



APLICAÇÕES DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA NA ARTE DA GUERRA

Thomas Gonzalez de Gusmão

A Ciência e a Tecnologia vêm contribuindo de forma cada vez mais crescente, significativa e decisiva com a arte da guerra.

A concepção e criação de novos materiais, componentes e equipamentos que de forma isolada ou integrada são postos à disposição do combatente moderno, a cada dia, lhe propiciam maiores e melhores meios para assegurar seu ímpeto ofensivo, provendo-lhe defesa mais eficaz contra as incursões do adversário.

Assim são certas blindagens, armas, visores, radares, lasers, computadores, etc., que adequadamente associados, dão ao usuário uma maior gama de opções, aumentam sua eficiência e propiciam maior confiabilidade relativamente aos resultados pretendidos.

Justamente por esta razão, é que modernamente é comum e usual, antepor-se ao nome ou a designação de muitos

armamentos a palavra SISTEMA, para caracterizar um conjunto complexo formado por uma arma e todos os componentes materiais necessários, acessórios, equipamentos, dispositivos, etc., que, integrados, visam a dar à própria arma melhores condições particularmente no que tange à precisão e confiabilidade, para responder a uma demanda operacional.

Nesses Sistemas cada vez se torna mais importante e diversificada a participação da eletrônica. Só ela permite que funções tão variadas como as que aí existem, sejam realizadas com um grau de precisão, confiabilidade e velocidade tão elevados como as requeridas por esses Sistemas de Arma.

Para a Força Terrestre em especial, a evolução dos blindados e dos vários tipos de aeronaves de guerra, tanto de asa móvel (helicópteros) como as de asa fixa, vem acarretando uma evolu-

ção constante e progressiva dos Sistemas de Arma destinados ao seu combate.

No caso dos veículos blindados sua transformação permanente, através novas blindagens, novas propulsões, novos armamentos, e moderna optrônica, conferiram-lhe paralelamente uma enorme proteção, uma mobilidade, e uma potência de fogo, que tornaram imprescindível, face a periculosidade que representam no campo de batalha, que o tiro contra esses alvos, isto é, o tiro anticarro, se proceda de forma a atingi-lo no primeiro disparo, atravessando a sua blindagem a partir de um alcance o mais elevado possível, tanto de dia como de noite.

Para isto foi necessário o desenvolvimento de complexos Sistemas de Arma Anticarro com telemetria laser de grande precisão, equipamentos ativos e passi-

vos de visão noturna, mísseis guiados por emissões eletromagnéticas, canhões de alma lisa dotados de munições subcalibradas, denominadas também de "projétil flexa".

Quanto aos helicópteros armados, encontram-se os mesmos na atualidade em rápida e franca proliferação em todo o mundo.



Sua devastadora capacidade de ataque, de manobra e sobrevivência, faz deste tipo de aeronave um dos mais temíveis e eficazes instrumentos de ataque ao solo.

Para combatê-lo torna-se necessário o desenvolvimento de Sistemas de Arma, em geral mísseis portáteis muito precisos ou então canhões de pequeno ou médio calibre, se possível dotados de espoletas de proximidade.

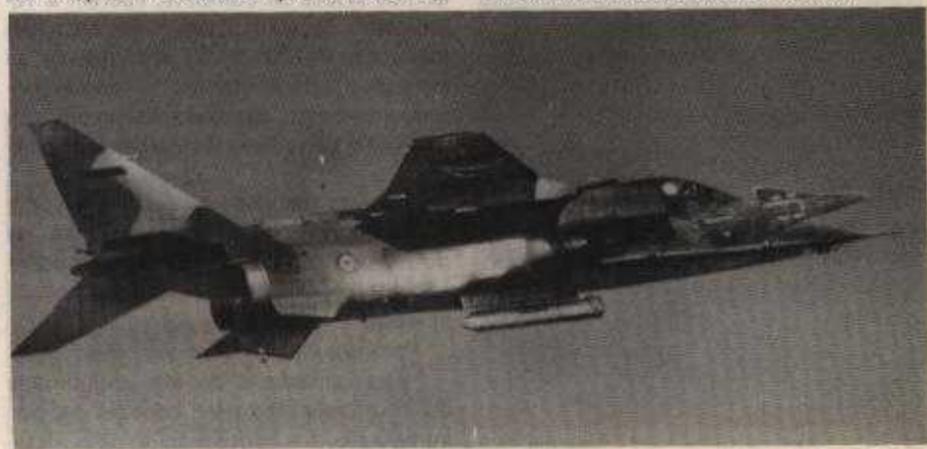


Quanto aos modernos aviões de combates supersônicos (bombardeiros táticos), face às suas elevadíssimas velocidades e curtíssimos tempos de exposição ao tiro, foi necessário que se desenvolvessem

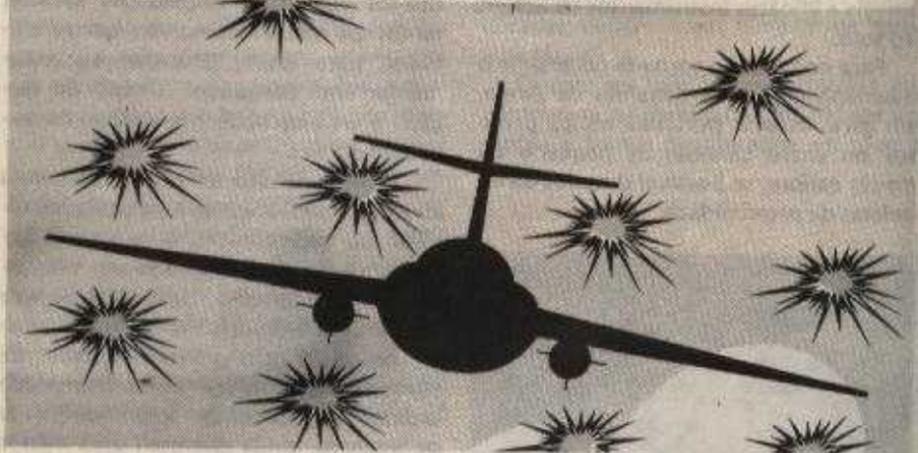
Sistemas de Armas Antiaéreos dotados de elaborados subsistemas de detecção capazes de detetá-los e identificá-los voando a velocidades sônicas, tanto nas médias como nas baixas altitudes, para assim, propiciar ao armamento um adequado "tempo de reação" e uma conseqüente eficácia na realização do tiro.

O curto tempo de exposição desses alvos, que deslocam-se a velocidades sônicas ou supersônicas, exige desses Sistemas de Arma Antiaéreos um tiro extremamente preciso, realizado através ou de uma elevadíssima cadência de tiro, ou então com granadas dotadas de espoletas eletrônicas de proximidade capazes de aumentar a probabilidade de impacto, ainda que com uma menor cadência de disparo.

Esses Sistemas Antiaéreos normalmente são dotados de um subsistema denominado Central de Direção de Tiro (CDT), cujo órgão central é um computador-calculador que, processando automaticamente dados essenciais para o tiro, tais como: velocidade do alvo, altura, azimute, velocidade inicial do projétil, etc. comanda automaticamente, o início e o direcionamento do tiro.

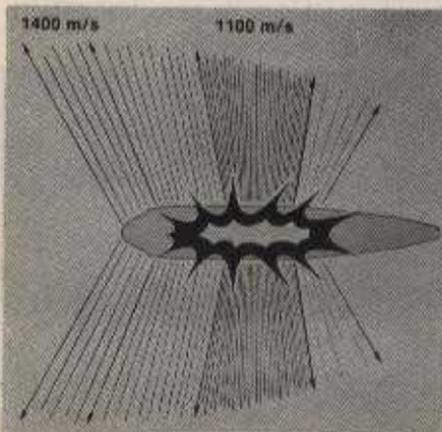


Visualização artística da detonação de projéteis anti-aéreos dotados de espoleta de proximidade, ao passarem os mesmos até uma distância de 5 metros do alvo



Relativamente ainda à ameaça aérea, convém ressaltar que os progressos realizados ao longo destes últimos 20 anos, tanto no domínio da deteção, como no domínio dos meios de defesa ativa (mísseis solo-ar e canhões anti-aéreos de tiro rápido), permitiram aumentar considera-

velmente a eficácia da defesa anti-aérea, obrigando os pilotos atacantes, para se furtarem à vigilância dos radares de terra, a adotarem novas táticas de ataque ao solo, nas quais os vôos de aproximação para os alvos passaram a se processar sempre em muito baixa altitude.

