

CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS ENGENHOS AUTOPROPULSADOS

EDMOND BRUN,

Professor da Esc. Técnica do Ex. e Professor da Sorbonne

I — A AUTOPROPULSAO

Todos os meios de propulsão de um móvel que não tenha contacto com o solo, utilizam a ejeção de uma certa quantidade de movimento num sentido oposto a aquele do movimento que se trata de imprimir ao móvel.

A ejeção da quantidade de movimento para trás, pode ser obtida de duas maneiras (fig. 1):

— seja lançando para trás uma parte da massa do móvel;

— seja captando na passagem uma certa massa de ar para a lan-

çar para trás com uma velocidade relativamente aumentada.

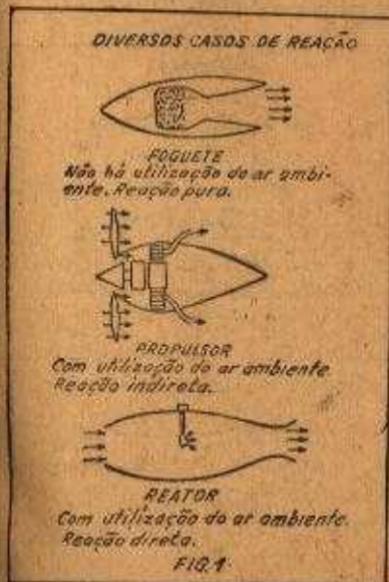
Donde duas grandes categorias de engenhos autopropulsados: *sem* ou *com utilização do ar ambiente*.

A primeira categoria, que só é aceitável para a propulsão no vácuo, interessa aos foguetes de todas as espécies.

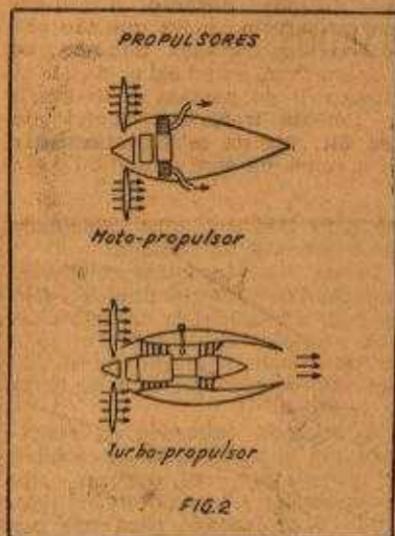
A segunda categoria se subdivide em duas classes essenciais: os propulsores e os reatores. Nos propulsores, a reação é indireta, sendo o ar lançado para trás por meio de uma hélice. Nos reatores, a reação é direta; o ar, que é lançado para trás sem auxílio de hélice, atravessa o sistema em movimento, sendo comprimido por processos variáveis segundo o tipo de reator, em uma câmara de combustão, onde o combustível é injetado e inflamado. Após a combustão, os gases se expandem e saem com grande velocidade.

Se considerarmos o conjunto dos propulsores, devemos ainda distinguir os *moto-propulsores* nos quais a hélice é acionada por um motor alternativo, e os *tubo-propulsores*, nos quais a hélice é movimentada por uma turbina de gás (fig. 2).

Assim também, no caso dos reatores, se o ar sob pressão na câmara de combustão é obtido por um compressor acionado por um motor alternativo, temos um *moto-reator*, e se o compressor é acionado por uma turbina na qual se expandem os gases inflamados, de sorte que o conjunto compressor-turbina constitua um sistema com-



pensado, temos um turbo-reator. Se a compressão do ar se faz sem intermediário mecânico, pela simples entrada mais vagarosa da corrente aérea atmosférica na frente, temos um estato-reator ou tur-



bina termo-propulsiva. Enfim, se a compressão do ar se faz igualmente numa simples tubulação, mas intermitentemente, temos um pulso-reator dos quais a célebre V 1 é o tipo mais conhecido (figura 3).

