

## 1. INTRODUÇÃO

Na evolução do combate e das tecnologias de defesa, sempre houve a dicotomia entre armamento/munição e proteção, cada vez que uma nova proteção é desenvolvida (contra armamentos/munições em uso), um novo armamento/munição tende a ser desenvolvido, para vencer esta proteção. Com o uso do novo armamento/munição, desenvolve-se uma nova proteção, a fim de resistir a ele. Gerando assim, um ciclo contínuo de evolução. Estreitando o tema para o combate blindado, podemos dizer que blindagens e munições evoluem lado a lado. Para cada nova munição, desenvolve-se uma blindagem capaz de resistir a ela. Para cada nova blindagem, desenvolve-se uma munição capaz de penetrá-la (BRASIL, 2017). Corroborando com o argumento temos a seguinte colocação de Louro:

“A guerra se modifica de acordo com as mudanças sociais e tecnológicas, ocorridas de maneiras diferentes em diversos períodos da história. Essas mudanças mantêm as organizações militares em busca constante por discerni-las e até mesmo antecipá-las, evitando com isso que possam ver seus métodos operacionais tornarem-se obsoletos” (LOURO, 2011, p. 14).”

Sendo assim, analisando esta evolução tecnológica constante, este trabalho tem como objeto o estudo das melhores soluções para utilização de submunições de mísseis e foguetes do Sistema ASTROS (Artillery Saturation Rocket System) que sejam eficazes contra as modernas Blindagens Reativas utilizadas por diversas Forças Armadas ao redor do mundo. Este estudo se divide na análise das Blindagens Reativas utilizadas nos dias de hoje e a eficácia de submunições de mísseis e foguetes capazes de penetrá-las, neutralizando ou destruindo estes tipos de alvo. Este estudo valeu-se de referências dentro e fora da instituição Exército Brasileiro (EB).

## 2. DESENVOLVIMENTO

Apesar de nenhum novo explosivo para

projéteis de Artilharia entrar em uso durante a Segunda Guerra Mundial, uma nova maneira de empregar explosivos surgiu naquela época. Era o efeito da carga oca ou efeito de carga moldada, que surgiu para neutralizar alvos blindados, sendo demonstrado pela primeira vez com sucesso nos lança rojões e nos rifles com lançadores de granadas (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1984, p. 2-18, tradução nossa).

Mas as blindagens também não ficaram pra trás na corrida desenfreada pela vitória no combate. Surge então, a Blindagem Reativa, ou conhecida pelo termo em inglês Explosive Reactive Armour (ERA) ou mesmo somente Reactive Armour (RA). Sua finalidade era diminuir o efeito da munição de carga oca e da munição de energia cinética tipo KEP. A primeira patente para Blindagem Reativa foi registrada na Alemanha em 1970 por um norueguês, Dr. Manfred Held, que mais tarde trabalhou com a Rafael Armament Development Authority Ltd. para desenvolver o projeto “Blazer” de Blindagem Reativa para Blindados israelenses, que apareceram em combate em 1982 (PINDER, 1999, p. 24, tradução nossa).

Novas munições anti-blindagem surgiram especificamente para perfurar a Blindagem Reativa. O primeiro efeito usado foi o da cabeça de guerra Tandem, que inclui um precursor menor, além da carga principal, que perfura a blindagem (PINDER, 1999, p. 24, tradução nossa).

### 2.1 ABLINDAGEM REATIVA

Blindagens Reativas são blindagens modulares que contêm pequenas cargas explosivas que detonam quando atingidas por uma ogiva, desviando assim o jato descarga moldada. Entretanto, essas blindagens não são muito eficazes contramunições que utilizam o princípio de penetração por energia cinética. (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1987, p. 178, tradução nossa).

Mas as blindagens também não ficaram pra trás na corrida desenfreada pela vitória no combate. Surge então, a Blindagem Reativa, ou conhecida pelo

1º Tenente da Arma de Artilharia. Bacharel em Ciências Militares pela Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN) em 2015. Especialização em Operação da VBCOAP M108 e M109 A3 (CIBId) em 2017. Especialização *Latu Sensu* em Operação do Sistema de Mísseis e Foguetes para Oficiais (CI Art Msl Fgt) em 2020.

termo em inglês Explosive Reactive Armour (ERA) ou mesmo somente Reactive Armour (RA). Sua finalidade era diminuir o efeito da munição de carga oca e da munição de energia cinética tipo KEP. A primeira patente para Blindagem Reativa foi registrada na Alemanha em 1970 por um norueguês, Dr. Manfred Held, que mais tarde trabalhou com a Rafael Armament Development Authority Ltda. para desenvolver o projeto “Blazer” de Blindagem Reativa para blindados israelenses, que apareceram em combate em 1982 (PINDER, 1999, p. 24, tradução nossa).

