

DEFESA ANTIAÉREA – PRINCÍPIOS TÉCNICOS E TÁTICOS (1): OS PRINCIPAIS PRINCÍPIOS DE ORIENTAÇÃO DE MÍSSEIS ANTIAÉREOS

Por Olivier Dujardin*



Sistema Spyder (Rafael Advanced Defense Systems).

Diferentes sistemas de defesa antiaérea atendem a diferentes necessidades táticas, sendo classificados conforme seu alcance máximo de engajamento.

Existem vários tipos de sistemas de defesa antiaérea para atender a diferentes necessidades táticas. Eles são geralmente classificados de acordo com seu alcance máximo de engajamento¹, que desempenha um papel crucial no tipo de detecção e orientação de mísseis:

- SATCP para terra/ar de muito curto alcance (*Manpads* em inglês), com alcance máximo em torno de cinco a sete quilômetros;
- Sistemas de curto alcance, cobrindo até aproximadamente 25 km;
- Sistemas de médio alcance, com extensão até cerca de 50 km;
- Sistemas de médio e longo alcance, com alcance máximo em torno de 100 km;
- Sistemas de longo alcance, com alcance máximo superior a 100 km.

¹ https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/16/rapports/cion_def/116b0866_rapport-information#

É claro que existem sistemas que podem enquadrar-se entre duas categorias ou abranger várias delas.

MÍSSEIS DE MUITO CURTO ALCANCE

Geralmente são mísseis guiados de forma autônoma, usando principalmente buscadores infravermelhos. O disparo só pode ser executado quando o buscador tiver travado o alvo, o que limita o alcance efetivo a alguns quilômetros no máximo. Uma vez disparado, o míssil torna-se autônomo, e o atirador não precisa mais realizar nenhuma ação; daí o nome de mísseis “disparar e esquecer”.



FIGURA 1: FIM-92 Stinger (topwar.ru).



FIGURA 2: RBS 70 (Saab).

O míssil então se move em direção ao seu alvo até o impacto ou até passar perto o suficiente para que a espoleta de proximidade acione a carga explosiva. Se errar o alvo ou se for disparado tarde demais para alcançá-lo, ele se autodestrói automaticamente depois de um certo tempo de voo. Esta categoria de mísseis inclui o francês Mistral, as famílias russas Strela, Iгла e Verba, o americano FIM-92 Stinger, o japonês Type 91, etc.

Alguns mísseis também são guiados por laser: um feixe de laser direcionado ao alvo é então seguido pelos mísseis. Este modo de orientação requer apontamento constante do atirador e, portanto, não se enquadra na categoria “disparar e esquecer”. A vantagem deste sistema é que as iscas (*chaff* e *flare*) não têm efeito sobre os mísseis. Nesta categoria encontramos em particular o Starstreak inglês e o RBS 70 sueco.

SISTEMAS DE CURTO ALCANCE

Esses sistemas terra/ar geralmente usam mísseis totalmente controlados remotamente por meio de controle de fogo. O processo começa com a detecção de um alvo por um radar de vigilância, transmitindo-o posteriormente para um radar de rastreamento e/ou para um sistema óptico auxiliado por um telêmetro a laser para rastreamento preciso de sua posição.



FIGURA 3: HQ-7 (Ministério de Defesa da China).

O míssil lançado é totalmente controlado remotamente pelo controle de fogo em direção ao alvo. Não possui buscador próprio, o que ajuda a reduzir seu custo. O rastreamento e o controle remoto do míssil são realizados até o impacto ou

passagem próxima ao alvo. Se o míssil errar o alvo, pode ser destruído remotamente. Esta categoria inclui sistemas como o francês Crotale, o russo Pantsyr e o Tunguska, além do chinês HQ-7 (inspirado no francês Crotale), por exemplo.

SISTEMAS DE MÉDIO E LONGO ALCANCE

Existem duas famílias de orientação:

A **primeira família** depende de orientação semiativa, onde um iluminador de radar “ilumina” um alvo, enquanto o míssil retorna o eco gerado por este último. Este princípio é amplamente utilizado em sistemas de curto e médio alcance, sejam antigos ou novos, incluindo o MIM-23 Hawk, o SPADA 2000, os sistemas BUK e TOR, o S-125 Pechora, etc.