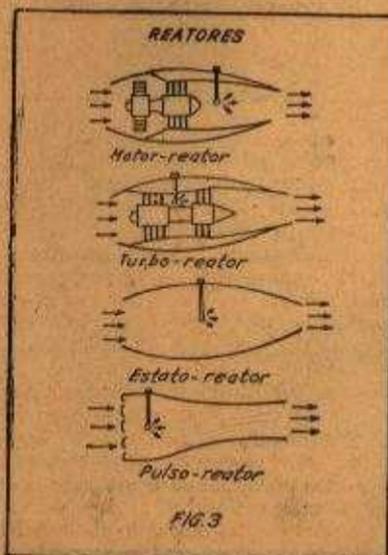
II — UTILIZAÇÃO DA AUTOPROPULSAO NOS ENGENHOS DE GUERRA

Sob a forma de foguetes de pólvora, os engenhos autopropulsados foram utilizados em todos os tempos em diversas batalhas. Mas, as numerosas "falhas" devidas ao uso da pólvora negra e sobretudo a impossibilidade de uma regulação precisa do tiro, conduziram, até a última guerra, ao abandono dos foguetes em proveito dos projetis lançados por canhões aperfeiçoados.

Com esse outro aparelho autopropulsado que é o avião, apareceu, durante a Grande Guerra, um outro meio de bombardeio. O avião, portador ideal de importantes car-

gas de explosivos, se apresentou então como o processo mais eficaz de bombardear os centros estratégicos e industriais do adversário. Na realidade, se bem que esta forma de ataque tenha demonstrado sua terrível eficácia durante o último conflito, atualmente temos de rever nossa opinião. Os possantes meios de defesa atuais, auxiliados pelo radar, tornam a aviação de bombardeio bastante dispendiosa em homens e em material. Desde 1940, os alemães tiveram de cessar, após sofrer enormes perdas, o bombardeio que deveria destruir a Inglaterra.

Poderemos supor que os aviões supersônicos, de interceptação mais difícil, servirão novamente ao transporte das bombas: na realidade, às grandes velocidades, a pontaria direta não pode ser precisa, a abertura das garras de largada apresenta um problema delicado e, sobretudo, como têm demonstrado recentes estudos balísticos, as grandes velocidades, a trajetória de uma bomba largada de um avião supersônico não poderá ser prevista com certeza. Como confiar, então, a aviões supersônicos, explosivos custosos como os explosivos atômicos?



Torna-se evidente, por conseguinte, que as bombas autopropulsadas que, atualmente, podem ser telecomandadas, irão se tornar a única arma eficaz no bombardeio a grandes distâncias. O avião, eventualmente, poderá ser utilizado para conduzir as bombas até a proximidades do objetivo, quando então largará suas bombas autopropulsadas e dirigi-las-á do próprio avião.

Na lista dos processos de propulsão descritos no parágrafo precedente, quais serão então os a serem

III — OS ESTATO-REATORES E OS PULSO-REATORES

Até agora, não foi possível conseguir, com os estato-reatores, ainda em estudos, e com os pulso-reatores, dos quais apenas um, a V 1, foi utilizada durante a última guerra, as velocidades que são obtidas com os foguetes. Sabe-se que a fraca velocidade da V 1 (480 km/h na partida e 650 km/h no fim da trajetória, quando já está aliviada do seu combustível) foi a causa da sua vulnerabilidade