Novas munições anti-blindagem surgiram especificamente para perfurar a Blindagem Reativa. O primeiro efeito usado foi o da cabeça de guerra Tandem, que inclui um precursor menor, além da carga principal, que perfura a blindagem (PINDER, 1999, p. 24, tradução nossa).

## 2.1 ABLINDAGEM REATIVA

Blindagens Reativas são blindagens modulares que contêm pequenas cargas explosivas que detonam quando atingidas por uma ogiva, desviando assim o jato de carga moldada. Entretanto, essas blindagens não são muito eficazes contra munições que utilizam o princípio de penetração por energia cinética. (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1987, p. 178, tradução nossa).

Verifica-se que a Blindagem Reativa geralmente é aplicada nas superfícies frontais dos Blindados, que são áreas mais propensas a receber fogo inimigo. Buscando-se reduzir o peso do veículo, a parte superior e inferior dos carros de combate permanecem relativamente desprotegida (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1987, p. 178, tradução nossa).

## 2.2 TECNOLOGIAS PARA PERFURAR BLINDAGEM REATIVA

Conforme Pinder, não surpreendentemente, novas armas anti-blindagem estão surgindo e são projetadas especificamente para neutralizar a Blindagem Reativa usando uma cabeça de guerra Tandem, que inclui um precursor menor, além da carga principal, que irá perfurar a blindagem. A carga precursora detona a camada explosiva da Blindagem Reativa antes da carga principal, para permitir que ela penetre mais facilmente no Blindado. À medida que essas novas munições evoluam, os veículos blindados precisarão de cada vez maior proteção contra elas (PINDER, 1999, p. 24, tradução nossa).

Existe, ainda, outra tecnologia que surgiu com o intuito de perfurar as blindagens mais modernas, que

são as munições do tipo Explosively Formed Penetrators (EFP). EFP são pedaços de metal que penetram a blindagem em virtude de sua alta velocidade e massa, ou seja, sua energia cinética. Embora impulsionados por explosivos, eles não contêm explosivos no momento do contato com o alvo e são chamados de penetradores por energia cinética. (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1987, p. 178, tradução nossa).

## 2.3 SUBMUNIÇÕES PARA ATAQUE A VIATURAS BLINDADAS

Como já analisado, a parte superior e inferior dos carros de combate blindados é mais vulnerável a ataques, tendo em vista que os projetistas dão mais ênfase para reforçar a blindagem da superfície frontal, lateral e a traseira desses tipos de veículos, já que no combate há maior probabilidade de haver uma ameaça de fogo direto vindo de outros carros de combate ou de armamentos da Infantaria do que eles serem alvejados por fogo indireto de Artilharia.

Existem três gerações de munições de ataque pelo topo que podem ser usadas pela Artilharia. São elas as munições cluster convencionais e duas gerações de submunições “inteligentes” agora em desenvolvimento: submunições guiadas por sensores passivos como sensores infravermelhos (IR) e sensores que captam ondas milimétricas (MMW); e, submunições com guiamento terminal por radares ativos (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1987, p. 173, tradução nossa).

## 2.4 AMUNIÇÃO DO SISTEMA ASTROS

Os foguetes SS-40 (180 mm), SS-60 (300 mm) e SS-80 (300 mm) são os de maior interesse para nosso estudo, pois são os únicos capazes de lançar submunições sobre o alvo inimigo (BRASIL, 2020).

A cabeça de guerra dos foguetes SS-40, SS-60 e SS-80 e as suas espoletas de tempo de auto-acionamento são um tipo de cabeça de guerra múltipla projetada para ser eficaz contra alvos constituídos por pessoal ou Blindados. Os efeitos da submunição são antipessoal, agindo através de fragmentação de estilhaços de aço carbono quando as submunições detonam e anti-blindagem com o efeito do impacto com carga oca em cone.

Quando ejetadas, cobrem uma vasta área de terreno e produzem um efeito antipessoal e anticarro eficaz. As submunições são equipadas com espoletas de alta eficiência e com capacidade de autodestruição (BRASIL, 2020, p. 1-1).

Um cilindro oco do foguete, fabricado em aço contém todos os componentes da carga de





submunições. Seu provável raio de ação é de 42 m antipessoal e possui um cone para efeito anti-carro (perfuração de até 20 cm de aço carbono). Sua carga explosiva é o RDX e o calibre nominal de cada submunição é de 70 mm. Seu comprimento é de 200 mm, o seu peso é de 1,8 kg, e o peso do explosivo RDX é de 0,377 g (BRASIL, 2020).

