

NOVAS POSSIBILIDADES DE EMPREGO DO ALVO AÉREO NO ADESTRAMENTO DA ARTILHARIA ANTIAÉREA DO EXÉRCITO BRASILEIRO

WANDERSON GOMES BORGES – 1º Ten¹

GIOVANNE FÁBIO BONETTO – 2º Ten²

RESUMO

Este artigo tem por finalidade apresentar algumas possibilidades que poderiam ser implementadas no alvo aéreo ao empregar o modo de voo *BVLOS* (*Beyond Visual Line-Of-Sight*, do inglês, além do alcance visual) com *FPV* (*First Person View*, do inglês, visão em primeira pessoa), ao utilizar-se de um revestimento metálico para aumentar a *RCS* (*Radar Cross Section*, do inglês, Seção Reta Radar) e ao adotar um sistema controlador de voo, tudo, visando a detecção pelos radares de busca e de tiro da VBC DA Ae Gepard 1A2 e, por conseguinte, no melhor adestramento das guarnições de artilharia antiaérea (AAAe) com a integração dos subsistemas controle e alerta, comunicações e sistema de armas.

Palavras-chave: emprego; alvo aéreo; adestramento; subsistemas; radar; *RCS*; *BVLOS*.

1. O ALVO AÉREO NAS INSTRUÇÕES

O alvo aéreo é uma Aeronave Remotamente Pilotada (ARP), usado como meio auxiliar de instrução, pois possibilita o emprego de munição real de AAAe e o adestramento dos subsistemas de AAAe das Unidades e Subunidades de Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro.

Na Operação *Sagitta Primus*, exercício de tiro antiaéreo realizado no Campo de Instrução de Formosa (CIF), organizado pela 1ª Bda AAAe, são empregados alguns tipos de alvos aéreos, como o Delta Eclipse e o Treinador. Esses ARP têm como finalidade parecer-se com uma aeronave real.

¹ O autor é da turma de 2016 do Curso de Artilharia da AMAN e da turma 2019 do Curso de Artilharia Antiaérea para Oficiais da EsACosAAAe. Atualmente exerce as funções de Chefe da 3ª Seção e Chefe da Seção de Alvo Aéreo da 11ª Bia AAAe AP.

² O coautor é da turma de 2019 do Curso de Artilharia Antiaérea do NPOR/3º GAAAe. Atualmente exerce a função de Comandante da 3ª Seção de Artilharia Antiaérea da 6ª Bia AAAe AP.



Figura 1 - Alvo Aéreo Delta Eclipse. Disponível em: <<https://www.brasilaircraft.com.br/produto/delta-eclipse>>. Acessado em: 19 JUL 21.



Figura 2 - Alvo Aéreo Treinador. Disponível em: <<https://www.alphamodelismo.com.br/aeromodelo-aguia-trainer>>. Acessado em: 19 JUL 21.

Os alvos aéreos simulam, com algumas limitações, as aeronaves atacantes. As guarnições de AAAe são então desafiadas a empregar seus armamentos, sempre em modo manual, frente a essas ameaças. Contudo, como são meios de simulação, existem limitações ao serem comparados com as aeronaves reais, dentre as quais se pode citar: baixa seção reta radar (RCS), que é a capacidade do alvo refletir as ondas eletromagnéticas emitidas pelo radar, e alcance mínimo para a detecção pelo radar, em decorrência da limitação visual do operador da aeronave remotamente pilotada.

As limitações dos radares e o alcance das aeronaves fazem com que as operações resumam-se ao tiro antiaéreo sem empregar os meios de controle e alerta e sem que possibilitem realizar toda a sequência de engajamento do alvo: busca, aquisição, apreensão e engajamento. A não realização dessa sequência prejudica o adestramento das guarnições de artilharia antiaérea (AAAe).