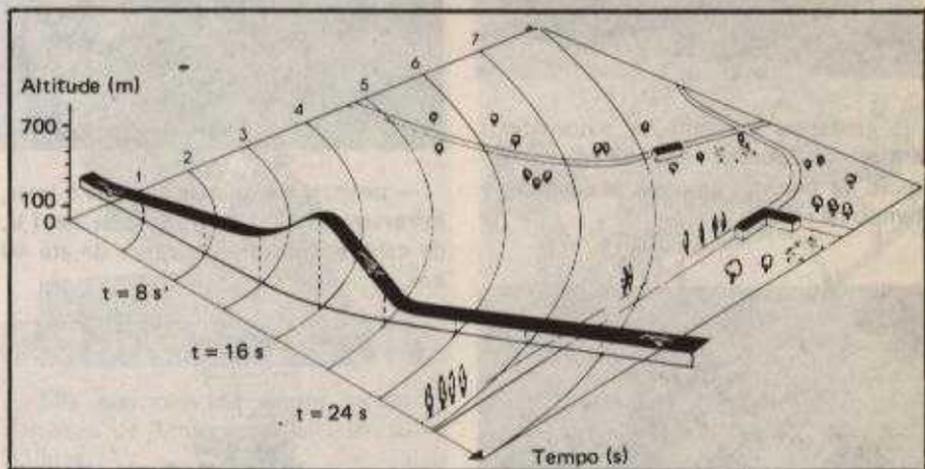


Os sofisticados meios eletrônicos de bordo, hoje em dia, permitem aos modernos aviões de combate, voarem a velocidades de até 1,2 Mach em altitudes inferiores a 100 m, acompanhando as variações topográficas do terreno e conseqüentemente passando despercebidos à maioria de radares de vigilância anti-aérea.

Foi esta realidade que acarretou uma profunda modificação e evolução na doutrina de defesa anti-aérea, de modo a torná-la apta a este novo tipo de ameaça.

Para isto, foram desenvolvidos:

- novos radares de alta mobilidade do tipo pulso Doppler, capazes de, por eliminação dos ecos fixos do solo, dete-

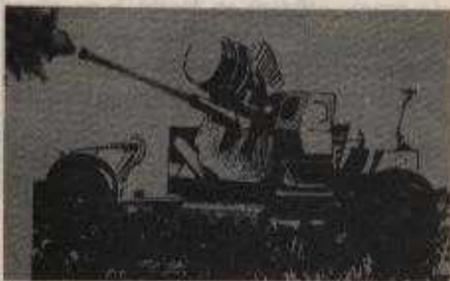


tar estes tipos de alvos voando em muito baixa altitude.

— sistemas de mísseis solo-ar para baixa altitude.



— sistemas de canhões automáticos antiaéreos dotados de subsistemas de direção de tiro eletrônico e de curtíssimo tempo de reação.



Quanto a moderna Artilharia de Campanha uma evolução notável vem ocorrendo a partir de:

— novos sistemas automáticos de cálculo de tiro, capazes de propiciar uma grande rapidez e precisão dos fogos.

— radares de trajetografia, capazes de localizar rapidamente e com absoluta precisão pontos do terreno de onde estejam sendo realizados disparos inimigos e que precisam ser rapidamente neutralizados.



— projetis ou mísseis guiados a laser, infravermelho ou com câmaras de TV, de calibre 155 mm e alcance de até 40 km.



Para o tiro contra grandes superfícies a tendência cada vez maior é para os lançadores múltiplos de foguetes, como armas de saturação de zona, capazes de em cerca de apenas 20 segundos realizar fogos sobre áreas de até 100 hectares a nível de BIA, ou seja 10 vezes a capacidade de neutralização de um regimento clássico equipado com canhões e atirando durante dois minutos.



São exemplos de alguns modernos Sistemas de Arma da atualidade, os seguintes:

— Sistema a tubo Dassault 20 mm

Sistemas anticarro

— Sistemas Milan e Hot.



Sistemas antiaéreos:

— Sistema Roland



Em seguida a este rápido e resumido retrospecto sobre a evolução que a moderna tecnologia vem propiciando à arte da guerra, passaremos a descrever algumas das mais interessantes e significativas aplicações tecnológicas na área do material bélico.

Face ao caráter resumido do presente trabalho, faremos uma abordagem apenas restrita ao material bélico de emprego terrestre focalizando: as Armas Dirigidas ou de Precisão e alguns dos seus respectivos Sistemas de Arma Anticarro e Antiaéreos — Sistemas antiaéreos a tubo — Explosivos — Blindagens Especiais — Canhões de Alma Lisa e respectivas munições — Radares Militares — Sistemas Automáticos para o Tiro de Artilharia — Telêmetros a laser — Equipamentos de Visão Noturna — Guerra Eletrônica — Artefatos Nucleares Táticos.

ARMAS DIRIGIDAS COM PRECISÃO (Armas de Precisão)

Assim são denominadas as diversas categorias de engenhos, mísseis ou granadas de artilharia que, uma vez lançadas, são suscetíveis de ser dirigidas em voo para o objetivo.

Sempre foi difícil avaliar por antecipação a natureza e a intensidade das transformações que os novos armamentos impuseram às formas de combate. Assim o foi na I e II Guerra Mundial

com o advento, respectivamente, da metralhadora e do veículo blindado estreitamente associado ao avião de combate.

Esta constatação é também válida para as novas armas dirigidas com precisão.

Mísseis dirigidos de alta precisão e com alcance de três a quatro mil metros já podem ser operados por elementos de infantaria, viaturas ou mesmo por helicópteros. Obuses de artilharia dirigidos já estão operacionais. A probabilidade de acerto desses sistemas de arma do tipo "atira e esquece", já é superior a 80%.

No combate anticarro a longa distância, as formações blindadas inimigas já podem ser perigosamente aniquiladas, seja em suas próprias Zonas de Reunião, seja em pontos de passagem obrigatórios.

Durante a Guerra do YOM KIPPUR, 53 blindados egípcios foram destruídos por 58 mísseis "ar-solo" do tipo "Maverick" guiados por câmara de TV utilizados pelos israelenses, e em contrapartida, cerca de 25% dos blindados de Israel foram aniquilados ou seriamente avariados por mísseis "solo-solo" do tipo "Sagger", de fabricação russa, utilizados pelos egípcios.

No combate antiaéreo são os mísseis "solo-ar" de uma eficácia incomum na neutralização ou aniquilamento dos modernos aviões supersônicos de combate.

Citando ainda a Guerra do YOM KIPPUR, onde os mísseis foram intensamente empregados, os sírios e os egípcios combateram sob a proteção de um verdadeiro "guarda-chuva" de mísseis solo-ar, o que limitou enormemente a intervenção aérea israelense e inflingiu-lhe perdas alarmantes.

São exemplos significativos de modernos Sistemas de Arma de Precisão da atualidade os seguintes:



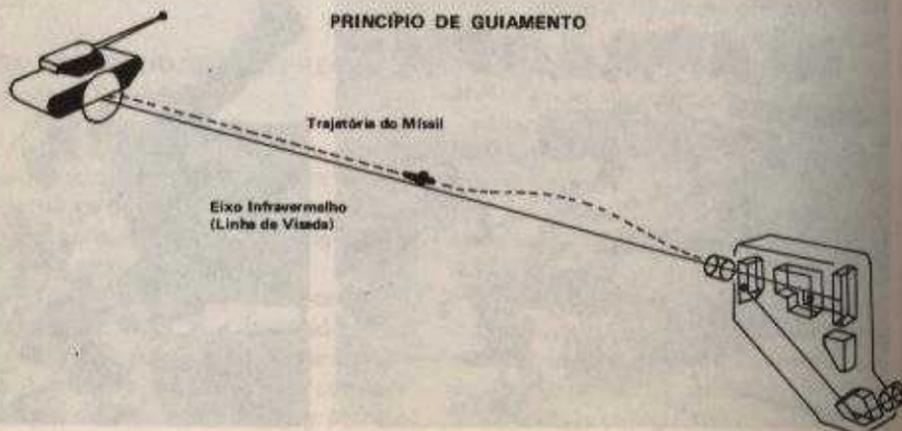
— Sistema Anticarro "solo-solo"
MILAN (Missile Leger Antichar), produ-
zido pelo consórcio franco-alemão Euro-

missile, considerado o mais eficiente
míssil anticarro do Ocidente.



Seu guiamento processa-se automati-
camente; a partir de um sistema eletrô-
nico que através de um sensor e um
emissor infravermelho, mede o desvio
angular do míssil em relação ao eixo óti-
co do visor. Esse desvio, combinado

com a distância percorrida pelo míssil, é
introduzido num computador que elabo-
ra, a cada instante, os comandos de cor-
reção que são transmitidos ao míssil
através fio.



Ao proceder o lançamento o atirador esquece do míssil, sendo suficiente apenas que mantenha o alvo permanentemente enquadrado no retículo da luneta.

Seu alcance está compreendido entre 25 m e 2.000 m e o míssil que é subsô-

nico (200 m/s) pesa aproximadamente 10 kg.

— Sistema Anticarro "solo-solo" ou "ar-solo" HOT — Produzido também pelo consórcio Euromissile, é uma versão ampliada do MILAN, com alcance compreendido entre 400 e 4.000 m.



Tem como finalidade operacional básica permitir o tiro a partir de distâncias em que a plataforma de lançamento, constituída, principalmente por um helicóptero, possa realizar o disparo contra

alvos no solo, ainda fora do alcance das armas inimigas terrestres tais como, canhões antiaéreos de 20 a 40 mm, mísseis solo-ar do tipo REDEYE, STINGER e ESTRELA.