Para sistemas “modernos” de longo alcance, datados do final da década de 1970, onde o eco do radar gerado é fraco, o míssil é controlado remotamente em direção à posição prevista do alvo, permitindo assim otimizar a trajetória e aumentar o alcance prático. Essa técnica, chamada de orientação TVM (*Track via Missile*) utiliza dados do radar do sistema de armas para calcular a posição do míssil em relação ao seu alvo.

Uma vez que o míssil é capaz de detectar o próprio alvo a partir do eco gerado pelo radar de disparo, ele envia automaticamente o sinal de volta ao alvo. Nesta categoria encontramos os mísseis Patriot PAC-2 e PAC-2 GEM, que também podem ser utilizados com a versão PAC-3, bem como as diferentes variantes do míssil 48N6 utilizado pelo S-300/400, ou novamente os mísseis do sistema chinês HQ-9.

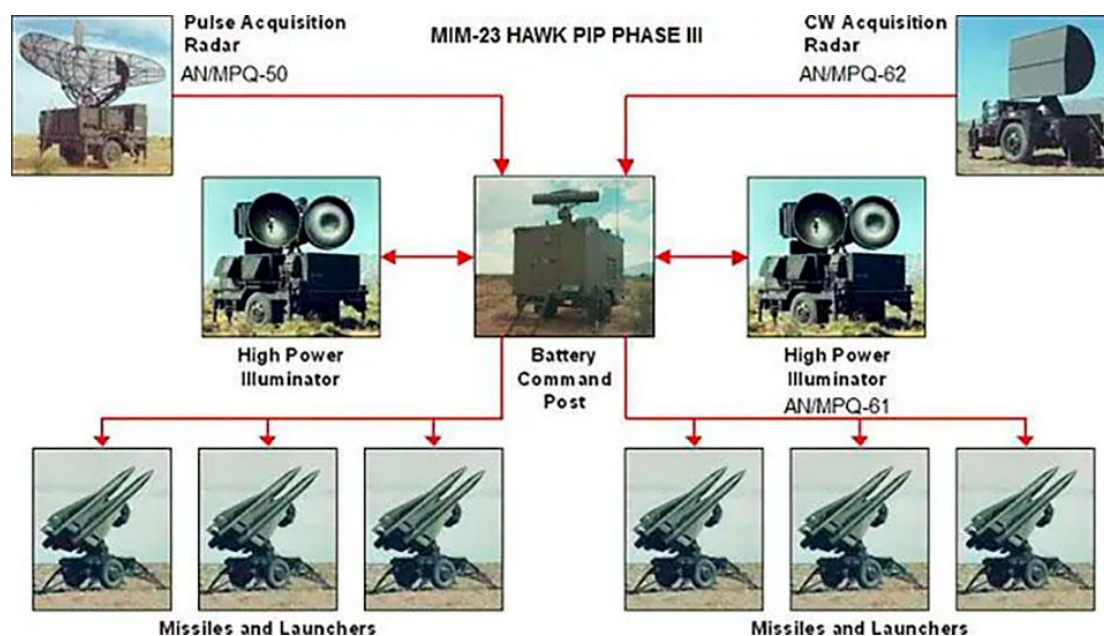


FIGURA 4: MIM-23 Hawk

Observe-se que, em sistemas antigos de longo alcance, o alcance dos mísseis era parcialmente determinado pela potência do radar de iluminação. Poderia ter

havido uma capacidade de correção de trajetória bastante rudimentar no início do voo, que poderia ser definida como o ancestral do TVM. Isso levou a sistemas muito volumosos e altamente detectáveis eletromagneticamente. Nesta categoria encontramos o antigo S-75 Dvina (SA-2 Guideline no código OTAN) ou S-200 Angara/Vega/Doubna (SA-5 Gammon no código OTAN) do lado russo, bem como o MIM-14 Nike Hercules do lado americano.



FIGURA 5: Míssil 5V28 do sistema S-200 (SA-5 Gammon)

A **segunda família** utiliza radar ativo e/ou orientação infravermelha. A médio e curto alcance, os buscadores não conseguem atingir os alvos designados para eles. Eles são previamente guiados de acordo com o princípio TVM e, quando os mísseis chegam perto o suficiente do alvo, seus buscadores se encarregam da orientação com total autonomia.

Alguns sistemas utilizam um sinal de controle remoto transmitido omnidirecionalmente, o que permite o envolvimento de 360° dos alvos, mas limita o alcance efetivo devido à diluição do sinal de rádio no espaço. Esta categoria inclui o SAMP/T franco-italiano, o IRIS-T SLM e o NASAMS, por exemplo.

