

# **ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS**

**Cap Art RENAN PORTELA PAZ**

**O EMPREGO DE MUNIÇÕES ESPECIAIS DE ARTILHARIA (BONUS MK2  
E EXCALIBUR) FACE ÀS EXIGÊNCIAS DE MAIOR PRECISÃO CONTRA  
ALVOS MÓVEIS, FUGAZES E EM AMBIENTE URBANO**

**Rio de Janeiro**

**2024**

# **ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS**

**Cap Art RENAN PORTELA PAZ**

## **O EMPREGO DE MUNIÇÕES ESPECIAIS DE ARTILHARIA (BONUS MK2 E EXCALIBUR) FACE ÀS EXIGÊNCIAS DE MAIOR PRECISÃO CONTRA ALVOS MÓVEIS, FUGAZES E EM AMBIENTE URBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Escola de  
Aperfeiçoamento de Oficiais, como  
requisito parcial para a obtenção do grau  
de especialização em Ciências Militares.

Orientador: Cap Art Pedro Paulo  
**Gambarra** Junior.

**Rio de Janeiro**

**2024**

**Cap Art RENAN PORTELA PAZ****O EMPREGO DE MUNIÇÕES ESPECIAIS DE ARTILHARIA (BONUS MK2  
E EXCALIBUR) FACE ÀS EXIGÊNCIAS DE MAIOR PRECISÃO CONTRA  
ALVOS MÓVEIS, FUGAZES E EM AMBIENTE URBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, como requisito parcial para a obtenção do grau de especialização em Ciências Militares.

Aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2024

**Comissão de Avaliação**

---

MARCELO BICALHO LARA - Maj  
Pós-graduado em Ciências Militares  
Presidente/EsAO

---

PEDRO PAULO GAMBARRA JUNIOR - Cap  
Pós-graduado em Ciências Militares  
1º membro/EsAO

---

GILVANDO CAVALCANTI DE MELO NETO - Cap  
Mestre em Ciências Militares  
2º membro/EsAO

## **AGRADECIMENTOS**

À minha esposa, Carla, por todo o suporte e pelo apoio incondicional para que eu pudesse me dedicar aos estudos durante este ano e desenvolver o presente projeto.

Ao meu orientador, Cap Gambarra, pela sua atenção dedicada ao longo de todo o projeto de minha monografia.

## RESUMO

O emprego das munições M982 Excalibur e BONUS Mk2 pelas artilharias de campanha em ambientes urbanos ocorre face às exigências de maior precisão dos tiros indiretos nos combates modernos, que devem ter a capacidade de engajar alvos móveis. Para compreender sobre os sistemas envolvidos na condução de tiros precisos, são abordados aspectos doutrinários do emprego da artilharia de campanha e suas missões típicas de apoio de fogo, sendo analisados os obuseiros de calibre 155 mm e suas possibilidades de emprego. A partir da apresentação das características e possibilidades das munições inteligentes Excalibur e BONUS, foi dada ênfase para as vantagens e desvantagens do seu emprego em ambiente urbano, contra diferentes tipos de alvos. Verificou-se que o emprego efetivo dessas munições pode atender às exigências de maior precisão contra alvos móveis, fugazes e em ambiente urbano, modificando, portanto, o Poder de Combate da artilharia de campanha.

**Palavras-chave:** Munições. Excalibur. BONUS. Precisão. Artilharia.

## ABSTRACT

The use of M982 Excalibur and BONUS Mk2 ammunition by field artillery in urban environments occurs due to the increased precision requirements of indirect fire in modern combat, which must have the capability to engage moving targets. In order to understand the systems involved in conducting precise fire, doctrinal aspects of field artillery employment and its typical fire support missions are addressed, with analysis of 155mm caliber howitzers and their employment possibilities. After presenting the characteristics and possibilities of Excalibur and Bonus smart munitions, emphasis was placed on the advantages and disadvantages of their use in urban environments against different types of targets. It was found that the effective use of these munitions can meet the requirements for increased precision against moving, fleeting targets in urban environments, thus modifying the Combat Power of field artillery.

**Keywords:** Ammunition. Excalibur. BONUS. Precision. Artillery.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
1.1	PROBLEMA .....	9
<b>1.1.1</b>	<b>Antecedentes do Problema</b> .....	<b>10</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Formulação do Problema</b> .....	<b>11</b>
1.2	OBJETIVOS .....	11
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivo Geral</b> .....	<b>11</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>11</b>
1.3	QUESTÕES DE ESTUDO .....	12
1.4	JUSTIFICATIVAS.....	12
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>15</b>
2.1	A ARTILHARIA DE CAMPANHA.....	15
2.2	OS MATERIAIS 155MM E SUAS POSSIBILIDADES DE EMPREGO.....	17
2.3	MUNIÇÕES INTELIGENTES.....	19
2.4	M982 EXCALIBUR.....	21
<b>2.4.1</b>	<b>Apresentação e Características</b> .....	<b>22</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Vantagens e Desvantagens</b> .....	<b>24</b>
2.5	BONUS Mk2.....	26
<b>2.5.1</b>	<b>Apresentação e Características</b> .....	<b>27</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Vantagens e Desvantagens</b> .....	<b>27</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>30</b>
3.1	OBJETO FORMAL DE ESTUDO.....	30
3.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	30
3.3	AMOSTRA.....	31
3.4	PROCEDIMENTOS PARA A REVISÃO DA LITERATURA.....	32
3.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	32
3.6	INSTRUMENTOS.....	33
3.7	ANÁLISE DE DADOS.....	33
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>35</b>
4.1	COMPARATIVO DE ATRIBUTOS TÉCNICOS.....	35
4.2	CAPACIDADES E DOCTRINAS COMPARADAS.....	37

<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	41
5.1	CONSIDERAÇÕES SOBRE PRECISÃO E EFETIVO ENGAJAMENTO.....	41
5.2	MEIOS ATUADORES ADEQUADOS E CAPACIDADES NECESSÁRIAS.....	41
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	45
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	48



## 1 INTRODUÇÃO

Soluções de engenharia que agregam valor às forças armadas pelo mundo são necessárias e demandadas devido aos grandes avanços tecnológicos e ao surgimento de novos riscos e ameaças. “A incorporação de tecnologias disruptivas são um dos maiores desafios ao sistema militar e os incentivos para seu uso adequado devem ser orientados por políticas industriais, econômicas, estratégicas e tecnológicas” (MESA, 2020, p.245).