Esse Sistema de Arma, cujo princípio de guiamento é idêntico ao do míssil MILAN, é constituído basicamente por:



- um visor localizador estabilizado
- um equipamento de guiagem
- reparos lançadores dos mísseis

Sistema Antiaéreo Roland

É um Sistema Antiaéreo a míssil produzido também pelo consórcio franco-alemão Euromissile, específico para o combate contra aviões supersônicos voando em baixa altitude.

Este Sistema é capaz de simultaneamente, detetar, identificar e interceptar tais alvos, voando a velocidade de até Mach 1.3.

É instalado em veículo blindado sobre lagarta e destina-se fundamentalmente à proteção antiaérea de unidades móveis nas Zonas de Combate, contra alvos voando em muito baixa altitude.

O Sistema pode também ser instalado em outros veículos ou sob a forma de instalações fixas.

O Sistema existe em duas versões:

- Versão I - Tempo Claro (mais empregado na proteção de alvos terrestres móveis)

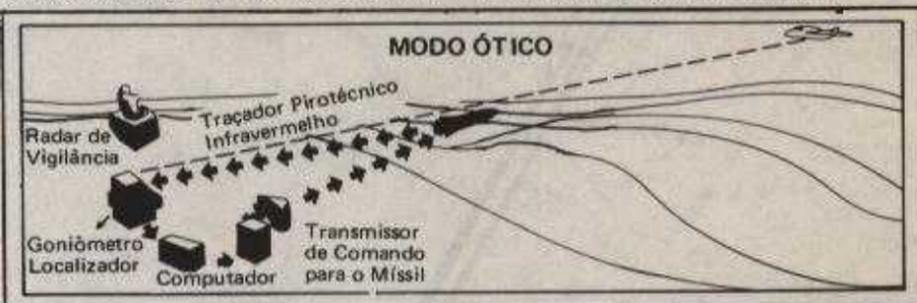
Versão II - Qualquer Tempo (mais empregado na proteção de alvos terrestres fixos).





O princípio de guiamento automático do míssil em direção ao alvo baseia-se na submissão do engenho à linha de visada operador-alvo. Para a versão "tempo claro" esta submissão processa-se de modo idêntico ao empregado no míssil MILAN, ou seja: um goniômetro infra-

vermelho mede os afastamentos angulares do míssil em relação a essa linha, introduz estas variações num computador, que após proceder a elaboração das correções adequadas, as transmite ao míssil, não por fio, mas sim por intermédio de um transmissor de telecomando.



Para a versão "qualquer tempo" o guiamento se faz de modo idêntico ao anterior, com a diferença de que neste caso, em vez do goniômetro infravermelho estar associado à luneta, está ele associado a um radar de acompanhamento.

Este míssil tem um alcance de utilização compreendido entre 500 e 6.300 m, é dotado de espoleta de proximidade e pesa aproximadamente 63 kg.



Todo o pacote tecnológico deste Sistema foi, há relativamente pouco tem-

po, adquirido pelos EUA, que já o está fabricando.

SISTEMAS ANTIAÉREOS A TUBO

Para os canhões antiaéreos, estudos e cálculos relativos à probabilidade de destruição de um objetivo aéreo voando em baixa altitude, em velocidade próxima a do som, demonstraram que para assegurar uma eficaz defesa antiaérea por intermédio de canhões, era necessário utilizar armas automáticas de calibre compreendido entre 20 mm e 40 mm e se possível dotadas de munição com espoleta de proximidade.

São exemplos de modernos Sistemas de Canhões Antiaéreos da atualidade os seguintes:

Sistema Antiaéreo Oerlikon 35 mm



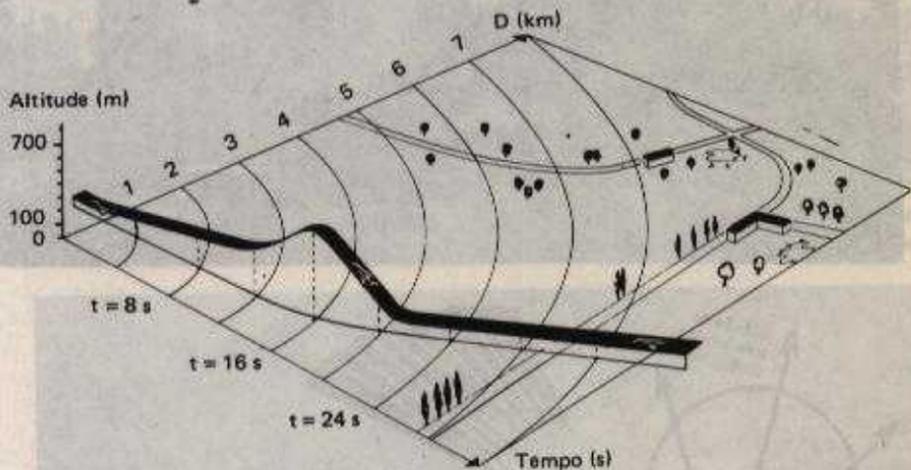
É um sistema constituído por dois canhões automáticos bi-tubo, calibre 35 mm, assistidos por uma Central de Direção de Tiro dotada de Radar de Detecção e de Direcionamento de Tiro.

O Calculador Eletrônico dessa Central procede, a partir de dados como: velocidade do alvo, velocidade inicial do projétil, distância, etc., ao cálculo do chamado "Ponto Futuro", isto é, o ponto provável de intersecção entre a trajetória do tiro e a trajetória de vôo do alvo, ou seja, o ponto de impacto.

As características principais deste Sistema são:

- Alcance eficaz: até 4.000 m
- Cadência de tiro: 1.100 tiros/min (550 por tubo)
- Tempo de reação (tempo compreendido entre a detecção e a prontidão para o disparo): 6 seg.

Quanto à característica "Tempo de Reação", é interessante enfatizar: Para que se possa ter a possibilidade de abater uma aeronave voando a baixa altitude em velocidade subsônica da ordem de 250 m/s (Mach 0.7), é necessário detectá-la e identificá-la a tempo, o que corresponde, pelo menos, a uma distância de 5 km da peça, ou seja, a aproximadamente 20 seg de vôo.



Só assim poderão após 3 ou 4 seg, os dados de direção de tiro ser calculados pelo computador da Central de Direção de Tiro e introduzidos a tempo no mecanismo de pontaria dos canhões. De 6 a 8 seg após a identificação devem os ca-

nhões estarem em condições de abrir fogo.

Em termos médios, o avião atacante só está exposto ao fogo anti-aéreo durante um máximo de 16 seg.

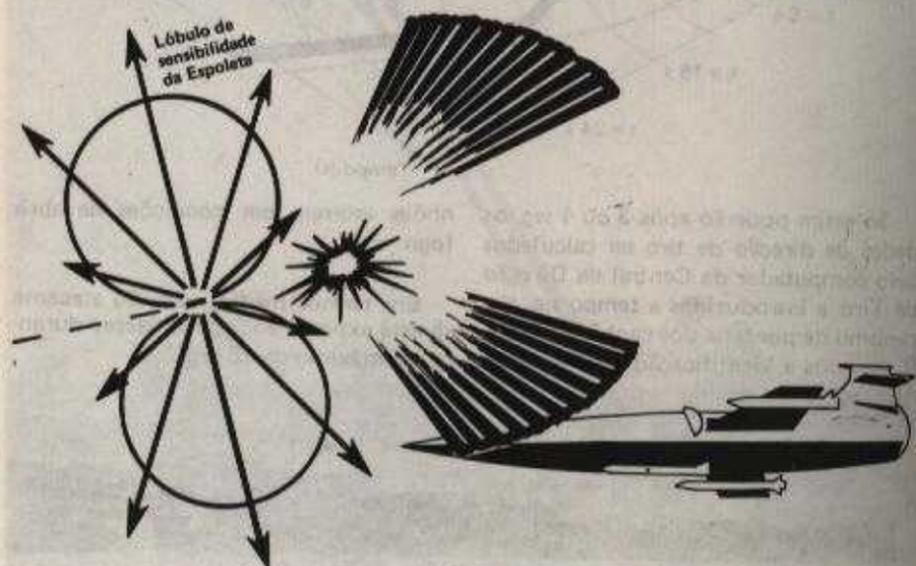


Sistema Antiaéreo Bofors 40 mm — Tipo BOFI

É um sistema constituído por um único canhão automático calibre 40 mm ao qual está agregado uma Central de Direção de Tiro dotada simultaneamente de telemetria laser e radar de direcção de tiro, além de um computador eletrôni-

co "estado sólido" para cálculo do "Ponto Futuro".

Como munição utiliza uma granada especial do tipo pré-fragmentada, dotada de espoleta de proximidade eletrônica, o que contribui para um aumento significativo da probabilidade de impacto com o alvo.



**Sistema Antiaéreo Dassault 20 mm –
Tipo TA – 20**



É um sistema para muito curto alcance (até 2.000 m), montado sobre viatura, autopropulsado portanto, e constituído por uma torreta blindada dotada de 2 canhões automáticos bi-tubo calibre 20 mm, associados a um radar de deteção "Pulso Doppler" e a um sistema ótico-eletrónico de direção de tiro.

