha, que, nessa altura, desempenhava as funções de vogal da Direcção.

Em 30 de Junho de 1948, Ricardo Lima pede a suspensão do pagamento das quotas, em virtude de se ausentar para a África, onde, passado, pouco tempo, veio a perder a vida num brutal acidente de viação.

O G. I. A.

O G.I.A., Grupo Independente de Aeromodelismo, formou-se em 1940 com os *dissidentes* da L.I.P.A., Carlos Faria de Castro, Ribeiro de Almeida e Manuel Cavaco.

Com Fernando Nunes e Milton de Sousa constituíram um agrupamento diferente, segundo diziam, cuja principal característica era a de praticar *desporto puro*, sem preocupações de provas e convivências burocráticas.

Em 1947, Ribeiro de Almeida e Milton de Sousa construíram um rádio emissor-receptor, monocanal, que colocaram num modelo e fizeram voar, com certo êxito, em Pedras Rubras.

Julga-se que tivesse sido esta a primeira tentativa válida de rádio-*contrôle*, entre nós.

O AEROMODELISMO NA M. P.

Teve o Aeromodelismo da M.P. como seu primeiro impulsionador esse nome grande da Aviomiáutura que foi Ricardo de Sousa Lima.

Ricardo Lima foi Inspector da modalidade – o primeiro – e publicou, editado por esta Organização, o primeiro Manual de Aviomiáutura escrito em português, o qual dedicava, em especial, à Mocidade Portuguesa. São de sua autoria as palavras seguintes:

Foi pensando nesses milhares de jovens que escrevemos o que adiante se encontra, convencidos de que lhes íamos fornecer meio de se consagrarem com relativa facilidade à prática de um passatempo científico, que, sendo também interessante desporto de competição, é, simultaneamente, aquilo com que se há-de formar em Portugal a *mentalidade aérea*.

Este Manual, publicado em 1944, constituía na altura obra válida no nosso meio.

Sensivelmente pela mesma altura saía uma outra publicação denominada *Aviomiáutura – A B C da Aviação*, assinada pelo piloto-aviador Américo Vaz, ao tempo desempenhando as funções de Director do Centro Especial de Aviomiáutura da M.P., que funcionava na Rua Miguel Lupi, em Lisboa.



Fig. 294 – Reis e Manilho, do Centro Especial da M.P., na Damaia, durante um dos primeiros campeonatos de aeromodelismo da Mocidade Portuguesa.

Foram os instrutores Reis e Manilho que, depois de curta estada de Américo Vaz na M.P., asseguraram a continuidade daquele Centro Especial, o qual, mais tarde, na Casa da Mocidade de Lisboa, viria a transformar-se, com processos de trabalho mais adequados, no Centro Técnico de Aeromodelismo.

Se bem que mantendo uma instrução permanente a cerca de uma dezena de alunos, que construíam os planadores elementares *Pelayo* e *Baby*, Reis e Manilho eram, no entanto, cultores entusiastas das maquetas, pelo que não era fomentado, tanto quanto seria de desejar, na mais importante escola do País, o gosto pela criação dos protótipos voadores.



Fig. 295 – No Centro Especial da Rua Miguel Lupi, durante os acabamentos de uma «maqueta de prateleira».

Todavia, e ainda durante esta época, constituía voz discordante, no Centro Especial, o Instrutor Joaquim Mendonça Raimundo, que, acima de tudo, se preocupava em criar modelos voadores de concepção própria e muitas vezes se esforçou por introduzi-los nos programas de instrução dos cursos da Mocidade.

Os programas continuaram, no entanto, a incluir os velhos planos alemães e só dez anos mais tarde, com a criação do Centro Técnico de Aeromodelismo, foram adoptados na instrução novos planos, concebidos e desenhados neste Centro.

Joaquim Raimundo deve, no entanto, ser considerado, pelo menos em Lisboa, como primeiro impulsor, e entusiasta activo, do cálculo e concepção de protótipos voadores.

O Aeromodelismo da M.P. foi, aos poucos, ganhando alento e melhorando de nível dentro da missão que lhe compete: a de iniciar o maior número de jovens na interessante modalidade, despertando-lhes o entusiasmo que os levará, depois, à especialização das diversas categorias do Aeromodelismo.

Assim, e agora com os seus 30 cursos espalhados por todo o País, tem vindo o Aeromodelismo da M.P. a contribuir para a tão necessária *mentalidade aérea* de que o seu primeiro Inspector falava.

O VOO CIRCULAR

Por volta de 1950, a actividade aeromodelística resumia-se à L.I.P.A., às Escolas da M.P. e a poucas mais, onde se construía à *moda antiga*. O planador e o «borracha» eram as construções dominantes e todos, que eram escassos, pouco mais faziam que executar aquilo que estrangeiros desenhavam. Salvo raras excepções, entre as quais há que distinguir os trabalhos de João Rafa,

Artur Sereno, César Abott e Manuel Cavaco, todos construíam à base de planos alheios e, o que é pior, de planos estrangeiros de antes da guerra.