A partir deste novo contexto, a tecnologia garante novas possibilidades aos meios de emprego militar e a Doutrina Militar Terrestre brasileira afirma que:

Os riscos e as ameaças que as forças terrestres podem enfrentar são de natureza difusa e de difícil previsão. Será habitual que o cenário de atuação tenha um caráter conjunto, multinacional e com a presença de organizações civis de variadas matizes, e que as ações ocorram em meio à população e com a presença da mídia. Tudo isso, condiciona a forma de atuação e emprego da F Ter. (BRASIL, 2014, p.4-2)

Nesse diapasão, a artilharia de campanha, com grande tecnologia incorporada em seus subsistemas, deve ser capaz de operar no ambiente operacional que se apresenta, adquirindo meios capazes de enfrentar com letalidade as ameaças que se surjam, preservando vidas e organizações civis alheias ao combate.

O novo ambiente operacional é influenciado por diversos fatores até então não mencionados. Esses novos fatores, que agora ditam o desenrolar das operações, podem ser definidos como a dimensão humana, o combate em áreas humanizadas, a importância das informações, o caráter difuso das ameaças, o ambiente interagências, as novas tecnologias e sua proliferação e o espaço cibernético (BRASIL, 2014, p.4-7).

“As mudanças no Exército Brasileiro estão ocorrendo de forma significativa, com destaque para a aquisição de Viaturas Blindadas de Combate Obuseiro Autopropulsado (VBCOAP) 155 mm M109 A5+ BR” (MÜLLER, 2022, p. 13). Atualmente, segundo a Revista especializada Tecnologia e Defesa, o Exército Brasileiro se encontra em processo de adquirir a moderna VBCOAP 155 mm ATMOS - *Autonomous Truck Mounted howitzer System*, da empresa Elbit Systems.

As VBCOAP M109 A5+ BR e ATMOS incorporam novas capacidades, como o emprego de munições inteligentes, definidas por Hallion (1995) como artefatos

destinados a atingir com precisão um alvo específico, a fim de minimizar danos colaterais e aumentar a letalidade contra os alvos pretendidos. Tais meios tecnológicos elevam a precisão e eficiência do apoio de fogo terrestre, que há décadas já se mostram essenciais, a exemplo do que ocorreu durante a Primeira Guerra do Golfo.

Conforme repercutiu no jornal *The Washington Post*, o artigo de Loeb (2002) já veiculava que as munições inteligentes representavam, na referida Guerra do Golfo, apenas nove por cento das armas disparadas, mas reuniam 75 por cento dos engajamentos bem-sucedidos e que, mesmo sendo utilizadas em alvos difíceis, ainda detinham 35 vezes mais chances de destruir alvos, por arma disparada.

Os conflitos armados tendem a permanecer como um ato de violência. Contudo, os ambientes estarão congestionados, pelo fato das operações serem desenvolvidas, muitas vezes, em áreas com população, tornando-se comum a dificuldade de se identificar os beligerantes, o que aumenta a possibilidade de danos colaterais às populações e edificações urbanas (BRASIL, 2013, p. 9)

Com base no exposto acima, esta pesquisa buscou analisar a viabilidade de emprego das modernas munições M982 Excalibur e BONUS (*Bofors Nutating Shell*) Mk2 pela artilharia de campanha face às exigências de maior precisão dos combates modernos, seja para engajar alvos móveis e fugazes, ou mesmo para eliminar alvos situados em áreas urbanas, locais em que se deve dedicar especial atenção à minimização dos efeitos colaterais decorrentes do emprego de fogos de artilharia.

## 1.1 PROBLEMA

Atualmente, o ambiente operacional dos conflitos tem se caracterizado por um elevado grau de complexidade e pela necessidade de serem engajados alvos pontuais e singulares pela artilharia de campanha, em que não há espaços para erros ou grandes dispersões em alcance e direção.

De acordo com o Manual Doutrina Militar Terrestre – EB20-MF-10.102, o ambiente operacional “[...] é definido como o conjunto de condições e circunstâncias que afetam o espaço onde atuam as forças militares e que interferem na forma como estas são empregadas” (BRASIL, 2019, p. 2-1). Percebe-se, portanto, que a

compreensão do ambiente operacional se apresenta como premissa básica para o êxito do apoio de fogo.

### 1.1.1 Antecedentes do Problema

Imortalizou-se nas palavras de Napoleão Bonaparte: “O Canhão desempenha o principal papel, é com a artilharia que a Guerra é feita”. Como reconheceu o General, os efeitos das munições de artilharia desequilibram o combate de forma decisiva e seu dimensionamento repercute nos níveis político e estratégico.

Hoje em dia, a dimensão informacional se mostra capaz de alcançar o mundo todo, por meio dos mais diversos canais de comunicação, que repercutem o êxito ou o fracasso das ações no engajamento de alvos, com possibilidade de fortalecimento ou desgaste da legitimidade das operações, bem como da formação de opinião pública.

O ambiente operacional tornou-se congestionado, uma vez que as operações tendem a ser desenvolvidas prevalentemente em áreas humanizadas ou no seu entorno. A presença da população e de uma miríade de outros atores dificulta a identificação dos contêdores e aumenta a possibilidade de danos colaterais decorrentes das operações militares. Isso não quer dizer que a letalidade de um exército deva ser reduzida, mas que ela deve ser seletiva e efetiva. Somado aos aspectos da dimensão humana, esse fator impôs que as “Considerações Civis” assumissem a condição de fator preponderante para a tomada de decisão em todos os níveis de planejamento e condução das operações (BRASIL, 2014, p. 4-5).

Atualmente, de forma destacada, não se pode mais admitir efeitos indesejados ao êxito das operações, tornou-se necessário o estudo da inserção de tecnologias atreladas às munições para o engajamento de alvos considerados difíceis, ou seja, que precisam ser reconhecidos e engajados em movimento, inclusive em localidades urbanas que limitam a área onde efeito letal da munição é desejado.