**Sistemas Antiaéreo Gepard 35 mm e
Antiaéreo Divad 40 mm**

São versões autopropulsadas, compactas, montadas sobre chassis de carros de combate, respectivamente dos Sistemas Oerlikon 35 mm e Bofors 40 mm.

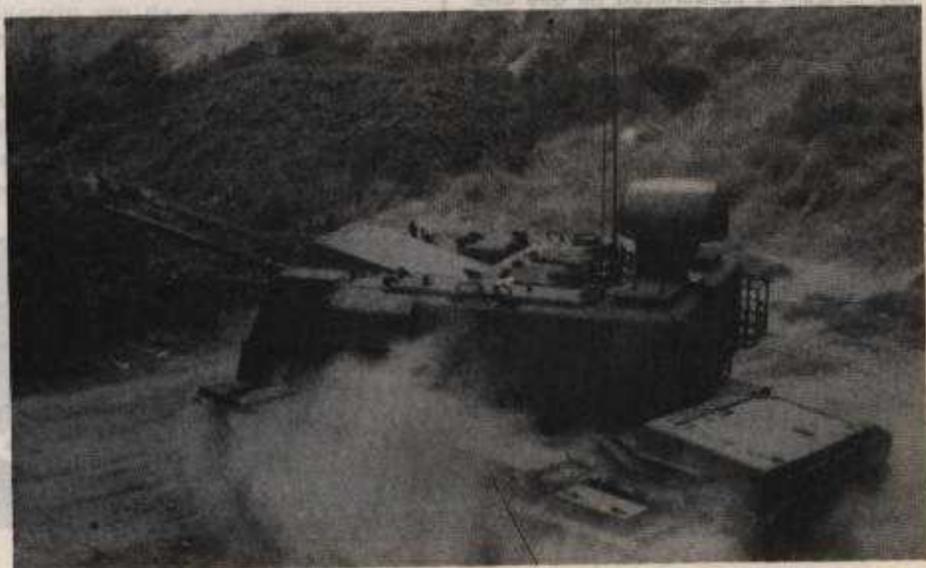
CARGAS EXPLOSIVAS MILITARES

-- A carga oca

Uma das principais características dos explosivos militares é possuir uma elevada brisância, isto é, um elevado poder de reduzir massas a fragmentos.



Em tais explosivos, também denominados de explosivos de ruptura, a velo-



Corte longitudinal de um moderno projeto de Carga Oca

cidade de propagação da combustão varia de 1.000 m/s a 8.500 m/s.

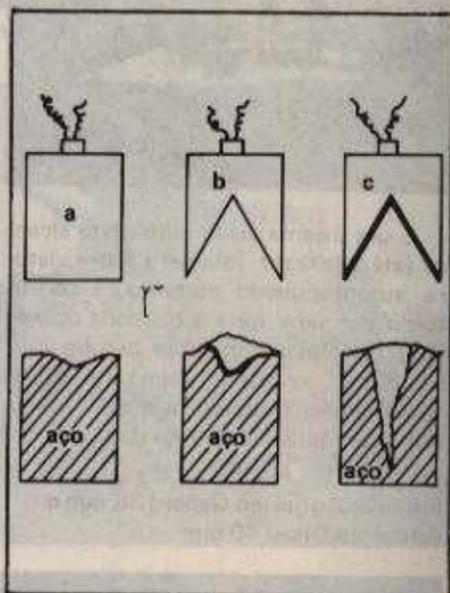
Um dos mais notáveis explosivos para cargas militares continua sendo o TNT (Trinitrotolueno), face as suas características de ponto de fusão, segurança de manuseio e alta brisância.

O TNT misturado em diferentes proporções com alguns ingredientes químicos, normalmente nitratos de amônia, dá lugar a uma família de outros explosivos de poder ainda mais elevado, como é o caso da Pentalite e do Hexogênio.

A ação de ruptura de qualquer explosivo pode ser ainda bem mais ampliada, se no corpo da carga explosiva e a partir da face, que estabelecerá uma cavidade cônica com o vértice voltado para o interior da mesma. Este efeito, descoberto em 1888 e chamado de "EFEITO MUNROE" em homenagem ao seu descobridor, começou a ser intensamente explorado pouco antes da II Guerra Mundial. Nessa época, pesquisas realizadas levaram a constatação de que este efeito poderia ser enormemente aumentado e maximizado, se a superfície interna da cavidade cônica fosse revestida com uma delgada película de aço ou cobre.

Esta constatação redundou num rápido e enorme desenvolvimento dessas cargas, que passaram a denominar-se "Carga Oca", sendo que os projetis ou mísseis que as portavam passaram a chamar-se respectivamente, "projetis de carga oca" e "mísseis de carga oca".

Uma comparação do efeito provocado sobre um bloco de aço pela detonação de uma carga explosiva comum e de duas outras do tipo oca, pode ser avaliada através da seguinte ilustração:



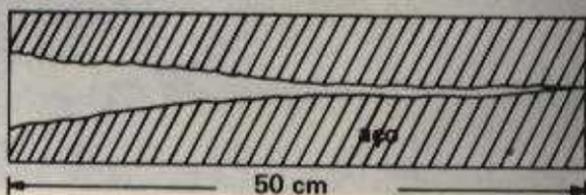
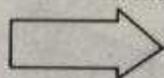
- a = Carga Explosiva comum
- b = Carga Oca sem revestimento
- c = Carga Oca c/ revestimento - metálico

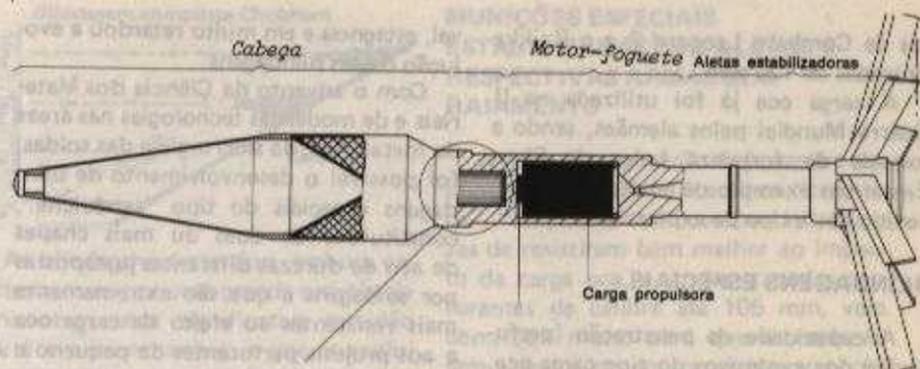
E =

Revestimento metálico

O efeito Real de uma carga Oca sobre um bloco de aço de 50 cm de espessura pode ser avaliado na ilustração abaixo:

Sentido do Impacto





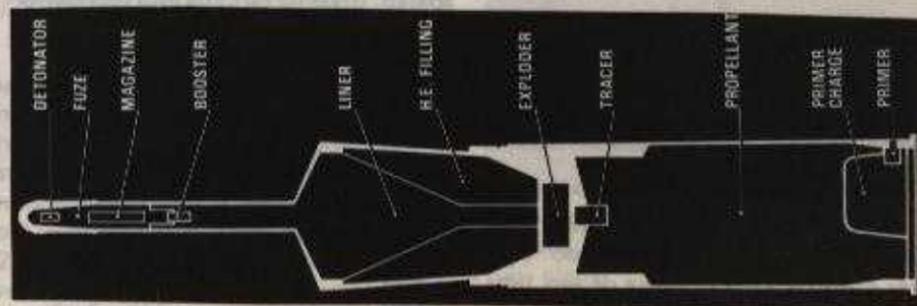
De uma forma mais geral e abreviada, são esses mísseis ou projéteis denominados simplesmente de munições HEAT (High Explosive Anti-Tank).

As modernas munições dotadas de carga oca, sendo capazes de penetrar blindagens de espessuras superiores a 0,5 m, tornaram quaisquer veículos blindados absolutamente vulneráveis ao seu impacto destruidor, conferindo à defesa anticarro um de seus melhores instrumentos de combate.

Para o emprego entretanto deste tipo de munição, não deve o projétil ou míssil, durante o seu deslocamento ao longo da trajetória, estar animado de movimento de rotação, uma vez que o "Efe-

to Munroe" reduz-se consideravelmente, quando o impacto ocorre com esse tipo de movimento.

A existência de tais tipos de munição foi um dos fatos que muito contribuíram para o desenvolvimento de novas concepções de blindagens compostas e das novas e modernas munições denominadas de subcalibradas (tanto as rotativas como as estabilizadas por aletas), além de ter inspirado em parte, o desenvolvimento de uma nova geração de canhões, que é a dos canhões anticarro de alma lisa, cujos exemplares mais notáveis da atualidade são o Rheinmetall alemão de 120 mm, que já equipa os Car-



Corte longitudinal de um moderno projétil de Carga Oca:

ros de Combate Leopard 2 e o Raikka finlandês de 120 mm.