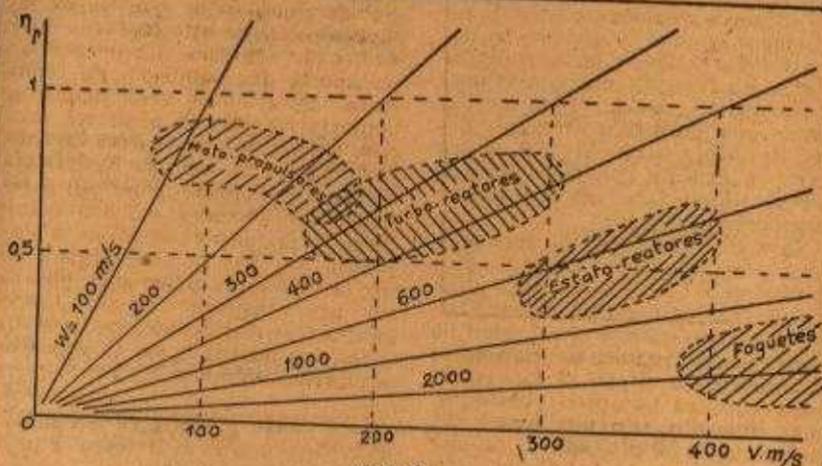


FIG. 4

utilizados pelos engenhos autopropulsados de guerra? Convém, evidentemente, eliminar todos os aparelhos que comportem um motor mecânico em virtude de seu preço, pois seguramente o mesmo será destruído, e também, por causa de seu peso que, como os cálculos demonstram, reduz em consequência a velocidade e o alcance. A figura 4 que indica os limites de velocidade correspondentes aos diversos engenhos, mostra que apenas, dentre todos os aparelhos por nós enumerados, os estato-reatores ou os pulso-reatores de um lado, e os foguetes de outro lado, correspondem às grandes velocidades.

(4.260 abatidas dentre as 9.250 que atingiram os céus da Inglaterra).

Outrossim, os estato e os pulso-reatores não se podem elevar muito alto, pois o ar é o seu combustível, e esta é uma das causas da vulnerabilidade maior que a dos foguetes.

Enfim, para que funcionem, os aparelhos devem ser atravessados pelo ar e logo, têm que ser lançados do solo. A rampa de lançamento da V 1, com um comprimento de 50 metros, tornava difícil a utilização desse engenho, em vista da falta de mobilidade.

Como arma destinada ao bombardeio a grande distância, pode-se afirmar que a V 1 não mais será utilizada, mas seu preço de custo pouco elevado (utilização de matérias primas comuns, fabricação fácil, não necessitando mais de 1000 horas de trabalho, para cada aparelho) a fará ser provavelmente empregada como arma de inquirição para substituir a artilharia de grande alcance, em distâncias no entanto relativamente curtas, para que a interceptação não se torne muito fácil.

Para os estado-reatores, igualmente a última palavra ainda não foi dita. Os rápidos progressos registrados em sua fabricação no decorrer dos últimos anos (notadamente na França) mostram as possibilidades de seu emprego em um futuro mal ou menos próximo. Esses aparelhos terão sempre a seu favor a enorme vantagem de não terem necessidade de transportar o próprio carburante.

De todos os modos, no momento atual, os engenhos bélicos autopropulsados utilizáveis, são principalmente os foguetes de combustível líquido (fig. 5), surgidos no fim da última guerra e depois aperfeiçoados.

IV — O ALCANCE DOS FOGUETES

A primeira característica essencial dos foguetes é a possibilidade de um enorme alcance.

Sem entrar em cálculos completos, lembraremos rapidamente as relações fundamentais muito simples, que, no vácuo e com ausência de campo de gravitação, regem a autopropulsão dos foguetes.