Outro problema verificado durante os exercícios de certificação da Força de Prontidão (FORPRON) da 5ª Bda C Bld ou de adestramento (PAB Seç AAAe AP), os quais a 11ª Bia AAAe AP foi submetida, diz respeito a necessidade de um tipo de alvo aéreo capaz de ir a uma distância muito além do que o piloto em comando (também chamado de operador ou piloto da

aeronave) é capaz de enxergar para que se possa empregar os meios de controle e alerta daquelas frações.

2. FATORES LIMITANTES DO ALVO AÉREO

A baixa RCS dos alvos aéreos decorre do fato deles possuírem pequenas dimensões físicas, não possuírem muitas superfícies retrorrefletoras, o que dificulta a reflexão das ondas eletromagnéticas e mais de 90% de sua estrutura ser composta por materiais não metálicos, como chapas de madeira e isopor (EPS), além do alcance visual do operador do alvo ser limitado a um raio de 500 metros e ser do tipo *VLOS* (*Visual Line-Of-Sight*, do inglês, na linha de visão).

Quanto ao alcance das ARP, é engano afirmar que o fator limitante de operação a longas distâncias é o rádio controle, pois estes possuem alcance máximo na ordem de 1,5 km, chegando a 5 km em zona rural, local mais adequado para a execução de exercícios militares. Podem-se citar, como exemplo, os rádios com tecnologia Futaba FASST de 2,4 GHz, que Exército Brasileiro já emprega para o controle remoto de seus alvos aéreos.

3. INCLUSÃO DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS E ARTIFÍCIO METÁLICO PARA MELHOR EMPREGO DO ALVO AÉREO

O alvo aéreo pode mais bem ser explorado com a inclusão de equipamentos eletrônicos e artifício metálico para serem detectados a longas distâncias e trazerem mais realismo à instrução. O sistema para voos em *FPV*, equipamentos que permitem voo em modo *BVLOS* e papel metálico são alguns exemplos que permitem a detecção pelos radares da VBC DA Ae Gepard 1A2. Com a adição desses equipamentos, o ARP passa ser enquadrado em outra classe, denominada SARP (Sistema Aéreo Remotamente Pilotado).

a) Sistema para voos em *FPV*

Uma forma de se contrapor às limitações dos radares e do alcance visual do operador é empregando equipamentos que permita realizar voos em primeira pessoa, valendo-se, basicamente, de uma câmera, antenas de transmissão (*Video Transmitter – Vtx*) e recepção (*Video Receiver – Vrx*). Tais *hardwares* podem ser acoplados a qualquer equipamento transmissor de imagem, como *tablet*, *smartphone*, *notebook* ou óculos *FPV* (*goggles*), bastando que a antena receptora esteja sintonizada em um mesmo canal (de mesma frequência) do equipamento de *VTx*. O modo de transmissão e recepção são semelhantes a um canal de TV, onde os dispositivos que possuem uma antena apropriada podem receber a imagem do

transmissor. Na figura a seguir, podemos observar um exemplo de equipamento básico para *FPV*.