Em Lisboa, os poucos aeromodelistas existentes viviam separadamente, cada qual lutando por seu lado com os múltiplos problemas que se lhe deparavam.

Ao tempo, reuniam-se alguns deles na Sala de Aeromodelismo do Centro 19 da M.P., na Escola Patrício Prazeres, e aí aclaravam as suas dúvidas e combinavam saídas em conjunto. Falava-se de motores, das técnicas novas, do *U-Control*, de Jim Walker. Rodavam-se e experimentavam-se os primeiros motores modernos que um ou outro conseguia adquirir.

O Instrutor do Curso, Carlos Rodrigues, construiu então o *Junior 29*, modelo de voo circular, que se julga ter sido o primeiro a voar no País, segundo o sistema de *contrôle* por cabos.

O modelo era um acrobata equipado com um motor de 5 c.c., *glow-plug*, McCoy, e destinava-se a uma demonstração que se realizaria durante uma festa aeronáutica da M.P., em Alverca. O voo, pouco ortodoxo, foi, no entanto, de molde a entusiasmar a assistência.

Depois desta primeira tentativa, muitos desejaram iniciar-se na nova modalidade. Era a febre do voo circular.

Foram, nestes primeiros tempos, seus cultores entusiastas: António Bento, António Janeiro, Abílio Matos e Fernando Simões.

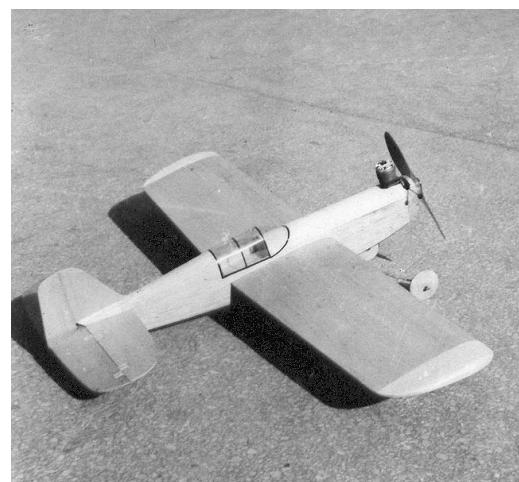


Fig. 296 – «Junior 29», o modelo precursor do voo circular em Portugal.

O CLUBE DE AEROMODELISMO DE LISBOA

O C.A.L. fundou-se em Setembro de 1952, mercê de esforços de toda a ordem que um grupo de fundadores entendeu levar a bom termo, sem desfalecimentos.

A Direcção-Geral da Aeronáutica Civil apoiou financeiramente esses primeiros passos, e seguintes, ajuda indispensável, sem a qual não seria possível ao C.A.L. atingir o nível a que ascendeu.

No Porto, onde se encontravam os veteranos do Aeromodelismo nacional, falou-se vagamente no facto. Todavia, meses depois, quando da realização do IV Campeonato Nacional, o C.A.L. enviou ao Porto seis aeromodelistas, os quais, das seis provas que o Campeonato incluía, ganharam cinco primeiros prémios e dois segundos.

A proeza tornou os rapazes do C.A.L. conhecidos e, de certo modo, concedeu-lhes o prestígio de que necessitavam para iniciar carreira.

Rapidamente o Clube lisboeta, que havia sido fundado por Armindo Filipe, Carlos Rodrigues e Abílio de Matos, se impôs no meio aeromodelista português.

A primeira grande realização do C.A.L. foi a organização do I Campeonato de Lisboa, levado a efeito em Alverca, em 24 de Maio de 1953. Organizado em moldes novos, constituiu excelente jornada aeromodelística e proveitosa demonstração às entidades oficiais, que se dignaram assistir, e ao numeroso público que os organizadores souberam levar a Alverca.

Em 1954, o C.A.L. instituía um trofeu para o «melhor aeromodelista do ano», sócio daquela colectividade, com o intuito de estimular o interesse pelas quatro mais importantes categorias: planadores, «borrachas», motomodelos, e velocidade. O trofeu foi atribuído a António Bento.

No final do ano, deslocava-se a Madrid a primeira representação oficial de aeromodelistas portugueses ao estrangeiro, constituída por Mendonça Raimundo, António Bento e Carlos Rodrigues, que se faziam acompanhar do seu colega nortenho, Artur Sereno.

Em 1955, organizou o C.A.L. o Campeonato de Planadores A-2, que se realizou em Alverca, usando-se pela primeira vez entre nós o sistema de lançamentos em regime livre.

Ainda durante este ano, em 12 de Junho, no III Campeonato de Lisboa, apresentou o C.A.L., como novidade, provas de Acrobacia e Corridas, que despertaram justificado interesse entre todos os assistentes.

O final de 1955 ficou assinalado pela realização do I Campeonato Ibérico, cuja equipa portuguesa, constituída por elementos do C.A.L., soube, apesar de vencida, colocar-se em posição de destaque, perante adversários assaz conhecedores de todos os segredos da competição.

Durante estes três primeiros anos da sua existência levou o C.A.L. a efeito dezenas de demonstrações de voo circular e treinos públicos, que muito contribuíram para a divulgação da modalidade.