Designemos por w a velocidade eficaz de ejeção, quer dizer, a velocidade adquirida, relativamente ao móvel, pela matéria ejetada no momento em que cessa toda relação entre esta última e os órgãos do ejetor. No instante t , a massa do projétil é M ; no tempo dt imediatamente após o instante t , a massa ejetada é dm e, desse modo, a velocidade do móvel é aumentada de dv . O teorema da quantidade de movimento nos dá:

$$M dv = - w dM$$

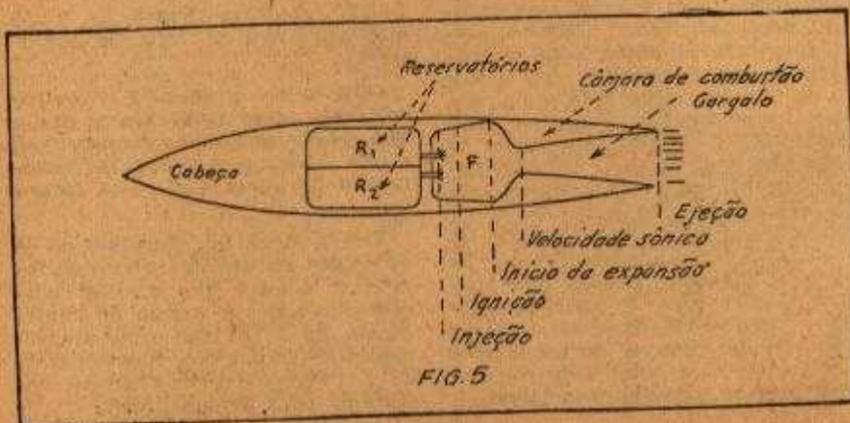
Dividimos ambos os membros da equação acima por dt , e notando que dM/dt é igual ao débito q da matéria ejetada,

$$M \frac{dv}{dt} = - w q$$

Nas condições da hipótese, $M \frac{dv}{dt}$

não é senão a força de propulsão F e, finalmente, esta força é proporcional a q e a w

$$F = - qw$$



A expressão de Dv , obtida da primeira relação, nos dá, por integração :

$$Dv = w \log_e \frac{M_0}{M}$$

onde Dv é a variação da velocidade a partir do momento do início de movimento, em que a massa do projétil é M_0 , até o momento em que o projétil tem a massa M .

Depois do esgotamento da matéria ejetável, a massa do projétil tem um certo valor M_1 (massa restante); a variação de velocidade que corresponde a esse valor da massa e que é a variação de velocidade máxima é :

$$Dv = w \log_e \frac{M_0}{M_1}$$

M_0/M_1 é chamada relação das massas; Dv é denominado impulsão específica; ela define a velocidade do projétil no momento em que finda a combustão.

Esta expressão nos mostra que a velocidade de v do engenho não se acha limitada, como no canhão, pela velocidade de ejeção w dos gases queimados; é suficiente, para que v seja superior a w , que logaritmo seja superior à unidade, o que conduz a uma massa de matéria ejetada igual a mais ou menos dois terços da massa total do engenho

$$M_0 - M_1 = \frac{2M_0}{3}$$

Na realidade, a enorme superioridade, sob o ponto de vista alcance, dos foguetes sobre os canhões é devida ao fato de, nos foguetes, a variação da velocidade Dv se estender sobre todo o intervalo de tempo que corresponde à ejeção da massa $M_0 - M_1$, intervalo igual a 60 segundos no caso da V 2 e que ainda pode ser muito aumentado, caso queiramos, enquanto que no canhão, a velocidade inicial deve ser adquirida durante o tempo

bastante curto em que a bala se desloca na alma da peça. Se desejarmos uma velocidade inicial que nos permita obter um alcance da ordem de 300 quilômetros, para resistir ao choque no momento do tiro, necessitaremos de um canhão pesando mais de 1000 toneladas.

Os cálculos mostram, se considerarmos rigorosamente todos os cálculos, que é vantajoso possuir uma velocidade muito fraca no início do movimento, da ordem de cinco vezes a aceleração da gravidade. De fato, isso é necessário, para que a resistência do ar desgaste o menos possível a energia de propulsão, pois as baixas camadas da atmosfera, onde o ar é mais denso, deverão ser atravessadas com uma velocidade relativamente fraca. A velocidade pode ser muito elevada onde a atmosfera é bastante rarefeita para que a frenagem por ela motivada seja pouco importante. Para a bala do canhão, inevitavelmente a velocidade será maior no local em que a densidade do ar é também maior.