Os combatentes que eram em sua maioria as únicas testemunhas oculares dos conflitos, agora operam em ambientes onde estão presentes civis, a mídia e diversos órgãos internacionais, exigindo que as ações sejam cada vez mais precisas e seletivas a fim de se evitar danos colaterais indesejados com a clara distinção dos combatentes dos não combatentes. (GUEDES, 2018)

### **1.1.2 Formulação do Problema**

Diante do exposto, formulou-se o seguinte problema de pesquisa: de que maneira o emprego das munições M982 Excalibur e BONUS Mk2 pode garantir a precisão do apoio de fogo, com efetivo engajamento de alvos móveis e em ambientes urbanos que requerem contenção de danos colaterais?

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Este estudo terá como objetivo geral analisar o emprego das munições especiais (BONUS Mk2 e Excalibur) como forma de oferecer precisão ao apoio de fogo em contextos que demandam incidência precisa de fogos sobre alvos móveis e em ambientes que requerem contenção de danos colaterais.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Para atingir o objetivo geral apresentado, foram formulados os objetivos específicos abaixo relacionados, que permitirão o encadeamento lógico do raciocínio descritivo apresentado nesta pesquisa:

- a) compreender sobre a precisão de tiro adequada às necessidades da artilharia de campanha operativa nos conflitos do século XXI;
- b) compreender os manuais técnicos e de campanha das forças armadas que empregam as munições das famílias Excalibur e BONUS Mk2;
- c) identificar quais são os principais meios lançadores (obuseiros), adequados às munições inteligentes em estudo e compreender sua capacidade operativa no Exército Brasileiro e no mundo;
- d) analisar as características das munições inteligentes em estudo, com ênfase em compreender as vantagens e desvantagens de seu emprego contra alvos fixos e móveis e em ambientes urbanos.

e) comparar a doutrina de emprego das munições inteligentes estudadas, pelas forças armadas no mundo, no que tange aos efeitos buscados e os resultados obtidos contra alvos fixos e móveis e em ambientes urbanos.

### 1.3 QUESTÕES DE ESTUDO

Para elucidar o questionamento levantado na formulação do problema, algumas questões de estudo foram formuladas:

a) o que a literatura especializada, os manuais técnicos e de campanha, referentes às munições Excalibur e BONUS Mk2, trazem a respeito de suas capacidades?

b) qual a precisão de tiro adequada às necessidades da artilharia de campanha operativa nos conflitos do século XXI?

c) as munições em estudo atendem à demanda operativa dos conflitos do século XXI contra alvos móveis e com letalidade seletiva em áreas urbanizadas?

d) o que a literatura especializada, os manuais técnicos e de campanha, trazem sobre as capacidades dos principais meios lançadores (obuseiros), adequados às munições inteligentes em estudo?

e) o Exército Brasileiro, atualmente, detém meios para emprego imediato das munições Excalibur e BONUS Mk2, caso adquiridas?

### 1.4 JUSTIFICATIVAS

Considerando que a presente pesquisa tem por objetivo analisar a viabilidade da utilização de modernos meios tecnológicos pela artilharia de campanha contra alvos singulares, estudando a capacidade de munições especiais, que certamente poderão aumentar as possibilidades de emprego do apoio de fogo da artilharia de campanha brasileira, a presente pesquisa se justifica dada a relevância da análise que pode subsidiar a aquisição das munições M982 Excalibur e BONUS Mk2, a fim de aumentar a capacidade da Força Terrestre, em conformidade à visão de futuro do Exército Brasileiro:

Ser um Exército capaz de se fazer presente, moderno, dotado de meios adequados e profissionais altamente preparados, composto por capacidades

militares que superem os desafios do Século XXI e possam respaldar as decisões soberanas do Brasil (Exército Brasileiro, 2023).

Nessa concepção, os meios mais modernos utilizados no cenário mundial se apresentam como solução à baixa efetividade de munições convencionais contra alvos móveis, pois o emprego da granada convencional visa o engajamento de áreas extensas.

A doutrina brasileira, por meio do manual EB70-MC-10.346 (2017, p. 4-15), define alvos móveis como alvos cuja destruição favorece a operação de uma ou várias forças componentes, requerem um tratamento imediato em razão do perigo que representam ou que representarão em futuro próximo.

Um apoio de fogo apropriado e preciso é, via de regra, imprescindível nas operações, pois aprofunda o combate e oferece mobilidade à tropa e ao comandante da força. (BRASIL, 2017).

Logo, o propósito desta pesquisa surgiu da necessidade de se revisar, atualizar e aprofundar o estudo a respeito das munições Excalibur e BONUS Mk2. Este interesse provém principalmente do fundamental avanço que os referidos materiais podem agregar na efetividade e na economia de meios, visto que um tiro preciso economiza a ajustagem de vários disparos imprecisos e agrega surpresa ao apoio de fogo.

De acordo com o manual EB70-MC-10.346 (2017, p. 4-39), o fogo desencadeado de surpresa reduz a eficiência das medidas de proteção do inimigo, tornando-o incapaz de se abrigar antes que tenha sofrido muitas baixas e otimiza os efeitos dos fogos. A melhor maneira de conseguir a surpresa é por meio de grande concentração de fogos em curto período de tempo.

Conforme definido no PEEEx (Plano Estratégico do Exército) 2024 – 2027 (2023, p. 8), é estabelecido o Objetivo Estratégico de aprimorar a capacidade de dissuasão a partir da iniciativa estratégica de ampliação da capacidade de apoio de fogo da Força Terrestre, com o emprego de munições inteligentes e de sistemas de munições remotamente pilotadas, rearticulando e reestruturando o Sistema Artilharia de Campanha.

Munições inteligentes permitem a execução de missões sem ajustagem, que são eficazes contra alvos móveis, fugazes e de grandes dimensões. Fatores que

influenciam a precisão do tiro devem ser considerados na eficácia, de maneira a evitar a execução de concentrações que não atinjam o alvo.