## 2.5 SUBMUNIÇÕES ANTI-BLINDAGEM MODERNAS

O presente trabalho analisou as seguintes submunições de Artilharia capazes de perfurar a Blindagem Reativa: BAT, SMARt, SADARM, SPBE e BONUS Bofors.

A primeira submunição a ser analisada na presente pesquisa foi a Brilliant Anti-armor Technology (BAT), que é uma submunição equipada com sensores acústicos e infravermelhos que dão a cada submunição a capacidade de adquirir e atacar alvos blindados móveis. Após cada submunição BAT ser ejetada pela munição “carga” (granada de obuseiro, míssil ou foguete), ela busca autonomamente um alvo individual dentro de uma coluna de Blindados com seu sensor acústico. Uma vez que cada submunição está perto o suficiente de seu alvo blindado selecionado, o buscador é ativado e fornece orientação durante a trajetória final. A submunição BAT tem uma cabeça de guerra tipo Tandem, projetada para penetrar em todas as Blindagens Reativas conhecidas (ESTADOS UNIDOS, 1996, p. 1-9).

Outra submunição importante existente no mercado é a submunição SMARt, fabricada pela empresa alemã Diehl Defense GmbH & Co. KG, que nos traz que seu produto tem entre outras características um modo triplo de aquisição de alvos, incluindo um sensor infravermelho passivo (IR), um sensor de onda milimétrica (MMW) passiva de 94 GHz (radiômetro), e ainda um sensor de onda milimétrica ativa de 94 GHz (radar). Sua ogiva é revestida de tântalo de alto desempenho, possui função de autodestruição integrada, com o esgotamento da bateria iniciando a autodestruição. O fabricante garante danos colaterais mínimos. A empresa ainda apresenta que esta submunição é robusta para proteção contra medidas passivas de defesa e contra Blindagem Reativa. Varre uma grande área para busca de alvos (WICH, 2007, tradução nossa).

Temos ainda a submunição Sense and Destroy Armor (SADARM), que é uma submunição do tipo “dispare e esqueça”. O uso primário pretendido pelo SADARM é funcionar como um sistema de contrabateria contra obuseiros autopropulsados. Pode ser usado também contra veículos blindados de transporte de pessoal e outros veículos blindados em

posições estacionárias. Ele foi projetado para o ataque pela parte superior do blindado por fogo indireto (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1993).

A submunição SADARM combina ondas milimétricas, tecnologia de processamento de infravermelhos e de sinal. Após as munições serem ejetadas da munição “carga” os sensores da submunição iniciam a procura de alvos no solo (VENTURI, 2015).

Uma vez que um alvo é adquirido, os sensores da SADARM determinarão o centro do alvo e o explosivo o atingirá de forma que penetre pela parte superior do blindado, que é sua parte mais vulnerável (VENTURI, 2015).

Verificamos também em nosso estudo que o exército da Rússia desenvolveu a munição SPBE, que é uma ogiva guiada por sensores, projetada para atacar alvos com características associadas a veículos blindados. O conjunto de sensores adquire um alvo através da radiometria, radar, infravermelho em diferentes comprimentos de onda e laser. Normalmente, dois ou três deles são encontrados em uma ogiva. (DULLUM, 2010, p. 55, tradução nossa)

Por último temos a submunição BONUS Bofors. Desenvolvida e produzida em cooperação pela BAE Systems na Suécia e pela Nexter na França. A BONUS está atualmente em uso por diversos países, incluindo Finlândia, França, Noruega e Suécia. A BONUS detecta e identifica alvos processando sinais recebidos de sensores infravermelhos passivos (IR) que cobrem vários comprimentos de onda. O sistema então combina os resultados com os sinais recebidos do sensor de perfil para separar os alvos de combate de falsos alvos positivos (BAE SYSTEMS, 2019, tradução nossa).

Usando uma combinação de sensores, a BONUS é eficaz contra alvos que usam sistemas de proteção passiva e reativa. Cada uma das submunições expelidas busca e neutraliza independentemente seu próprio alvo, usando uma ogiva Penetradora de Forma Explosiva, Explosively Formed Penetrator (EFP), com revestimento de tântalo. A alta taxa de rotação da munição, a alta velocidade de descida e a ausência de paraquedas a tornam virtualmente indetectável (BAE SYSTEMS, 2019, tradução nossa).

## 3. CONCLUSÃO

Os dados obtidos pela pesquisa indicam que a submunição de 70 mm da AVIBRAS consegue ser eficaz apenas contra caminhões e veículos blindados leves, como obuseiros autopropulsados, veículos blindados de transporte de pessoal e veículos de combate de Infantaria. Pelos dados obtidos em nosso estudo



blindados de transporte de pessoal e veículos de combate de Infantaria. Pelos dados obtidos em nosso estudo verificamos que contra carros de combate com maior tecnologia de blindagem, elas são eficazes apenas se uma das submunições atingir a área vulnerável sobre o compartimento do motor ou da torre.