A carga oca já foi utilizada na II Guerra Mundial pelos alemães, sendo a tomada da fortaleza belga de Eben Emael um exemplo de emprego bem sucedido deste tipo de explosivo.

BLINDAGENS ESPECIAIS

A capacidade de penetração (perforação) dos explosivos do tipo carga oca, capazes de perfurar blocos de aço de até 0,5 m de espessura estimulou as pesquisas e o desenvolvimento de novas blindagens especiais, caracterizadas não mais por uma exagerada espessura, mas sim, por uma elevada resistência a esse tipo de explosivo, reduzida espessura e peso compatível.

Desde antes da I Guerra Mundial já era conhecido o fato de que as blindagens constituídas de paredes sucessivas e durezas respectivamente diferentes, ofereciam uma melhor proteção contra projéteis explosivos e perforantes. São exemplos disto, os famosos encouraçados do início do século, conhecidos por "Dreadnoughts", dos quais, a Marinha Brasileira possuiu dois (o ex-Minas Gerais e o ex-São Paulo).



ENCOURAÇADO "SÃO PAULO"
Oleo a/óleo, de BALLESTER
Arquivo do Serviço de Documentação Naval da Marinha

Alguns destes navios de guerra tinham parte do casco blindado com três camadas: uma primeira de aço, uma segunda de areia e a terceira de aço.

O excessivo peso e uma carente tecnologia dos materiais até então disponí-

vel, estagnou e em muito retardou a evolução dessas blindagens.

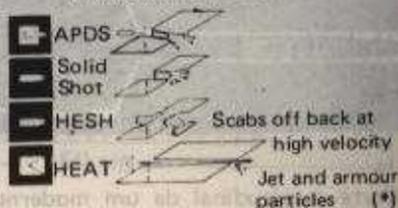
Com o advento da Ciência dos Materiais e de modernas tecnologias nas áreas da metalurgia, da siderurgia e das soldas, foi possível o desenvolvimento de blindagens especiais do tipo "sanduiche", constituídas de duas ou mais chapas de aço de durezas diferentes justapostas por soldagens e que são extremamente mais resistentes ao efeito da carga oca e aos projéteis perforantes de pequeno e médio calibre (até 20 mm).

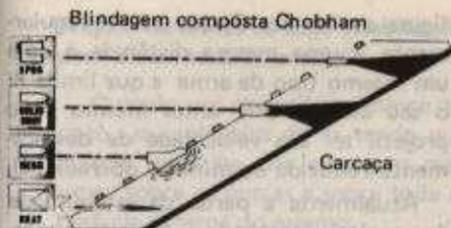
Outro tipo de blindagem da atualidade é a chamada blindagem composta com óxido de alumínio, cujo tipo é conhecido hoje em dia como blindagem cerâmica, nome leigo para aglomerados contendo óxidos de silício, de alumínio, de boro, etc., dotados de grande dureza e abrasão. Dentre essas sobressai, aquela desenvolvida durante 10 anos no Centro de Pesquisas do Exército Britânico em Chobham, e por isso denominada também de blindagem Chobham.

Os carros de combate Chieftain ingleses e Leopard 2 alemães, já estão dotados desta nova blindagem.

A capacidade de resistência da blindagem Chobham ao impacto dos vários tipos de munições anticarro existentes pode ser avaliada nas duas ilustrações abaixo, onde na de cima está representada uma chapa de aço-tungstênio do tipo mais comum utilizado nos carros de combate da atualidade e no de baixo uma chapa blindada Chobham:

Blindagem de aço convencional





As blindagens deste tipo, embora caracterizem-se por uma grande resistência apresentam uma significativa servidão que é o peso excessivo, o que as exclui de emprego em carros de combate sobre rodas.

Ainda no campo das blindagens especiais é interessante uma referência a um novo tecido a prova de bala, cinco vezes mais resistente e mais leve que o aço, o Kevlar, uma fibra sintética muito abrasiva fabricada pela Du Pont e bastante utilizada na confecção de coletes a prova de bala.



Tais coletes são confeccionados em quatro partes, duas nas costas, cada uma com seis camadas de tecido e resistem a todo tipo de balas de revólveres e pistolas, desde o calibre 38 até as potentes Magnum 3.57 e 9 mm. Sua principal vantagem é o peso, que varia de 1,2 kg para proteção contra armas mais leves a 2 kg contra as mais potentes. Um colete fabricado com aço escamado pesaria de 6 a 9 kg.

MUNIÇÕES ESPECIAIS ESTABILIZADAS POR ALETAS E RESPECTIVAS ARMAS SEM RAIAMENTO

A larga disseminação hoje em dia das blindagens especiais dos tipos "cerâmica", "sanduiche" ou "compostas", capazes de resistirem bem melhor ao impacto da carga oca, e ao das granadas perforantes de calibre até 105 mm, veio contribuir muito para que se acelerassem as pesquisas em torno de novas concepções de projetis, capazes de poderem ser dotados de muito maior energia cinética do que os projetis convencionais e conseqüentemente poderem perfurar e penetrar tais blindagens, a partir de distâncias bem maiores que as atuais.

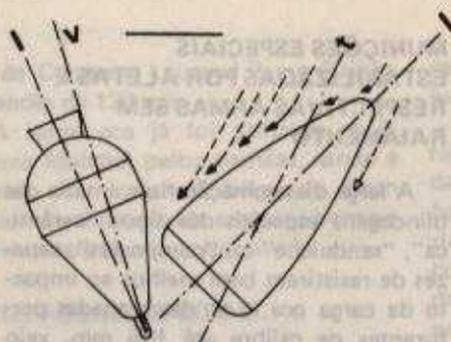
Projetis rotativos das armas de fogo convencionais

Para os *projetis convencionais* de armas de fogo, o processo adotado para mantê-los em equilíbrio (estabilizados) ao longo da trajetória, é uma elevada rotação (velocidade angular) que lhes é imprimida por ocasião do disparo.

Este movimento de rotação em torno do eixo longitudinal do projétil é conseguido por meio do raiamento existente no interior dos canos ou tubos das armas, especialmente destinado a esse fim.

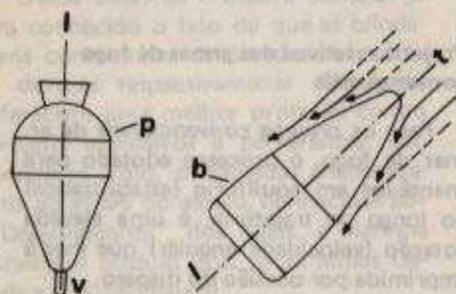
O comportamento dos projetis rotativos no espaço é análogo ao comportamento dos piões girando sobre uma superfície plana.

Os desenhos que se seguem ilustram bem esse exemplo comparativo:



Enquanto a rotação do pião se manter elevada (fig. 1), o seu eixo longitudinal L tende a coincidir com a vertical V; da mesma forma enquanto a rotação do projétil se manter elevada (fig. 1), o seu eixo longitudinal L tende a coincidir com a linha da trajetória T.

Quando a velocidade angular do pião se reduz, ele começa a bambolear (fig. 2).



No espaço, quando a velocidade de rotação do projétil se reduz, ele se inclina relativamente a uma linha da trajetória T e por efeito do choque lateral com as moléculas do ar, desvia-se do alvo.

É bem conhecido em balística o chamado "cone de dispersão", indicado na

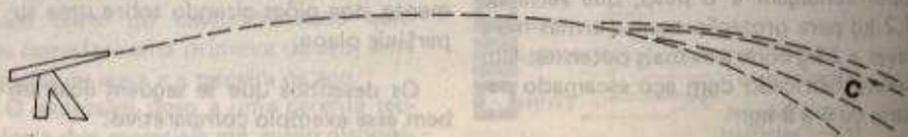
figura abaixo por C, que ocorre regularmente a uma mesma distância e para um mesmo tipo de arma e que limita af o seu alcance útil, antes mesmo de o projétil ter sua velocidade de deslocamento reduzida ao mínimo operacional.

Atualmente a perda da estabilidade dos projetis formando o cone de dispersão de tiros ocorre aproximadamente na distância de 400 metros para as metralhadoras e fuzis calibre 7,62 mm (.30) e aproximadamente a 700 metros para as metralhadoras calibre 12,5 mm (.50).

Essa tendência de inclinar é tanto maior nos projetis de formatos mais alongados.

Esta é a razão pela qual, nos projetis estabilizados por rotação, o valor máximo da relação comprimento/diâmetro esteja praticamente limitado a 5:1. Como para um dado calibre (diâmetro) a massa de um projétil é função apenas do material de que ele é fabricado e do seu comprimento, verifica-se ser impossível nos projetis convencionais estabilizados por rotação, aumentar a sua energia por acréscimo da sua massa, uma vez que para cada calibre já estão otimizados e maximizados respectivamente, a densidade dos materiais de que é feito o projétil e o seu comprimento, limitado a um valor 5 vezes o do diâmetro.

Para aumentar nesses projetis a sua energia cinética através um acréscimo da velocidade inicial, também já maximizada, surgiriam consideráveis problemas com relação a carga de projeção e ao desgaste prematuro dos tubos.