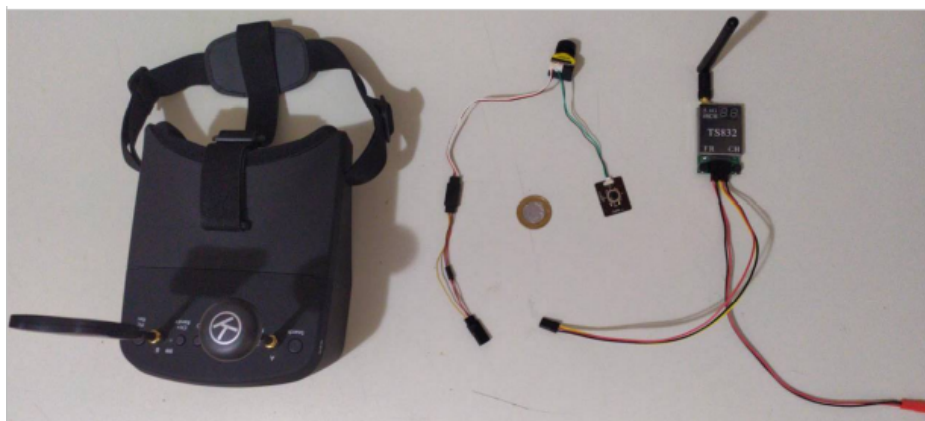


Figura 3 – Equipamento básico para transmissão e recepção de vídeo em tempo real (*FPV*). Da direita para a esquerda: óculos VR (composto de uma antena planar e uma antena cloverleaf), Câmera *FPV* e Transmissor *VTx*. Tanto a câmera, quanto o *VTx* podem ser alimentados pela própria bateria do *SARP*. Fonte: 1º Ten G. Borges/ 11ª Bia AAAe AP.

O valor médio de um equipamento de *FPV* simples (com alcance de transmissão de vídeo até 1,5 Km e composto com câmera que filma em 1080p, 30fps e peso total de 150g) e gira em torno de R\$ 1.500,00. Vale ressaltar que mais de 50% do investimento não é instalado na *ARP*, permitindo o seu reaproveitamento e economia de recursos.

b) Equipamento para voo em modo *BVLOS*

Atrelado ao equipamento de *FPV* para se ter um alcance maior, a aeronave deverá conter uma placa controladora de voo com sensores de telemetria e *GPS*, além de configurações no *software*, realizada pelo operador do equipamento para que, caso houver perda de sinal, o alvo aéreo retorne ao ponto de decolagem.

O modo *BVLOS* podem ser configurado para voo automatizado, em que é seguida uma rota pré-programada durante ou antes da decolagem do *SARP*, ou manual, na qual o piloto comanda a rota a ser seguida a todo momento. Nessas duas situações, o *SARP* deverá valer-se de um sistema *OSD* (*On Screen Display*). Esse equipamento eletrônico é análogo a um *HUD* (*Head-Up Display*), presente nas aeronaves de caça ou nos aviões comerciais mais modernos. O *HUD* projeta na tela do piloto os dados aferidos oriundos dos sensores de telemetria, como altitude, velocidade, atitude (*AoA*) e posicionamento da aeronave. No exemplo abaixo, podemos observar uma placa controladora e seus sensores de telemetria. Todo o equipamento custa em torno de R\$ 1.500,00 e pesa menos de 200g.



Figura 4 – Exemplo de placa controladora de voo com a possibilidade de voo automatizado. Possui GPS, estabilizador de voo, tubo de pitot, giroscópio. Disponível em: <https://fpvmodel.com/products/mfd-myflydream-autopilot-osd-flight-stablizer-2014_g433-html>. Acessado em: 19 JUL 21.

Para que todos os dados de telemetria sejam computados pelo sensor barométrico, giroscópico, de GPS e tubo de pitot e possam ser transmitidos em uma tela de posse do piloto em comando no solo é necessário ter embarcado os sensores de *FPV*, pois só assim o alvo aéreo, estando em modo de voo manual, conseguirá chegar até o alcance máximo (ou além do alcance) do rádio controle e será detectado pelos radares de busca e de tiro.

Além disso, o voo em modo *FPV* possibilitará o Escalão Superior ou quem estiver avaliando as Técnicas, Táticas e Procedimentos (TTP) acerca das medidas passivas de autodefesa antiaérea, uma vez que o alvo aéreo poderá sobrevoar e filmar os locais que estarão posicionados os armamentos (unidades de tiro), possibilitando uma melhor APA (Análise Pós-Ação, também chamado de *debriefing*).

O alcance mínimo de detecção de um radar varia de acordo com o tipo e para qual finalidade será empregado. O alcance mínimo do radar de tiro EDT FILA, por exemplo, é de 300m, já o radar de busca acoplado ao Gepard é de 750m e o radar de busca SABER M-60 é de 1.750m.