Outros sistemas utilizam um sinal direcional de controle remoto, permitindo que os alvos sejam engajados apenas em um setor específico coberto pelo radar de controle de fogo. No entanto, isto permite o controle remoto de mísseis em distâncias muito maiores graças à focagem do feixe. Nesta categoria encontramos o americano MIM-104 Patriot PAC-3², o russo S-350, S-400³, S-500, bem como o sul-coreano KM-SAM e o israelense Arrow.

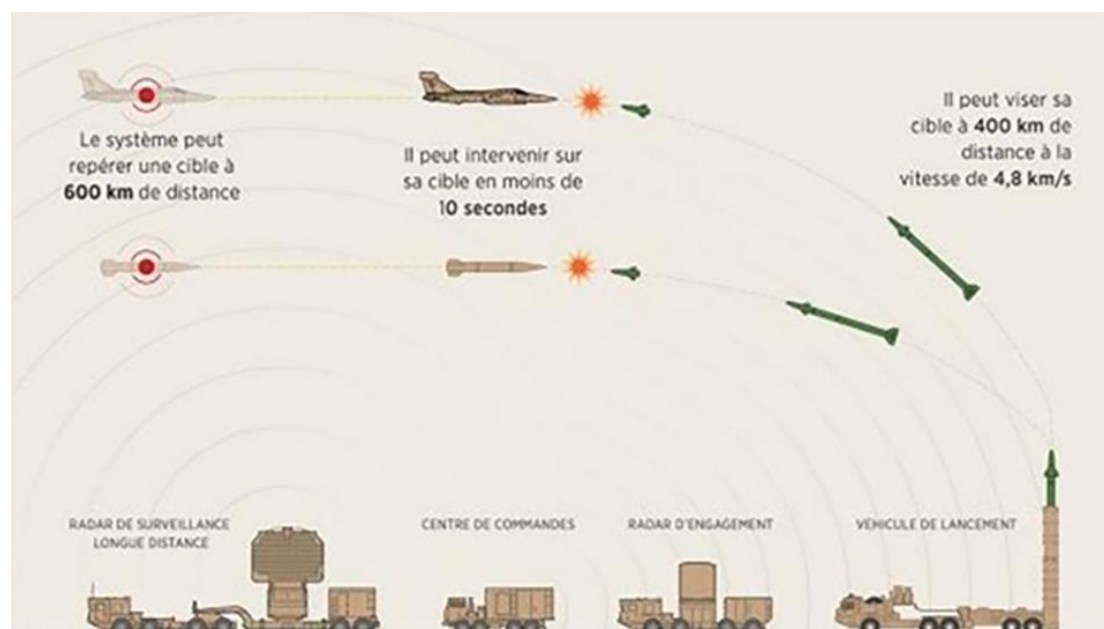


FIGURA 6: Organização de uma bateria S-400

* * * * *

Os diferentes meios de orientação descritos não são de forma alguma exaustivos. Existem outros métodos, menos utilizados ou mais antigos, que também podem ser agrupados nas categorias mencionadas. É claro que também existem diferenças operacionais notáveis entre sistemas da mesma categoria, o que influencia seu desempenho operacional dependendo dos alvos processados.

² <https://velhogeneral.com.br/2023/06/28/dissecando-o-patriot-pac-3/>

³ <https://velhogeneral.com.br/2023/07/04/dissecando-o-s-400/>

Cada escolha técnica tem suas vantagens e desvantagens. Não existe uma solução “perfeita” e é fundamental compreender as limitações de cada sistema. As aeronaves atacadas por estes sistemas procurarão explorar estas fraquezas da melhor forma possível para escapar aos mísseis e garantir a sua sobrevivência.

Publicado no [Cf2R](#).

****Olivier Dujardin** é pesquisador associado do Cf2R (Centre Français de Recherche sur le Renseignement), chefe da seção de tecnologias e armamentos e consultor independente. Ele tem mais de 20 anos de experiência em guerra eletrônica, processamento de sinais de radar e análise de sistemas de armas. Ocupou cargos operacionais em guerra eletrônica, no estudo de sistemas de radar, guerra eletrônica e análise e coleta de sinais eletromagnéticos. Ele também ocupou o cargo de especialista técnico em sistemas de coleta SIGINT.*