Projétils de armas de fogo estabilizados por "aletas estabilizadoras"

Quando um projétil se desloca no espaço, as moléculas de ar tendo que se afastar para lhe dar passagem reagem umas sobre as outras e sobre toda a superfície externa do mesmo.

O estabilizador aerodinâmico consiste essencialmente em um dispositivo de aletas montadas na parte traseira do projétil, para utilizar a passagem do ar com a finalidade de produzir força constante de equilíbrio destinado a manter o alinhamento do eixo longitudinal do projétil com a linha da trajetória durante o voo.

Pesquisas realizadas durante o desenvolvimento desses novos projétils, para o qual foram necessários demorados ensaios aerodinâmicos em túnel, demonstraram ser possível conseguir-se valores para a relação comprimento/diâmetro, superiores a 11:1, possibilitando para cada calibre um volume maior ou seja: maior massa para um mesmo diâmetro e portanto *maior energia cinética para essa classe de projétil.*

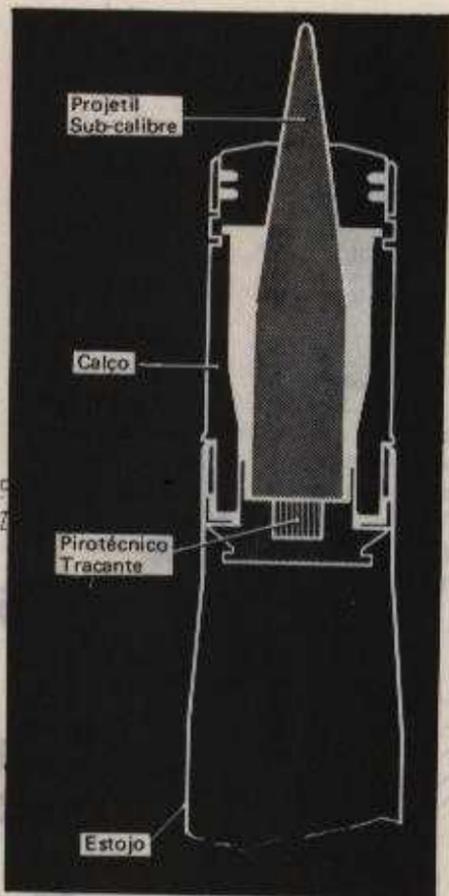
Modernamente esses projétils, quando são do tipo "perfurante", devido a sua forma alongada e de pequeno diâmetro, são conhecidos por "*projétils flexa*" e já estão operacionais como munição perforante em canhões anticarro tanto convencionais, como especiais.

O tiro com esses projétils, cujo diâmetro é bem menor do que o dos tubos que os dispara, faz-se normalmente envolvendo o projétil propriamente dito com calços cilíndricos circulares descartáveis para manter assegurada a coincidência do eixo longitudinal do tubo com o do projétil enquanto este permanecer ou se deslocar no interior do mesmo; ao ocorrer o disparo e ultrapassan-



do o projétil a boca da arma, são estes calços ejetados.

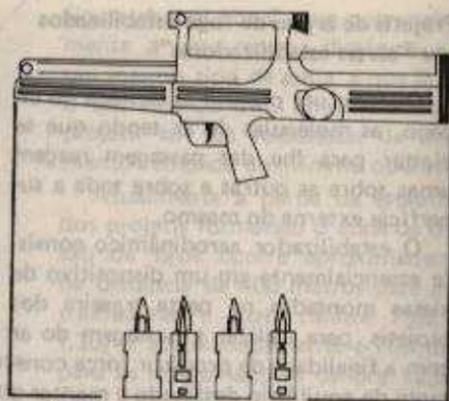
Por isso são essas munições "flexa" denominadas de "munições subcalibradas de calços descartáveis" ou mais abreviadamente: APDS (Armour Piercing Discarding Sabot).



Para as armas portáteis ainda não estão disponíveis projetis deste tipo, embora já existam protótipos com as respectivas munições, como é o caso do fabricante alemão Heckler & Koch (H & K).

Armamento de Tipo Especial e de Tipo Convencional para Utilização de "Projetis Flexa"

Não havendo mais necessidade de utilização de tubos raiados para a estabilização dos novos "projetis flexa", inicia-



ram-se vários projetos para a fabricação de canhões anticarro de alma lisa, muitos já operacionais e em fase de ampla expansão e disseminação pelo mundo.

Tudo indica que este será o canhão anticarro dos próximos vinte anos.

Desta nova geração de canhões, destacam-se:

- Canhão Rheinmetall de 120 mm e alma lisa alemão, que já equipa os carros de combate Leopard 2 e o futuro XM - 1 respectivamente alemão e americano.



- Canhão Raikka de 120 mm anti-carro, de alma lisa, finlandês.

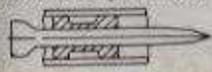


- Canhão russo de 115 mm e alma lisa, que equipa os carros de combate russos T-62.

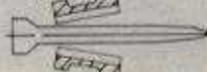


É interessante observar que a munição subcalibrada perforante estabilizada por aletas (projétil flexa) pode também ser disparada por canhões anticarro convencionais, isto é, raiados. Neste caso os calços descartáveis são deslizantes em relação ao projétil subcalibrado e não transmitem à ele quase nenhuma rotação por ocasião do disparo.

Granada Subcalibrada estabilizada por aletas



Calços descartáveis



TELÊMETROS A LASER E EQUIPAMENTOS DE VISÃO NOTURNA

A evolução da eletrônica possibilitou o desenvolvimento de modernos processos de amplificação de luz, que uma vez adequadamente associados a sistemas óticos clássicos, deram lugar o surgimento de um novo campo da ciência, a Optrônica.

Foi a Optrônica que veio permitir o desenvolvimento de equipamento de medida de distância (telêmetros) e de observação noturna, extremamente precisos, compactos e portáteis.

Telêmetros a Laser

O seu princípio de funcionamento é idêntico ao do Radar (rádio detecting and ranging), pois a técnica de medição consiste na medida do tempo decorrido entre a ida e a volta de um raio Laser (Light amplification by stimulated radiation) emitido pelo instrumento até o alvo.

É capaz de medir distâncias de um alvo qualquer como fumaça, árvores, ar-



Equipamentos de Visão Noturna

São equipamentos ótico-eletrônicos, isto é, optrônicos, por intermédio dos quais é possível ver através da escuridão. Classificam-se em duas categorias:

- ativos
- passivos

Ativos são aqueles que utilizam uma fonte emissora de raios infravermelhos para iluminar o alvo e passivos aqueles que utilizam processos eletrônicos para a amplificação da luz residual existente em torno do alvo a ser observado.

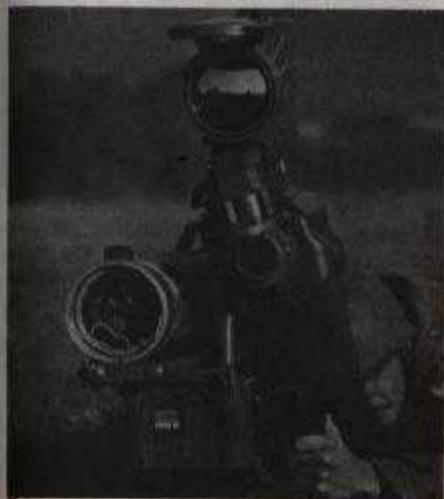
bustos, etc, até um limite que irá depender da capacidade de reflexão desse alvo e da potência do emissor Laser associado ao instrumento. Embora alguns tipos desses equipamentos possam medir distâncias de até 20 Km, na prática, tais medidas estão limitadas a um máximo de 6 Km e a um mínimo de 200 metros.

Basicamente um telêmetro a Laser é constituído de uma Unidade de Medida de Distância que compreende em geral um transmissor Laser à neodímio e um receptor tipo fotodiodo.

Faço ao seu pequeno porte, grande precisão e rapidez de resposta, vem este equipamento cada vez mais se constituindo como importante acessório complementar de muitos Sistemas de Arma da atualidade, principalmente dos Sistemas Anticarro e Antiaéreo para os quais a exatidão do parâmetro distância-alvo é fundamental para a eficácia do primeiro tiro.



Nesta última categoria ainda se inserem os equipamentos de visão por imagem térmica, tanto diurnos como noturnos, os quais baseiam-se nos diferentes níveis de irradiação de calor emitidos pelos vários materiais e pessoas presentes numa área ou ambiente a ser observado. Esta imagem é recebida e projetada, num "display" semelhante aos de televisão.



Os equipamentos de visão por infravermelho (IR) embora apresentem a vantagem de serem vulneráveis à detecção

por parte do adversário, são mais utilizados e difundidos face ao seu baixo custo quando comparados aos similares do tipo passivo.



RADARES MILITARES

São equipamentos mecânico-eletrônicos destinados à localização de objetivos móveis, medir-lhes a velocidade e determinar-lhes a forma e a natureza. O seu princípio de funcionamento baseia-se na emissão de ondas eletromagnéticas e na detecção e análise subsequente dos sinais resultantes da reflexão ou eco dessas mesmas ondas pelo alvo.