O exemplo abaixo mostra um usuário voando além do alcance visual e em uma altitude de 132 metros. Cabe ressaltar que esses parâmetros de voo são proibidos para voo recreativo no país. Por isso, deve-se observar o MCA 56-3 – AERONAVES NÃO TRIPULADAS PARA USO EM PROVEITO DOS ÓRGÃOS LIGADOS AOS GOVERNOS FEDERAL, ESTADUAL OU MUNICIPAL (2020), além do que, qualquer utilização de sistemas automatizados, o Órgão que emprega este tipo de voo deverá conseguir autorização especial de voo expedida pela FAB, por intermédio do DCEA. Ademais, somente poderão ser operados na

condição de espaço aéreo interdito, por meio de NOTAM, cujo espaço aéreo seja em área sobrejacente aos campos de instrução, os quais o sobrevoo já são restritos.

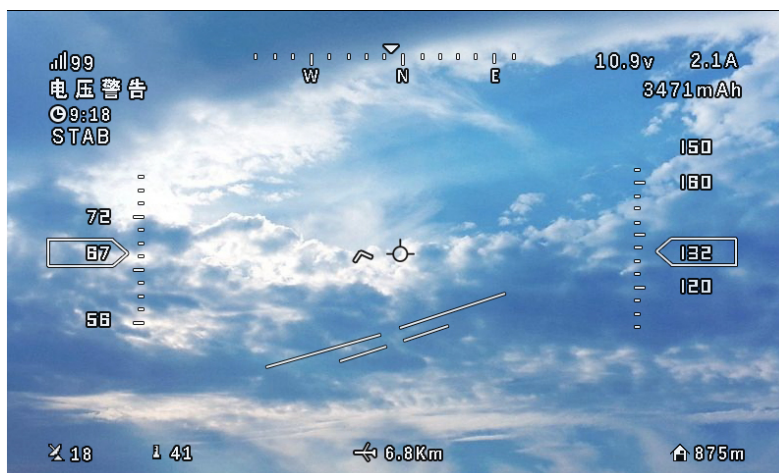


Figura 5 – Exemplo de um visor OSD de uma placa controladora projetado em um óculos FPV. Disponível em: <<https://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?3218519-SN-L-Fixed-Wing-Flight-Controller-With-Pixel-OSD-AAT-Support-PPM-SBUS-RSSI-For-Mini-R>>. Acessado em: 19 JUL 21.

Com a intenção do Exército Brasileiro em adquirir meios de média altura (sensores de controle e alerta, além do sistema de armas), muito provavelmente terá que adquirir alvos aéreos a jato para adestrar guarnições operadoras de tais sistemas, pois as Forças Armadas dos países que dispõe desses sistemas executam seus treinamentos em alvos aéreos a jato, como, por exemplo, o alvo aéreo Do-DT25 da Airbus.

Para se operar um alvo aéreo que sobrevoe na faixa de quilômetros de distância do operador e que imprima velocidades acima de 200 Km/h é necessário que esse SARP tenha a possibilidade de ser operado pelo modo *BVLOS* e que o operador acompanhe a rota por meio de FPV, tudo embarcado em uma estrutura que contenha uma *RCS* detectável pelos sensores de controle e alerta.

c) Artifício metálico

O artifício metálico foi utilizado em um teste para furtrar-se da questão relacionada a baixa *RCS*, pois os alvos aéreos são fabricados em madeira. Os radares possuem limitação na detecção de pequenos objetos de baixa *RCS*. Esses fatores geralmente, excetuando os externos, como temperatura e umidade, são em decorrência das características do radar, tais como a largura de pulso, frequência, potência e a abertura do lóbulo principal da antena. O volume no espaço (em direção, distância e elevação) em que o radar não consegue separar os alvos é

chamado de célula de resolução. Consequentemente, os alvos não são apresentados como “bips” na tela PPI ou são fundidos em um só “bip”.

Para se contrapor a limitação da célula de resolução, recentemente, por ocasião do exercício *Águia de Aço III*, a 6ª Bia AAAe AP revestiu o alvo aéreo Delta Eclipse com papel alumínio, a fim de que o radar de tiro da VBC DA Ae Gepard 1A2 pudesse acompanhar o alvo, após ter sido executada a designação pelo sensor ótico da VBC DA Ae Gepard 1A2. Não foi possível realizar a designação do alvo pelo radar de busca.