Resumindo, a teoria não impõe nenhum limite preciso à velocidade v do engenho, pois que se trata apenas de prever a massa necessária à propulsão do mesmo. Como o engenho atinge espaços em condições aproximadamente de vácuo, o alcance, apenas função da velocidade v , igualmente não comporta limite preciso.

Já sabemos que no decorrer da última guerra, as maiores performances sob o ponto de vista do alcance, foram obtidas com a V 2, cuja impulsão específica podia se aproximar de 2000/seg e que, elevando-se a mais de 100 km, podia cair a 400 km de seu ponto de lançamento. Mas os alemães já consideravam a V 2 como não sendo mais que um primeiro passo e concebiam outros engenhos de alcances dez vezes maiores, susceptíveis de lançar o projétil da Europa à América. Não resta dúvida que, se forem considerados necessários num próximo conflito, tais alcances serão certamente obtidos.

V — DIRIGIBILIDADE DOS FOGUETES

Todos os resultados precedentes, frutos dos progressos da termodinâmica, nada significariam se a precisão do tiro não fosse satisfatória para nos dar um rendimento militar suficiente. E' isso, por outro lado, quer se trate de foguetes de pequenos ou de grandes alcances.

Podemos afirmar que todo o arsenal das modernas descobertas foi utilizado para a realização desses meios de dirigibilidade, que podemos dividir em três categorias:

1°) Com os comandos pre-regulados, a trajetória é fixada de antemão e o foguete não pode ser senão um engenho terra-terra.

são; a altura é então da ordem de 30 km e a velocidade é de tal ordem que se tornaria difícil fazer voltar a V 2 se o desejássemos. A trajetória torna-se sensivelmente uma reta e conseguimos nesse objetivo, interrompendo a propulsão em certa porção retilínea da trajetória inclinada de 45°, limitada por pontos que correspondem a diferentes velocidades, o que modifica à vontade os correspondentes alcances (fig. 6). Assim, na V 2, as trajetórias iniciais são tôdas idênticas, apenas diferindo os tempos de duração da propulsão na parte retilínea da trajetória inclinada de 45°.

2°) O telecomando deve substituir obrigatoriamente o comando pré-regulado, quando se trata de

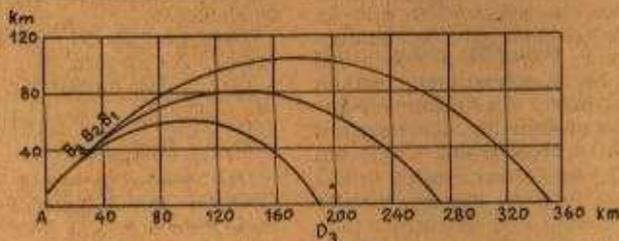


FIG. 6

O mais belo exemplo de comando pré-regulado é fornecido pela V 2. A enorme massa da V 2 (13 toneladas na partida) partia na vertical sem acelerador auxiliar: o foguete ficava assim em equilíbrio, no momento da partida, sobre o jato de gases que o elevavam lentamente. Ao fim do quarto segundo de funcionamento, enquanto a V 2 ainda não tinha atingido 100 metros de altura, os aparelhos de direção automática entravam em ação. Um dispositivo giroscópico, servido por um mecanismo de relojoaria, comanda então os lemes de direção e os defletores do jato, de maneira a dar, progressivamente à V 2, um ângulo de inclinação de 45° sobre a vertical, ângulo obtido ao fim de 40 segundos de propul-

senhos terra-ar, ar-terra ou ar-ar. Este telecomando se obtém por modulações de baixa frequência duma onda de rádio. Sem interferência, o comando pode ser obtido em distâncias de muitas centenas de quilômetros.