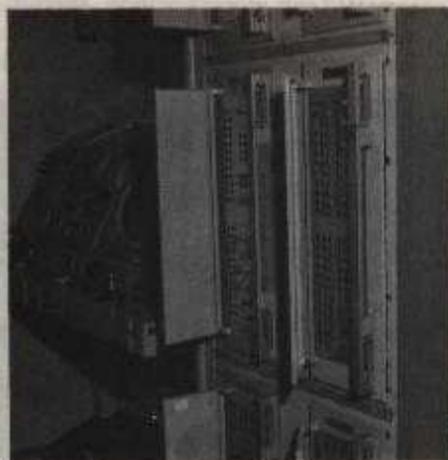
A função de detecção está ligada também a de identificação, isto é, evidenciar o caráter hostil do alvo detetado. Uma maneira clássica de proceder-se a essa identificação consiste em se instalar nos alvos amigos, normalmente os aéreos, um dispositivo denominado IFF (interrogador amigo-inimigo) que interrogado pela emissão de uma radiação suplementar àquela que está sendo emitida pelo radar, deve alterar a sua reflexão, segundo um código predeterminado.

Quanto ao processamento dos dados recolhidos pelos ecos dos radares, face ao volume e a velocidade com que estes



se apresentam, é impositivo a inclusão de um computador no sistema. Os meios utilizados para esse processamento compreendem além das unidades centrais e periféricas normais dessas máquinas, as periféricas especiais para o "interface" entre materiais informáticos e não informáticos, bem como os dispositivos de visualização gráfica e os "consoles" que permitem o diálogo homem-máquina.

O processamento dessas informações faz-se preferencialmente na atualidade, de forma exclusivamente digital, devido não só a segurança e precisão de funcionamento, como a flexibilidade que proporciona à programação. É o caso, em particular dos radares orgânicos de Sistemas de Arma Antiaéreos, onde computadores digitais a eles associados, garantem a par da triagem dos dados em seu interior, o cálculo dos elementos de tiro, incluindo sem dificuldade, as variadas correções devidas aos parâmetros exteriores, possibilitando assim uma rápida orientação da arma para a interceptação do alvo (no caso do míssil, guiá-lo até ele).

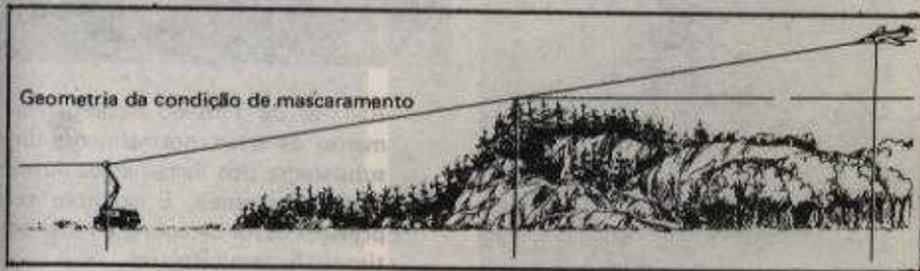


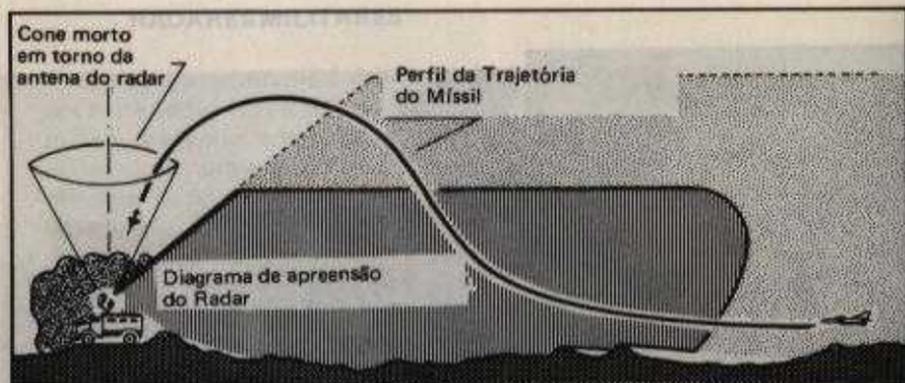


Quanto as servidões a que estão sujeitos os radares podem ser citadas:

- As condições meteorológicas, que são importantes, sob o ponto de vista da propagação das ondas eletromagnéticas, prejudicada pelo nevoeiro, a chuva e a neve.
- As características do terreno, principalmente o relevo, que limita a visada direta e portanto o alcance dos radares para vigilância terrestre e para a vigilância antiáerea em baixa altitude.
- As condições eletromagnéticas prejudicadas, ou por fontes de emissão situadas nas mesmas faixas de frequência ou por fontes de emissão intencionalmente ativadas pelo adversário (guerra eletrônica).
- As condições de invisibilidade radar em torno de um cone morto tendo como vértice o irradiador da antena. Desta vulnerabilidade se valem os modernos mísseis anti-radar.

Geometria da condição de mascaramento





Dentre os vários tipos de radares militares podem ser citados:

- Radares de Vigilância Antiaérea para baixa e muito baixa altitude. Normalmente são de alcance pequeno (da ordem de 20 a 40 Km), em consequência das limitações de visibilidade impostas pelo relevo do terreno.



São exemplos deste tipo os radares "Girafa" e "Flycatcher".



- Radares de Tiro ou Acompanhamento de Alvo, normalmente um subsistema dos Sistemas de Arma Antiaéreos atuais. É exemplo expressivo desta categoria o radar de tiro do Sistema Roland.



— Radares de Infantaria para vigilância do terreno. São exemplos des-

ta categoria os radares "Rasit" e "Rasura".



- Radares de Trajetografia para localização de alvos para a Artilharia e para Morteiros como por exemplo o radar "Cymbeline".



SISTEMAS AUTOMÁTICOS PARA O TIRO DE ARTILHARIA

Destinam-se a realizar com precisão e extrema rapidez o tiro indireto da artilharia.

Até alguns anos atrás a solução do problema de realização, com relativa rapidez, do tiro indireto da artilharia de campanha, era obtida graficamente, através de um processo conhecido como "prancheta de tiro", complementado pelo uso de equipamentos e tabelas gráficas ou numéricas que forneciam os dados planimétricos e elementos balísticos da trajetória.

Embora a obtenção desses dados para a realização do tiro pudesse também e

com muito maior precisão ser conseguido através do cálculo matemático, tal método todavia não era utilizado por não atender simplesmente aos requisitos de rapidez, além de induzir frequentemente ao erro, em razão do volume e da complexidade desses cálculos.

O advento entretanto das máquinas de calcular eletrônicas, com uma gama extraordinária de recursos, sugeriu que se iniciassem pesquisas visando solucionar o problema do tiro pelo cálculo, utilizando essas pequenas calculadoras, principalmente aquelas dotadas de cartões magnéticos, nos quais as constantes correspondentes a cada carga de projeção podiam ai ser gravadas. Isto resultou no surgimento dos chamados Mínissistemas Automáticos para o Tiro Indireto de Artilharia.



Paralelamente a estes Mínissistemas Automáticos, surgiram na atualidade, sistemas bem mais abrangentes e elaborados, fundamentados em um computador, para uso em Postos de Comando de Unidades de Artilharia. Esses Sistemas possibilitam a automatização dos procedimentos relacionados com a preparação do tiro e com dados de reconhecimento do terreno, muitos dos quais obtidos através radares e telémetros a Laser.



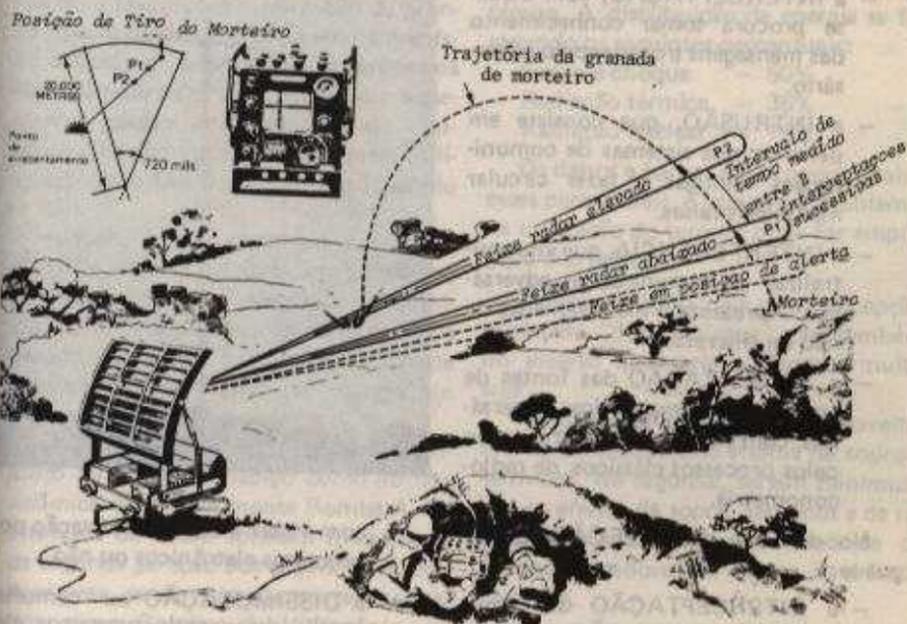
tiro calculados pelo computador, proporcionando uma enorme rapidez e precisão dos tiros.