Figura 6 - Alvo aéreo Delta Eclipse revestido com folha reflexiva de alumínio. Fonte: 3º Sgt Leonardo/6ª Bia AAAe AP.



Figura 7 - VBC DA Ae Gepard 1A2. Fonte: 1º Ten G. Borges/11ª Bia AAAe AP.

O teste a seguir foi realizado com sucesso no radar de tiro da VBC DA Ae Gepard 1A2. Para que a aeronave seja vista pelo radar de busca, tacedita-se que seja necessário a inclusão de *winglet* nas pontas das asas, para que estas atuem como uma superfície retrorrefletora e o radar consiga designá-la. Tal avaliação ainda não foi realizada nos radares SABER M-60 e EDT FILA, pois a 6ª Bia AAAe AP e a 11ª Bia AAAe AP não dispõe desses sensores.



Figura 8 - Winglets. Disponível em: <<https://www.brasilaircraft.com.br/produto/delta-jet>>. Acessado em: 19 JUL 21.

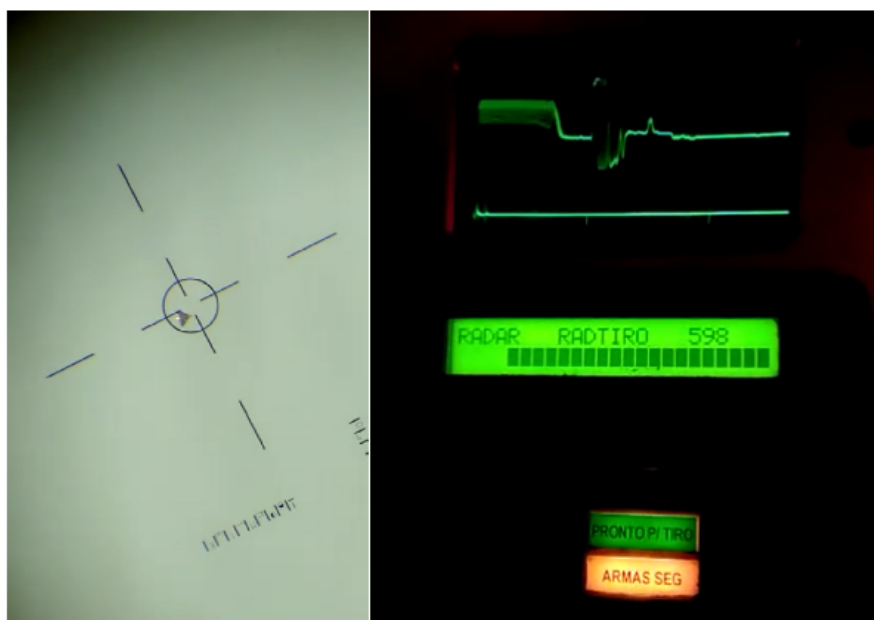


Figura 9 - Alvo aéreo Delta Eclipse sendo acompanhado pelo radar de tiro do Gepard. Crédito da imagem: 3º Sgt Leonardo/6ª Bia AAAe AP.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cada vez mais se tem buscado soluções para melhor adestrar a tropa. Os meios auxiliares de instrução ou de simulação são ferramentas fundamentais para tal. Por conseguinte, são requeridos e sistemas que mais se assemelham à realidade do combate. Daí decorre a necessidade de se adquirir plataformas que se enquadrem nas perspectivas dos cenários dos conflitos recentes, a fim de que o militar possa ser capaz de melhor empregar seus armamentos para se contrapor ao inimigo, caso necessário.

O alvo aéreo é, sem dúvida, o cerne para que os meios de baixa altura e, futuramente, os de média altura capacitem os Quadros das Organizações Militares, por meio de exercícios de emprego tático e/ou tiro real antiaéreo envolvendo, com sinergia, todos os seus subsistemas.