Deve-se considerar o uso, portanto, de munições guiadas como a M982 Excalibur e a BONUS Mk2 e, para decidir quanto ao momento do desencadeamento, conforme o manual EB70-MC-10.346, deve-se analisar, entre outros, o fator de mobilidade:

Mobilidade do alvo – o alvo de grande mobilidade tem prioridade sobre o alvo fixo. Para concentrações previstas em alvos móveis, como a interdição de uma via de acesso, por exemplo, pode ser necessário o estabelecimento de pontos de decisão, que balizem a última oportunidade para que seja dada a ordem de execução do engajamento. Sua localização é calculada com base no tempo de reação do meio selecionado para o apoio de fogo, frente ao espaço que o alvo se desloca nesse mesmo tempo, medido a partir da área de engajamento. (BRASIL, 2017, p. 4-35)

Ainda, de acordo com o manual EB70-MC-10.346 (2017, p. 2-2), fica delimitado que os alvos serão analisados conforme sua prioridade, sua importância, seu momento da manobra e sua situação tática, podendo ser considerados Alvos Sensíveis ao Tempo (AST), que são alvos móveis e fugazes que requerem atuação imediata e, uma vez eliminados, irão favorecer a operação.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A ARTILHARIA DE CAMPANHA

De acordo com BRASIL (2019, p. 2-1), no manual EB70-MF-10.224, a artilharia de campanha compreendida na Função de Combate “Fogos” engaja os alvos que ameacem o êxito das operações. Para cumprir tal missão, realiza as seguintes tarefas, conforme o Manual de Campanha “Artilharia de Campanha nas Operações”:

- a) apoiar os elementos de manobra com fogos sobre os escalões avançados do inimigo;
- b) realizar fogos de contrabateria; e
- c) aprofundar o combate, pela aplicação de fogos sobre instalações de comando, logísticas e de comunicações, sobre reservas e outros alvos situados na zona de ação da força. (BRASIL, 2019, p.2-1).

Isto posto, conforme doutrina do Exército Brasileiro, detalhada no manual EB70-MC-10.224, a artilharia de campanha é composta por oito subsistemas que realizam funções relacionadas à aplicação do poder de fogo. O objetivo da linha de fogo é lançar artefatos cinéticos, munições de artilharia, com o objetivo de causar um efeito específico, letal ou não letal, sobre alvos designados, podendo ou não conter submunições.

Os meios de lançamento são canhões, morteiros, obuses e lançadores, e os artefatos cinéticos são as granadas, foguetes e mísseis, permitindo assim, os efeitos desejados sobre os alvos (BRASIL, 2019, p.3-1).

O Manual de Fundamentos Doutrina Militar Terrestre – EB20-MF-10.102 (BRASIL, 2019) delimita os elementos essenciais ao poder de combate – liderança, informação e funções de combate – capacidades estas que a Força Terrestre utiliza em circunstâncias de guerra ou de não guerra. (BRASIL, 2019, p. 5-5).

Funções de combate são caracterizadas pela combinação de vários sistemas, atividades e tarefas realizadas pelas tropas especializadas da Força Terrestre. Dentre tais funções a Função de Combate “Fogos”, por sua vez, é assim definida:

Fogos – conjunto de atividades, tarefas e sistemas inter-relacionados, que permitem o emprego coletivo e coordenado das armas de fogos cinéticos e



de atuadores não cinéticos, orgânicos da força ou conjuntos, integrados pelo processo de planejamento e coordenação de fogos (BRASIL, 2019, p. 5-7).

A função de combate “Fogos”, portanto, diz respeito ao emprego coletivo e coordenado de fogos indiretos, de defesa antiaérea e de fogos conjuntos [...] devendo ser capaz de alvejar, de forma letal ou não, alvos em operações ofensivas ou defensivas (BRASIL, 2015, p. 1-1).

Além disso, a referida função de combate, a partir do uso de fogos cinéticos, deve contar com a capacidade de aquisição, discriminação e engajamento de alvos, visando integração dos meios de apoio de fogo.

Para a máxima eficiência da artilharia, conforme BRASIL, (2017), Manual de Campanha – Planejamento e Coordenação de Fogos, são necessários:

- a. detecção oportuna do alvo e sua identificação, em que são conhecidas as principais particularidades de um alvo, sua natureza, composição e dimensões;
- b. localização precisa, quando dentro de um sistema de referência conhecida, são apontadas as coordenadas tridimensionais de um alvo; e
- c. monitoramento dos alvos de interesse pela manobra, acompanhando-se o alvo por certo tempo. (BRASIL, 2017)

A população que habita os centros urbanos aumentou cerca de 500% entre a metade do século passado e o ano de 2011, de acordo com o Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos – UN-HABITAT (2023). Em 2030, aproximadamente 75% das pessoas no mundo viverão nas cidades.

Frente a essa nova realidade, de acordo com o Centro de Instrução de Blindados – CIBLD (2016) é necessário que cada vez mais as Forças Armadas estejam aptas a realizar operações militares em ambientes urbanos, onde o fator da decisão "Considerações Civis" será de suma importância. Não se admite nos dias de hoje que algum dano causado à população civil seja considerado um mero efeito colateral típico das ações militares.

De acordo com a doutrina expressa em BRASIL (2018, p. 6-4), no manual EB70-MC-10.303 6.3.1.1, uma área edificada influencia na escolha das armas e das munições a serem empregadas. Os alvos podem ser mascarados por estruturas. O dispositivo, a densidade e os materiais de construção utilizados nas estruturas impactam na escolha do tipo de armamento e da munição a serem empregados. Da mesma forma, a arquitetura das cidades (ruas e edificações) tende a canalizar os efeitos dos arrebentamentos das munições.

Sensível às peculiaridades do ambiente urbano, o manual EB70-MC-10.303 prevê o emprego de munições inteligentes:

As munições inteligentes e de precisão são empregadas para evitar fratricídio, minimizar as baixas civis e limitar os danos colaterais, devendo o método de designação de alvos, no interior das áreas edificadas, ser criteriosamente planejado. (BRASIL, 2018, p. 6-4)

Como resultado, o uso da artilharia de campanha deve ser planejado cuidadosamente, usando munições especiais e armas de precisão para atingir um objetivo específico, como um edifício ou qualquer alvo móvel utilizado por forças militares na localidade.

## 2.2 OS MATERIAIS 155MM E SUAS POSSIBILIDADES DE EMPREGO

A literatura especializada e os manuais técnicos descrevem, com riqueza de detalhes, as capacidades dos principais meios lançadores (obuseiros de 155 mm), sobretudo de países que integram a OTAN (Organização do Tratado do Atlântico Norte), adequados às munições inteligentes em estudo.

Conforme destaca De Paula (2014, p. 62), há a tendência de padronização do calibre 155 mm nas artilharias de campanha pelo mundo, medida que desde os anos 1980 é amplamente adotada, tendo em vista que o referido calibre proporciona maior alcance, alto grau de eficácia, centralização, além de possuir uma inigualável variedade de munições, já que as munições de precisão são compatíveis somente com o calibre médio, ou seja, entre 120 e 160mm.