Em contrapartida esta mesma artilharia tornou-se muito mais exposta e vulnerável no campo de batalha, aos modernos sistemas de mísseis e equipamentos de vigilância adversários como por exemplo, aos radares de localização ou de trajetografia, capazes de localizar posições de onde se realizam tiros, com grande rapidez e segurança.

GUERRA ELETRÔNICA

Normalmente tais sistemas são complementados por um subsistema de transmissão de dados que apresenta junto a cada canhão, visualmente, os dados de

A importância e a participação cada vez maior da eletrônica nos Sistemas de Arma e no exercício do comando, têm conduzido à busca de novas técnicas e artifícios capazes de perturbar e reduzir



a eficácia dos meios eletrônicos adversários, em particular aqueles relacionados com as atividades de **DETEÇÃO** e de **TRANSMISSÃO**.

O conjunto dessas técnicas e artifícios se constitui nas armas da **GUERRA ELETRÔNICA**.

Esta apresenta aspectos **OFENSIVOS**, quando busca perturbar os meios inimigos e **DEFENSIVOS** quando, pelo contrário, busca se proteger da guerra eletrônica adversária. Neste último caso este conjunto de técnicas e artifícios denomina-se **Contra Medidas Eletrônicas** ou mais abreviadamente **CME**.

As operações de guerra eletrônica apresentam características específicas conforme a função a que se destinam, sejam de detecção, seja de transmissão.

No domínio da **TRANSMISSÃO**, distingue-se:

- a **INTERCEPTAÇÃO**, com a qual se procura tomar conhecimento das mensagens trocadas pelo adversário.
- a **INTRUSÃO**, que consiste em penetrar nos sistemas de comunicações inimigas e fazer circular mensagens falsas.
- a **INTERFERÊNCIA**, que visa neutralizar as comunicações adversárias. Apresenta o inconveniente de não ser discreta.
- a **LOCALIZAÇÃO** das fontes de emissão eletromagnéticas adversárias, com vistas à sua neutralização pelos processos clássicos, de radiogoniometria.

No domínio da **DETEÇÃO**, distingue-se:

- a **INTERCEPTAÇÃO** das emissões e a **LOCALIZAÇÃO** dos emissores dos Sistemas adversários



com vistas a sua neutralização por processos eletrônicos ou não.

- a **DISSIMULAÇÃO** ou "camuflagem", abrangendo processos eletromagnéticos e que pode se de-

envolver, seja para proteção dos sistemas de detecção, seja em oposição a utilização deles pelo adversário.

- a INTERFERÊNCIA por emissões de sinais, destinada a perturbar os sistemas de detecção adversários.

ARMAS NUCLEARES TÁTICAS (Bombas de Neutrons)

Para melhor entendimento do que seja a incorretamente chamada Bomba de Neutrons, é necessário que determinados conceitos e informações sejam lembrados. Um artefato nuclear pode internamente desencadear, e portanto funcionar, processos de fissão ou fusão. O processo de fissão é o processo no qual o núcleo de determinado elemento pesado é fendido em dois núcleos de elementos mais leves, com a liberação de grandes quantidades de energia em pequeníssima fração de tempo. Um dos processos de fissão consiste em bombardear o elemento pesado por partículas de Neutrons. Os elementos pesados mais utilizados são o Urânio - 235 e o Plutônio - 239.

A fusão é o processo em que os núcleos de elementos leves, em particular os dos isótopos do hidrogênio, se combinam para formar o núcleo de outro mais pesado, também com a liberação de substancial quantidade de energia em pequeníssima fração de tempo.

Os artefatos de fissão formam o conjunto do que é conhecido como Bomba Atômica ou simplesmente Bomba A. Os artefatos de fusão formam o conjunto da segunda geração dos engenhos termo-nucleares, sendo popularmente designados como Bombas de Hidrogênio, ou simplesmente Bomba H.

A explosão de um artefato nuclear causa efeitos de sopro ou de choque, que consistem na rápida expansão da energia liberada, comprimindo uma massa de ar que irá deslocar-se em forma de onda de choque. Causa também efeitos térmicos, originados pelas radiações térmicas, produzidas pela bola de fogo no centro da explosão, que alcançam temperaturas idênticas as da coroa solar. Essa bola de fogo, como se depreende, resulta também da liberação energética que o processo de fissão ou fusão inicia. O último efeito produzido pelo arrebetamento nuclear é o da radiação.

Existem dois efeitos essenciais: a radiação inicial onde são liberadas partículas Alfa, Beta, Gama e ainda feixes de Neutrons; e a radiação residual, que induz inicialmente, no material a ela exposto, uma carga radioativa por impregnação que pode causar baixas por longo tempo. A distribuição de energia se faz segundo os seguintes percentuais:

Sopro e choque	- 50%
Radiação térmica	- 35%
Radiação nuclear	- 15%

Os danos e baixas são proporcionais a esses percentuais, o que causa problemas na utilização do terreno onde for empregado o artefato.

Datam de 1950 não só a concepção inicial da "bomba limpa" mas também do inverso que seria a "bomba muito suja".

Na primeira buscava-se o aproveitamento otimizado dos efeitos de sopro e térmicos. Na segunda, seriam minimizados os efeitos de sopro, térmicos e de radiação residual, maximizando-se os efeitos causadores de baixas através da radiação.

As características principais desse artefato são:

— Raio de danos por sopro, choque, radiação térmica e radiação residual minimizado.

— Raio de danos (baixas) causadas pela radiação nuclear inicial não minimizado.

— Tempo e persistência dessa radiação minimizado.

Examinando-se então essas características e comparando-as com efeitos conhecidos das diversas radiações presentes num processo de fissão ou fusão, verifica-se que *esses padrões de efeitos só podem ser alcançados com o desenvolvimento de um processo de liberação de radiação inicial, principalmente de neutrons, cuja característica principal é sua extrema perniciosidade às formas de vida.*

Devido ao seu reduzido conteúdo de massa crítica, o que corresponde à quantidade útil de explosivo nos artefatos convencionais, esse novo engenho poderá ser lançado através tanto de mísseis

convencional, seja para proteção dos sistemas de defesa, seja em caso de utilização para fins de guerra.



Em resumo: A bomba de neutrons é uma pequena ogiva nuclear que pode ser colocada em granadas de artilharia e em mísseis. Produz o dobro da radiação de uma bomba nuclear convencional, mas tem menos de uma décima parte de seu poder explosivo, geração de calor e produção de resíduos radioativos. Isso significa que pode matar pessoas sem causar danos significativos às construções.



CONCLUSÃO

Com este trabalho, restrito apenas a alguns materiais e equipamentos militares de emprego terrestre, procuramos mostrar de forma bastante sucinta e resumida o significado da aplicação sobre eles, de modernas tecnologias atualmente disponíveis.

Com relação a eletrônica em particular, tudo conduz a um prognóstico seguro de que a sua participação no campo das aplicações militares, à semelhança do que já ocorre de forma imprevisível, possibilitará—dia após dia, através a miniaturização de seus componentes, a realização de equipamentos cada vez mais compactos, menos pesados de pro-

picar níveis cada vez mais elevados de confiabilidade.

Os avanços obtidos, por exemplo, nos dispositivos de visão noturna e de vigilância do campo de batalha, minimizaram em muito as restrições impostas às operações militares tanto à noite como sob mau tempo.

Em contrapartida, a crescente "eletronização" dos equipamentos bélicos os torna cada vez mais vulneráveis às ações da Guerra Eletrônica. Tanto hoje como no futuro, os Sistemas de Arma e os Sistemas de Comunicações devem ser cada vez mais protegidos por medidas que evitem ou minimizem a proliferação das ações perturbadoras intencionais que em situação de guerra atuarão de forma implacável e decisiva sobre eles.

O Cel Engº THOMAS GONZALES DE GUSMÃO serve no Estado-Maior das Forças Armadas, onde exerce as funções de Chefe da Seção de Indústria e Tecnologia. É formado em Engenharia Eletrônica e Industrial pelo Instituto Militar de Engenharia, havendo realizado estágio em nível de engenharia em indústrias da Europa, dos ramos de armamento, munições, eletrônica, ótica e viaturas militares.

(*) APDS = Perfurante Blindada com Calços Descartáveis

SOLID SHOT = Projétil Compacto

HESH = Fragmentos Expelidos em Alta Velocidade da Parte Posterior da Blindagem

HEAT = Alto Explosivo Anticarro

HIDRELÉTRICA DE ITAIPU

Setembro de 1981



Vertedouro, Barragem Lateral Direita e
Barragem Principal em primeiro plano.

UNICON – CONEMPA