O melhor aproveitamento e ganho operacional das guarnições P Vig, COAAe, Tu Radar, Cmt de Fração e U Tir serão feitos com equipamentos cujas limitações do meio auxiliar de instrução e dos subsistemas de AAAe sejam reduzidas ao máximo para que se possam realizar os incidentes dos problemas militares simulados com mais realismo, sem contar que o equipamento de *FPV* poderá fornecer subsídios para avaliar, ratificar ou retificar procedimentos relativos à defesa passiva dos órgãos desdobrados no terreno.

Observa-se, também, que os valores de toda eletrônica embarcada apresentadas no decorrer deste artigo são relativamente baixos, se comparado ao valor do alvo aéreo ou ao armamento empregado. Outrossim, toda eletrônica incorporada à aeronave não aumentará significativamente o seu peso.

Verifica-se que, com a implementação dessas novas possibilidades de emprego do alvo aéreo no adestramento da AAAe do Exército Brasileiro, será possível ter militares mais capacitados para operarem os meios de emprego militar e, futuramente, por aqueles que operarão os meios AAAe de Média Altura, o que abarcará novas capacidades doutrinárias para as Forças Armadas brasileiras.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Defesa. Resolução Consug-MD N° 9, de 16 de junho de 2021. **Aprova a designação do Exército Brasileiro como Força Líder na condução do processo de obtenção do Sistema de Artilharia Antiaérea de Média Altura/Médio Alcance**. Brasília, DF, 16 de junho de 2021. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-consug-md-n-9-de-16-de-junho-de-2021-326517400>>. Acesso em: 19 JUL 21.

_____. Ministério da Defesa. Força Aérea Brasileira. **MCA 56-3**: aeronaves não tripuladas para uso em proveito dos órgãos ligados aos governos federal, estadual ou municipal. Rio de Janeiro: DCEA, 2020. Disponível em: <<https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/mca-56-3>>. Acesso em: 19 JUL 21.

_____. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **EB70-MC-10.231**: defesa antiaérea. 1. ed. Brasília: COTER, 2017.

_____. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **EB70-MC-10.235**: defesa antiaérea nas operações. 1. ed. Brasília: COTER, 2015.

_____. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **PPA-ART/2**: adestramento básico nas unidades de artilharia antiaérea. 1ª ed. Brasília: COTER, 2004.

_____. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **PPQ 06/2**: programa-padrão de instrução qualificação (Artilharia Antiaérea). 1ª ed. Brasília: COTER, 2004.

_____. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **EB60-ME-11.401**: dados médios para planejamento escolar. 1ª ed. Rio de Janeiro: DECEX, 2017.

_____. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **EB60-ME-23.016**: operação do sistema Gepard. Experimental. 1ª ed. Rio de Janeiro: EsACosAAe, 2014.

_____. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **EB60-N-23.018**: princípio básico de radar. Rio de Janeiro: EsACosAAe, 2014.

Alvo Aéreo. **Delta Eclipse**. Disponível em: <<https://www.brasilaircraft.com.br/produto/delta-eclipse>>. Acesso em: 19 JUL 21.

Alvo Aéreo. **Treinador**. Disponível em: <<https://www.alphamodelismo.com.br/aeromodelo-aguia-trainer>>. Acesso em: 19 JUL 21.

Rádio **Futaba**. Disponível em: <https://futabausa.com/?gclid=EAIaIQobChMIj-GSjvWN8gIVVD6tBh28JAsvEAAAYASAAEgJ0_vD_BwE>. Acesso em: 19 JUL 21.

Site. **Placa controladora de voo**. Disponível em: <https://fpvmodel.com/products/mfd-myflydream-autopilot-osdflight-stablizer-2014_g433-html>. Acesso em: 19 JUL 21.

Site. **Visor OSD**. Disponível em: <<https://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?3218519-SN-L-Fixed-Wing-Flight-Controller-With-Pixel-OSD-AAT-Support-PPM-SBUS-RSSI-For-Mini-R>>. Acesso em: 19 JUL 21.