A OTAN estabeleceu o calibre 155 mm/52 para brigadas pesadas e médias, com sistemas mais leves que empregam ligas de titânio mais resistentes, pois permite o uso de todas as munições especiais disponíveis, incluindo a BONUS Mk2 e a M982 Excalibur, bem como maior concentração de fogos e maior alcance às forças de manobra.

Tal calibre, conforme Orozco (2012), tornou-se uma tendência de mercado, com múltiplas configurações, modelos de comprimento dos tubos e volume das câmaras.

Assim, neste estudo são identificados os obuseiros com tubos de 155mm, expoentes no mercado global, com capacidade de disparar munições inteligentes,

sendo a família M109 americana representada a partir do modelo A5 de 39 calibres (tubo de 6,1 metros) e o PZH 2000 alemão com 52 calibres (tubo de 8,1 metros), por exemplo.

A aquisição de 32 obuseiros M109 A5 pelo Exército Brasileiro por meio do programa *Foreign Military Sales* (FMS), pode ser citado como referencial de sucesso no relacionamento Brasil – Estados Unidos no campo da cooperação militar (AMARAL, 2020, p. 25-26).

Após a aquisição mencionada, os obuseiros autopropulsados 155mm, fabricados pela empresa *BAE Systems* nos Estados Unidos, passaram por uma transformação e inovação conforme as possibilidades de aquisição do Brasil, tornando-se as VBC OAP 155mm A5+ BR.

No entanto, de acordo com Müller (2022, p. 38), para o emprego de munições M982 Excalibur nas VBC OAP 155mm A5+ BR, por exemplo, é necessária a implementação de *upgrade* no *software* do AFCS (*Automatic Fire Control System*), que vem a ser o nome dado a todo o sistema de controle automático de fogo, similar ao da versão adquirida pelo *US Army*, conjugada ao M109 A6 (*Paladin*).

Segundo Cook (2003), no relatório técnico ARQED-TR-03002, o AFCS foi implantado em toda a frota do *Paladin* em 1997 e evoluiu desde então. O computador principal de controle de fogo do *Paladin* é baseado em tecnologia comercial. A unidade de computação do AFCS (ACU) utiliza um disco rígido rotativo, um processador Pentium e outras tecnologias comerciais para realizar todas as funções de controle de fogo a bordo, versões mais recentes possuem possibilidade de interface com o sistema de geolocalização das granadas XM982, M982, M982A1 (Excalibur).

Tal Sistema de Controle de Fogo do Obuseiro M109 A6, de acordo com a revista especializada *Military Aerospace Electronics* (2015), fornece uma ligação digital para uma rede de apoio de fogo, contendo pedidos de fogo e dados de missão, utiliza sensores automatizados para navegação e localização, bem como sensores embarcados e um núcleo balístico para cálculo de dados de pontaria, sensor automatizado para orientação espacial da arma e mira precisa implementada por acionamentos automáticos da arma. Tal sistema permite, sobretudo, a integração entre o sistema de navegação inercial e posicionamento do obuseiro com o sistema de controle de fogo automático, contribuindo para aumentar a precisão dos disparos.

Conforme a Revista especializada Tecnologia e Defesa, o Exército Brasileiro se encontra em fase avançada para aquisição da VBCOAP 155mm ATMOS, da empresa

israelense *Elbit Systems*, material vencedor de processo de concorrência internacional, que possui armamento principal M-71 de 52 calibres, além de dispor de metralhadora e lançadores de granadas fumígenas para autodefesa. Tal viatura utilizará, em sua versão brasileira, a mesma plataforma do sistema ASTROS, a *Tatra Force T815-7*, 6x6, e poderá ser transportado por aeronaves do porte do KC-390 *Millenium* da empresa *Embraer*.



FIGURA 01 – Obuseiros 155mm M109 A6, ATMOS e PZH 2000  
 Fonte: *United States Army* (2015)

As capacidades técnicas dos materiais de calibre 155 mm serão base para a análise sobre o emprego de munições nesta pesquisa, em especial de munições especiais com maior precisão, como as variantes da *Excalibur* e a *BONUS Mk2*.

### 2.3 MUNIÇÕES INTELIGENTES

Fogos precisos são uma das mais preciosas alternativas de intervenção no combate, pois garantem o sucesso da operação e, de acordo com Müller (2022, p. 40), em situações críticas ou de perigo de vida, grande parte dos especialistas consultados afirmaram que utilizariam o meio de apoio de fogo para situações de emergência, desde que possuíssem munições inteligentes.

Munições inteligentes são destinadas a atingir com máximas precisão e letalidade um alvo pontual, minimizando danos colaterais indesejados. A doutrina brasileira, no manual EB70-MC-10.303, prevê o emprego de munições inteligentes de artilharia guiadas a laser e por GPS em áreas edificadas, descrevendo-as:

6.3.3.5 Granada guiada a laser – por meio de iluminação do alvo pelo observador, a granada capta a energia laser refletida e inicia a orientação interna e o controle do voo, permitindo sua manobra em direção ao alvo, aspecto que favorece seu emprego contra alvos selecionados, por reduzir a incidência dos efeitos colaterais característicos do apoio de fogo em área edificada. Possui precisão de até 30 centímetros.

6.3.3.6 Granada guiada por GPS – apresenta as mesmas vantagens da granada guiada a laser para emprego em área edificada. Esta granada pode ser utilizada em situações de apoio de fogo a 150 metros de tropas amigas, podendo bater alvos em movimento. Atualmente, esta é a munição de artilharia mais eficaz para uso em área edificada, tendo em vista o elevado grau de precisão e letalidade, com reduzidos efeitos colaterais.

As munições estudadas exemplificam as possibilidades de atuação cinética dos artefatos de calibre 155 mm no campo de batalha, atendendo ao padronizado nos países-membros da OTAN (do inglês NATO), que tornaram mundialmente notória no meio militar a eficiência desses artefatos.

Os conceitos expostos nos *Standardization Agreement* (STANAG), a exemplo dos STANAG nº 4119 e 4425, são importantes pois definem padronizações para o emprego e constituição das munições inteligentes de artilharia. Essas padronizações são determinadas conforme o Comitê de Padronização da Organização do Atlântico Norte (OTAN) e seus signatários (NATO, 2022).