O projétil é seguido à vista ou pelo radar de seguimento, mas, se o objetivo é muito distante para ser visto, torna-se necessário que a própria bomba nos dê, por meio de um emissor de televisão, a vista do objetivo para o qual ela se dirige.

Conhecemos tôda uma série de engenhos telecomandados que apareceram nos céus da guerra até o final do último conflito: Enzian, Wasserfall, Rheintochter, Schemetlerling, Natter, Little-Joe, para os engenhos terra-ar; HS-293, Gor-

don para os engenhos ar-terra; X4 para os engenhos ar-ar.

3º) O melhor processo de direção é certamente o *autocomando* ou comando automático, utilizando o radar e que pode conduzir o projétil até o objetivo. Mas este procedimento não é utilizável senão para curtos percursos.

Por outro lado, nenhum dos processos de comando ou de direção precedentes será conveniente para trajetos muito longos, ao menos sob a forma apresentada. Os estudos se desenvolvem, no entanto. Isso nos permite pensar que as mesmas estrélas que guiavam no mar, os navegantes sem bússola, servirão para dirigir os engenhos supersônicos ao atravessarem a ionosfera.

Mais ainda que seu alcance, os meios de dirigibilidade dos engenhos dão uma idéa da profunda modificação do armamento que foi motivada pela aparição dos modernos foguetes; sem falar dos autopropulsados sumários que podem armar os carros e os infantes, vemos, pouco a pouco, os foguetes substituir os projéteis anti-aéreos e a artilharia de longo alcance. O avião, éle mesmo, vai se modificar...

VI — A ORIENTAÇÃO DAS PESQUISAS ATUAIS

Os autopropulsados modernos são resultantes de enormes progressos efetuados em diferentes domínios, tais como a aerodinâmica das grandes velocidades e a eletrônica. Podemos dizer que todos os recursos da técnica moderna são utilizados para a realização dos últimos engenhos.

Os químicos são chamados para estudar propelentes, essas misturas autocombustíveis que consti-

tuem por sua vez a fonte de energia e a matéria ejetada.

Os termodinâmicos têm de investigar as leis de comportamento de um gás muito quente e animado duma enorme velocidade. Que questões difíceis não se apresentarão a esse indivíduo, não considerando mais do que aquelas relacionadas com as trocas térmicas entre o gás e a parede da turbina!

Os aerodinâmicos se encontram em face de novos problemas: o estudo dos jatos de fogo supersônicos; interligação entre esses jatos e as chamadas-limites de ar existentes ao longo das paredes externas; aquecimento das paredes, pelo atrito do ar, que explicam certas explosões da V 2 no ar, etc., etc.

Os electricistas podem aplicar suas últimas descobertas na realização de dispositivos de telecomandos e de detecção.

Tôda peça, todo o material, tôda construção devem ser submetidas à crítica dos mecânicos e dos metalúrgicos.

E assim é que podemos chegar a esse monstro da técnica que é a V 2: esse engenheiro comporta 20.000 peças, a maior parte de alta precisão, e que necessitou, antes de seu emprego estratégico mais de 3000 tiros experimentais.

É evidente que as pesquisas continuam e continuarão ainda durante muito tempo, em cada um dos domínios científicos. Minha opinião pessoal é que os resultados não conduzirão, para atender a performances e a uma precisão maior, ao tinuam e continuarão ainda du-aumento da complexidade dos engenhos. Penso que, cada problema particular tendo sido ativamente investigado, será possível, por uma clara síntese, simplificar os novos materiais.

OFICINA DE FERREIRO

FERRAMENTAS PARA LAVOURA, COMO SEJAM: FOICES, CAVADEIRAS, MACHADOS E ROÇADORAS — ENXADAS, ENXADÕES E TUDO QUANTO PERTENCE A LAVOURA E INDÚSTRIAS, ETC., ETC.

AUGUSTO DA SILVA

Nova Iguaçu — 785, Rua da Concórdia, 785 — Estado do Rio