O boletim *Aeromodelismo*, que o C.A.L. começou a publicar, em 1954, mas só no ano seguinte atingiu um nível aceitável, constituiu excelente meio de difusão das técnicas novas. Primorosamente copiografado, inseria aquele boletim artigos técnicos sobre os assuntos de mais interesse para a actividade, relatos de provas, notícias, planos, etc.

Em princípios de 1956, em virtude de diligências do C.A.L., foram unificadas pela Direcção-Geral da Aeronáutica Civil as normas técnicas para as provas oficiais de Aeromodelismo e colocada na Pista da Portela uma rede de protecção. Também a própria existência da Pista se deve em grande parte à muita insistência de aeromodelistas deste Clube.

Em Junho deste ano, o C.A.L. organizava o VII Campeonato Nacional, considerado pelos mais exigentes como realização esmerada.

No ano de 1957, Direcção e associados praticantes estiveram, à parte a organização de algumas provas indispesáveis, exclusivamente ocupados com a realização da I Quinzena do Aeromodelismo.

Consistia esta organização de uma cerrada campanha de propaganda do Aeromodelismo, ao nível nacional, por meio de distribuição de muitos milhares de folhetos, nos quais se evidenciava o valor do Aeromodelismo como «magnífico desporto de ar livre e excelente escola de formação do homem de amanhã», de cartazes anunciativos, de palestras, entrevistas, reportagens e notícias na Imprensa e na Rádio, de uma exposição no Palácio Foz e de demonstrações diárias na Pista da Portela.

No Porto, foram levadas a efeito demonstrações de voo circular, e em muitas outras localidades se fizeram também, por intermédio da M.P., demonstrações e muita propaganda, especialmente em Coimbra, Viseu, Braga, Setúbal e Beja.

A organização em Lisboa ocupou 26 aeromodelistas, executando uns modelos em série para as demonstrações, preparando outros os materiais, painéis e modelos para a exposição no S.N.I., trabalhando outros ainda em palestras e entrevistas a difundir pela Rádio, artigos e notícias a publicar na Imprensa, etc.



Fig. 297 – Inauguração da I Quinzena de Aeromodelismo, organização de vulto que o C.A.L. dirigiu.

Contudo, além da bem evidenciada capacidade de realização que o C.A.L. demonstrou ao levar a cabo a I Quinzena do Aeromodelismo, causou admiração aos olhos de todos, à parte o valor que muitos demonstraram na execução das tarefas mais difíceis, o elevado espírito de equipa evidenciado pelos colaboradores deste trabalho, da sua sempre inesgotável boa vontade, do ânimo que, até final e durante quase um ano, a nenhum abandonou.

A DIRECÇÃO-GERAL DA AERONÁUTICA CIVIL

Desde 1937 que a Direcção-Geral da Aeronáutica Civil (então Secretariado da Aeronáutica Civil) tem vindo a dirigir tecnicamente a instrução de Aeromodelismo em Portugal⁽¹⁶⁾ e a auxiliar em materiais de consumo, ferramentas e dinheiro as colectividades que, dispondo de um mínimo de condições, requeiram uma Escola de Aeromodelismo.

Actualmente, atinge cerca de duas dezenas o número de Associações e Secções de Aeromodelismo que, espalhadas pelo País, são subsidiadas e superiormente dirigidas pela D.G.A.C.

O Estado tem vindo, assim, a fomentar, unificando normas de trabalho e de competição, formando pessoal instrutor e auxiliando directamente, a actividade que consegue difundir em maior escala – mais do que qualquer outra – sólida *mentalidade aeronáutica*, entusiasmando nos caminhos da Aviação os jovens conscientes de que ela necessita^(*).

(16) Os cursos da M.P., no entanto, não dependem directamente daquela Direcção-Geral. É o Comissariado da M.P., por intermédio dos seus Serviços de Instrução Aeronáutica – Subinspecção de Aeromodelismo, que dirige a instrução dos Cursos que funcionam nos Centros de Formação Geral. No entanto, os programas de ensino, em especial os regulamentos técnicos das provas, são idênticos aos das Escolas orientadas pela D.G.A.C.

(*) **Nota da Edição Digital:** Este livro foi editado pela Mocidade Portuguesa em 1964. A partir de 1966, a M.P. passou por vários processos de remodelação que culminaram numa restruturação geral em 1971, numa tentativa tardia de democratização daquela Organização. Seguiu-se a sua extinção com a Revolução de Abril de 1974. Desde então, não mais o Estado Português criou qualquer outra estrutura que fomentasse a prática do Aeromodelismo no universo escolar. Durante alguns anos mais, ainda a D.G.A.C. foi subsidiando os Clubes de Aeromodelismo, o que também terminou com a extinção daquela Entidade e a sua substituição pelo actual Instituto Nacional de Aviação Civil.

Este livro acabou de imprimir-se
aos 21 de Novembro de 1964, na
GRÁFICA MONUMENTAL, LDA.
R. NEVES FERREIRA, 13, 1.º e 2.º
TELEFONES 84 39 99 - 84 32 78
L I S B O A — P O R T U G A L