O presente estudo utiliza ainda o conceito de Erro Circular Provável (do inglês CEP) para melhor entender a dispersão que as granadas podem sofrer. MANSO (2020, p.9) define o CEP como um indicador de precisão de impacto de munição, usado para determinar o provável dano ao alvo.

A referência é um círculo dentro do qual se espera que incida 50% dos projéteis lançados. A definição de Erro Circular Provável pode ser exemplificada na Figura 02, a seguir:

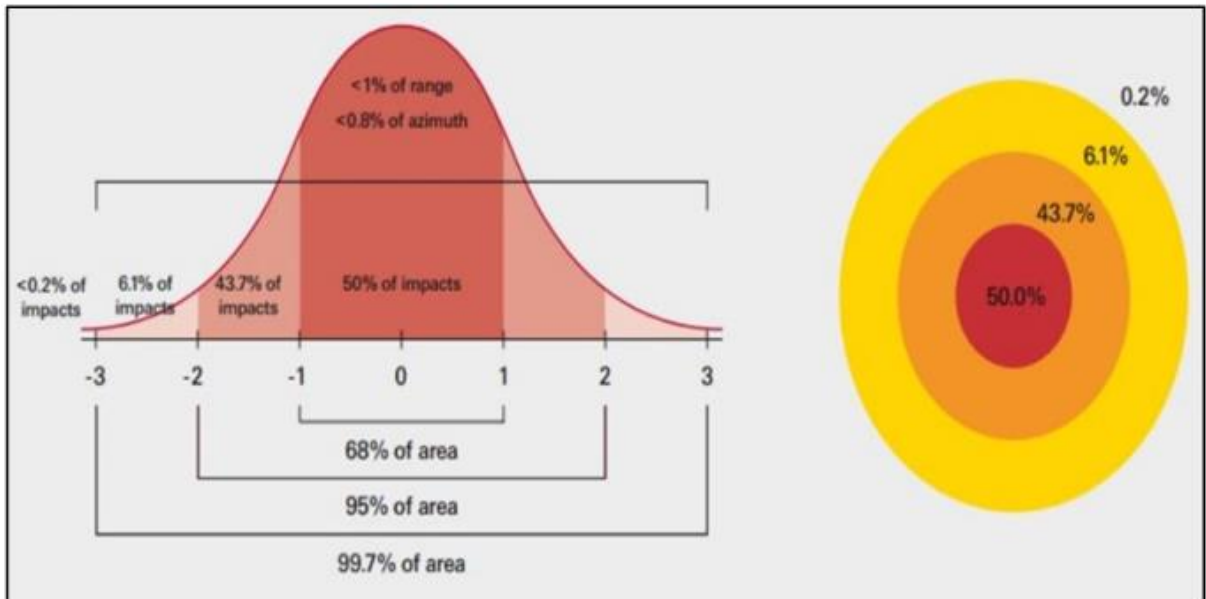


FIGURA 02 – Distribuição gaussiana e diagrama de distribuição circular do Erro Circular Provável em torno do ponto de impacto

Fonte: Manso (2020, p.9, apud, GICHHD, 2017, p. 27)

A fim de minimizar erros quando se pretende engajar alvos distantes e de proporções diminutas, dentro de um raio de 10 metros inclusive, atualmente é notada a busca constante por munições com maior precisão e alcance, como relata Osborn (2022, p.2): “O Exército dos EUA está elevando a artilharia ao próximo nível, dobrando o alcance de sua artilharia de precisão para 70 km por meio de seu Programa de Artilharia de Canhões de Alcance Estendido (do inglês ERCA)”.

Notadamente, as munições convencionais demonstram baixo potencial no quesito precisão. A exemplo disso, o Exército norte-americano, empregando munições convencionais a partir de um obuseiro M109 A6 *Paladin*, obtém como resultado um CEP máximo de aproximadamente 275 m em um tiro indireto a 30 km, conforme descreve a Tabela 1:

**Tabela 1 – CEP**

Alcance (km)	CEP (m)
15	95
20	115
25	140
30	275

Fonte: GICHHD, 2017

A partir dos dados da tabela acima, nota-se que o uso de munições convencionais de artilharia em áreas populosas, na circunstância de elevada imprecisão da ordem de centenas de metros, teria consequências devastadoras à infraestrutura urbana e para população civil.

## 2.4 M982 EXCALIBUR

A fim de buscar contribuições que cooperem com a metodologia desta pesquisa, voltada para a análise da precisão contra alvos móveis, fugazes e em ambiente urbano, foram estudados manuais, a base de dados das empresas fabricantes Raytheon *Technologies Corporation* e BAE *Systems*, bem como as doutrinas militares dos exércitos norte-americano e demais membros da OTAN.

### 2.4.1 Apresentação e características

O M982 Excalibur é uma munição inteligente de artilharia de calibre 155 mm desenvolvida e manufaturada pela Raytheon *Technologies Corporation*, multinacional aeroespacial e de defesa sediada em Arlington, Virgínia, EUA, em parceria com a BAE *Systems* da Suécia, sendo desenvolvida pela indústria bélica norte-americana desde o início década de 1990, sendo encontrada, principalmente, na versão Alto Explosiva (AE).

Barbatanas e *Canards* auxiliam na correção da trajetória até atingir o alvo. Seu peso aproxima-se dos 48 (quarenta e oito) kg com a possibilidade de atingir uma distância máxima de 50 (cinquenta) km (CARROZZA, 2019, p. 12).

De acordo com Bastos Jr (2022) a munição é capaz de detectar e atacar alvos em movimento, após ser disparado em ângulos altos e em altitudes elevadas, dotado de um poderoso receptor de navegação por satélite que guia o projétil até o alvo.

Amplamente utilizado pela artilharia dos EUA desde 2007 no Iraque e por outras forças estrangeiras, a munição Excalibur foi disparada mais de 1400 vezes em combate e tem como sua principal função o bombardeio de áreas urbanas ou em terrenos complexos onde há necessidade de minimizar os danos colaterais.

Segundo Padilha (2020), a nova versão S adiciona um buscador laser semi-ativo que guia o projétil para um ponto de laser pintado em um alvo pelas forças terrestres ou aéreas.