Verificou-se que a sua tecnologia não lhe garante formas de busca e de um guiamento autônomo até o ponto específico do alvo blindado. Para acabar com esse problema, o ideal seria que a submunição do sistema ASTROS fizesse o uso de sensores, presente nas gerações atuais das munições cluster. Esses sensores acabariam com a dispersão aleatória e aumentariam sensivelmente a probabilidade de baixas e destruição de Blindados, de modo que menos munições seriam desperdiçadas em espaços vazios e menos munições precisariam ser lançadas para se obter o mesmo resultado.

Os sensores também poderiam selecionar um determinado ponto de vulnerabilidade do carro de combate. Assim, os sensores infravermelhos (IR) conseguiriam localizar o quente compartimento do motor de um veículo alvo. Já as ondas milimétricas (MMW) ajudariam a localizar o centro do Blindado, onde está a torre.

O sistema ASTROS também poderia fazer proveito das submunições mais modernas que existem para o combate de Blindagem Reativa, que são as Terminally Guided Submunitions (TGSM), dotadas de radares ativos. Entretanto, possuem um pacote eletrônico mais sofisticado e uma tecnologia embarcada consideravelmente mais cara, que são necessárias para traduzir as imagens dos sensores em instruções de direção para as aletas da cauda que a guiam. A maior área de busca e o maior efeito letal das TGSM, em comparação com as submunições com sensores IR e MMW, justificam também seu maior custo.

Verificou-se também que a submunição de efeito ideal contra a Blindagem Reativa é proporcionada pela submunição com efeito do tipo EFP ou Tandem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAE SYSTEMS. **155mm BONUS Anti-Armor, Top Attack Artillery**. BAE Systems Bofors, 2019. 02 slides, color Disponível em: <<https://www.baesystems.com/en/download-en/20190919232441/143455555732.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2020.

BRASIL. Exército. **Nota de aula do Curso de Operação das VBCOAP M108 e M109: Técnica de**

**Blindados; Blindagens**. C I Bld. Santa Maria, RS, 2017. \_\_\_\_\_ EB70-MT-11.000 Manual Técnico Munições do Sistema ASTROS. 1. ed. Brasília, DF, 2020.

\_\_\_\_\_. **EB70-MT-11.000 Manual Técnico Munições do Sistema ASTROS**. 1. ed. Brasília, DF, 2020.

DULLUM, Ove. **The Rocket Artillery Reference Book**. Norwegian Defence Research Establishment (FFI). 2010. Disponível em: <https://publications.ffi.no/nb/item/asset/dspace:3520/09-00179.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2020.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Department of the Army. **TM 9-1300-214: MILITARY EXPLOSIVES**. Washington: Department Of The Army, 1984, 913 p.

\_\_\_\_\_. U.S. Congress, Office of Technology Assessment. **New Technology for NATO: Implementing Follow-On Force Attack**. Washington: Government Printing

Office, 1987, 235 p. Disponível em: <https://www.princeton.edu/~ota/disk2/1987/8718.PDF>. Acesso em: 30 ago. 2020.

\_\_\_\_\_. Unite States General Accounting Office (GAO). **Problems with the Sense and Destroy Armor Munition**. Washington: National Security International Affairs Division, 1993, 24 p. Disponível em: <<https://www.gao.gov/assets/220/218769.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2020.

LOURO, João Marcos Macedo. **“O cavalo ou o motor”: análise do processo de motomecanização do Exército Brasileiro(1921-1942)**. 2011. 112 p. Trabalho de Conclusão de Curso(Pós-Graduação em Estudos Estratégicos da Segurança e da Defesa)-Universidade Federal Fluminense, Niterói-RJ, 2011.

PINDER, John D. **Reactive Armor Tiles for Army and Marine Corps Armored Vehicles: An Independent Report to the Department of Defense and the United States Congress**. RAND'S Arroyo Center. Santa Monica, CA, Estados Unidos da América, 1999. 65 p. Disponível em: [https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/white\\_papers/WP119/WP119.pdf](https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/white_papers/WP119/WP119.pdf)

WICH, Harald. **Rocket Artillery in Future Scenarios, First Answer**. Diehl BGT Defence, 2007. 16 slides, color. Disponível em: <[https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2007/gun\\_missile/GMWedAM2/WichPresentation.pdf](https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2007/gun_missile/GMWedAM2/WichPresentation.pdf)>. Acesso em: 27