Essa munição ainda apresenta precisão com margem de 2 (dois) metros, possibilitando o uso próximo das tropas, além do uso de inúmeras espoletas como retardo, proximidade e detonação no alvo, com reduzido ângulo de aproximação e otimizando a cabeça de guerra (LEAL, 2018, p.38).

Pode-se observar a trajetória da M982 Excalibur por meio da Figura 03:

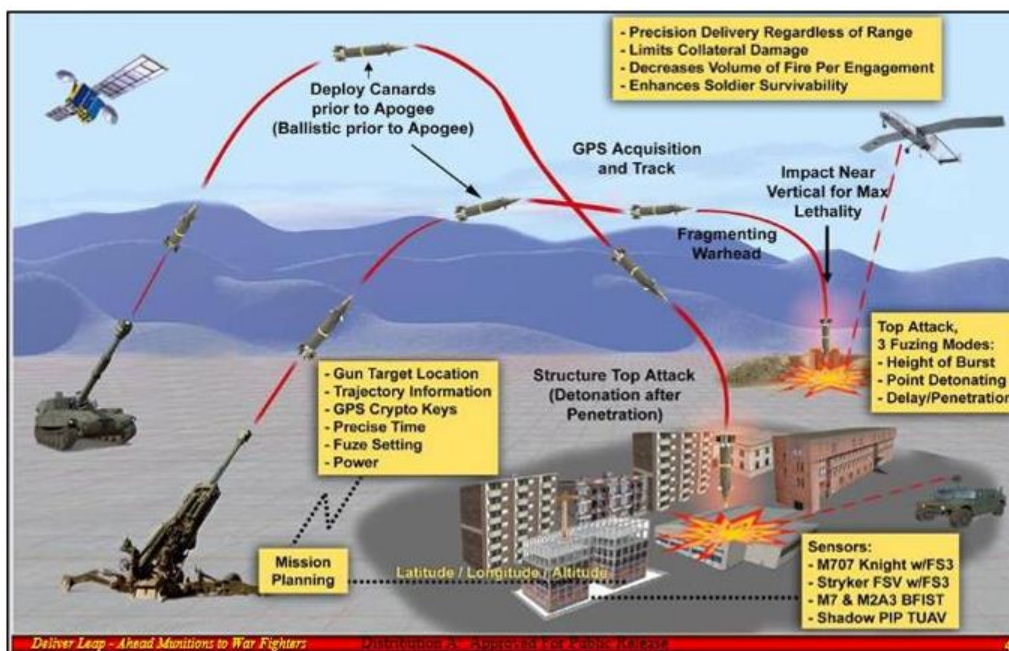


FIGURA 03 – Trajetória da granada M982 Excalibur  
Fonte: Milner (2022)

A base de dados técnicos da empresa Raytheon (2024) sobre a munição Excalibur, descreve as capacidades de suas variantes para atender às necessidades únicas de diferentes cenários de campo de batalha:

**Excalibur 1B:** A versão atualizada Excalibur 1B apresenta o software *Enhanced Shaped Trajectory*, ou EST, que permite aos soldados eliminar alvos em locais de difícil acesso selecionando o ângulo de ataque terminal ou final do projétil. Essa capacidade foi testada com sucesso e está sendo implantada nas forças dos EUA.

**Excalibur HTK:** O Excalibur HTK possui uma ogiva penetrante de armadura e aproveita o design comprovado da arma inteligente *StormBreaker*. Ele localiza autonomamente um alvo com um buscador de todas as condições meteorológicas que é eficaz contra alvos em movimento e imprecisamente localizados.



Excalibur S: Uma versão guiada a laser do projétil, o Excalibur S incorpora um buscador digital de laser semi-ativo que permite atingir alvos em movimento e engajar e atingir alvos sem informações precisas de localização. Também reduz o risco associado ao bloqueio de GPS.

Excalibur N5: O Excalibur N5 baseado no mar é uma variante naval de 5 polegadas que mais que duplica o alcance máximo dos projéteis convencionais de 5 polegadas e oferece a mesma precisão das versões terrestres. (RAYTHEON, 2024)

O manual norte-americano TM 9-1320-202-13 (2015, p. 5), confirma que a precisão do projétil Excalibur da empresa Raytheon e a sua capacidade de ser integrado em múltiplos sistemas de armas, permite ao apoio de fogo fornecer capacidades superiores em uma variedade de ambientes operacionais contra alvos terrestres.

A Empresa Raytheon (2024) trata sua munição como uma verdadeira arma de precisão, atestando que seu produto é capaz de engajar alvos com uma distância de erro radial de menos de dois metros, traduzindo seu produto como adequado às necessidades da artilharia de campanha operativa nos conflitos do século XXI .

#### **2.4.2 Vantagens e Desvantagens**

Com avanço tecnológico na fabricação da Excalibur os custos de produção estão em queda, tal fato se apresenta como uma vantagem, mas é preciso admitir que este tipo de munição continua sendo um material de emprego militar de alto valor.

O emprego das granadas M982 Excalibur, de modo geral, visa fornecer a capacidade avançada para intervir no combate, que coadunados com a redução do valor unitário da fabricação e a crescente confiabilidade dessa munição, faz aumentar a produção dessas por intermédio do desenvolvimento cooperativo internacional e acordos, sendo um aspecto positivo para o seu emprego (USA, 2021, p.163).

Interferências conhecidas como empastelamento, meio estático de emissão de sinal bloqueador podem ser superadas pelo guiamento por rádio-navegação, a qual possui propriedades anti-empastelamento (BARBOSA, 2019, p. 10).

Segundo *United States Army* (2021, p.163) essa situação gera uma proteção relativa contra ataques que possam alterar a configuração de trajetória da granada. Outra vantagem observada é o engajamento de alvos com precisão no desencadear da primeira concentração, situação que nega ao inimigo a capacidade de tomar

medidas de proteção ou fugir da área, bem como, o raio de dano limitado da munição permite que o alvo seja engajado em diferentes locais com contenção de danos colaterais adversos.

Segundo Padilha (2020) uma nova versão da Excalibur, atingiu acertos diretos em um alvo em movimento pela primeira vez em um teste para a Marinha dos EUA em 2019. O teste não revelado da versão Excalibur S, no Campo de Provas de Yuma, validou a vantajosa capacidade do projétil de sobreviver ao choque de um disparo a partir de um obus e depois passar da orientação do satélite GPS para a orientação do laser e atingir um alvo em movimento, disse a Raytheon.

Essa capacidade de orientação por satélite GPS ou por direcionamento *Laser* contribui para a diminuição da incidência de fratricídios, pois permite delimitar o alvo de forma mais efetiva em meio a estruturas prediais. De acordo com o manual EB70-MC-10.303, a área edificada é limitante ao emprego dos meios de apoio de fogo, pois as construções fornecem excelente cobertura e abrigo ao inimigo e os objetivos são expostos por curtos intervalos de tempo, estando, muitas vezes, próximos às forças amigas, sendo os danos colaterais e os efeitos de entulho determinantes à seleção de munições e espoletas.

Cabe destacar que para emprego efetivo do guiamento laser das granadas inteligentes inseridas no escopo desta pesquisa é necessária a aquisição de meios sensores ainda não disponíveis nas forças armadas brasileiras, como os sistemas de observação FS3 (*Fire Support Sensor System*) e BFIST (*Bradley Fire Support Team*), incorporados a viaturas como o M707 *Knight* e o Bradley M2/M3 IFV.

Tais meios, de acordo com a revista de notícias *Global Security* (2022), otimizam a vigilância, aquisição e engajamento de alvos, bem como mobilizam os COLT (*Combat Observation Lasing Teams*) nas pequenas frações da infantaria no US *Army*. É capaz também de designar alvos por guiamento laser, executando missões de apoio de fogo tendo embarcada a capacidade de Comando e Controle sobre missões de tiro da artilharia de campanha.

A atualização mais recente da Excalibur torna latente a vantagem de permitir que a granada incida no alvo com variados ângulos de abordagem, possibilitando a inclusão de alvos locados em inclinação muito abrupta ou entre edifícios e estruturas altas.

No óbice da queda do sinal GPS, é importante considerar que, para emprego da Excalibur ou outra munição inteligente por radiofrequência, o operador deve atentar

para as peculiaridades das áreas edificadas. Conforme o manual EB70-MC-10.303, por conta das limitações de propagação das ondas eletromagnéticas, a comunicação por meios rádio em tais áreas depende da instalação de equipamentos mais potentes de transmissão e de recepção, posicionados, sempre que possível, em pontos elevados, a fim de permitir a condução dos fogos de artilharia.

Além disso, segundo USA (2021, p.163), atualizações incluíram a compatibilidade com o sistema de armas *Extended Range Cannon Artillery* (ERCA) para engajar alvos até 70 quilômetros, melhorando o programa *Cannon Delivered Area Effect Munition* para abordar alvos móveis ou em movimento, além de veículos blindados em distâncias maiores.

De acordo com a fabricante Raytheon (2024), a recente Excalibur S é capaz de superar a versão Excalibur 1B, em operação, no engajamento de objetivos terrestres e marítimos móveis em até cerca de 40 quilômetros, podendo funcionar sem GPS. Os projéteis 1B existentes podem incorporar os recursos do Excalibur S.

De acordo com Barbosa (2019, p. 10), além do empastelamento já mencionado, outra ameaça ao GPS é conhecida como *spoofing*, tal desvantagem consiste em colocar no ar sinal semelhante aos dos satélites de modo que os receptores adquiram o sinal falso e sejam levados a desviarem-se de sua trajetória.

Ainda como desvantagem, segundo Carozza (2019, p.13), o custo por M982 Excalibur é alto, de aproximadamente 68 (sessenta e oito) mil dólares. Frente a tal valor fica evidente que as munições convencionais e mais baratas não serão abandonadas, sendo usadas em situações convencionais que demandam menor precisão, ou que demandem efeitos psicológicos diversos proporcionados pelas concentrações de artilharia (quebra da vontade de lutar do inimigo).

Os dados apresentados destacam as principais considerações sobre o uso da Excalibur, exigindo um estudo judicioso para seu emprego, especialmente quanto ao efeito que se deseja alcançar. Diante do exposto, o Exército Brasileiro, atualmente, possui os obuseiros M109 A5 + BR aptos ao emprego das munições Excalibur que, caso adquiridas, necessitam conjugados os meios de observação para possibilitar o guiamento laser do modelo S na área de alvos e de sistemas embarcados para interface, como o *software* aos moldes das últimas atualizações do AFCS norte-americano.

## 2.5 BONUS Mk2

A fim de buscar contribuições que cooperem com a metodologia desta pesquisa, voltada para a análise da precisão contra alvos móveis, fugazes e em ambiente urbano, foram estudados manuais, a base de dados das empresas fabricantes das munições Nexter *Munitions* e BAE *Systems*, bem como as doutrinas militares dos exércitos norte-americano e demais membros da OTAN.

### 2.5.1 Apresentação e Características

A base de dados técnicos da empresa BAE *Systems*, referente à munição BONUS Mk2 descreve suas capacidades, conforme Figura 04:



FIGURA 04 – Trajetória da granada M982 Excalibur

Fonte: BAE *Systems* (2024), tradução nossa.

Desenvolvida e produzida em conjunto pela sueca BAE *Systems* e pela Nexter, com sede na França, a munição BONUS (*Bofors Nutating Shell*) é uma munição de 155 mm, em serviço desde 1990, possui um desenho do tipo “*base bleed*”, que

aumenta seu alcance para 35 quilômetros a partir de tubos de 52 calibres, foi projetada para destruir veículos blindados e armas terrestres. Tal munição está em serviço em vários países, como França, Suécia, Finlândia, EUA, Noruega e Ucrânia.

Conforme vídeo comercial da BAE Systems (2023), e como se pode observar na Figura 03, nas fases 1, 2 e 3, o princípio de funcionamento do Bofors/Nexter 155 BONUS é o seguinte: Depois de definir o alcance e o perfil do alvo, o projétil BONUS é disparado a partir de um tubo de artilharia raiado padrão de 155 mm. A munição voa em um arco parabólico, com alcance de até 35 quilômetros. Uma espoleta tempo inicia um pequeno foguete ejetor no nariz, que arrasta as duas submunições para fora do invólucro sobre a área alvo.

Conforme descrição de Nicolov (2023), e como se pode observar na Figura 05, nas fases 4, 5 e 6, uma vez fora do projétil, as submunições caem em direção ao alvo. A carcaça e o conjunto do nariz também caem em voo. As submunições lançam *winglets* e descem independentemente sobre a área alvo a 900 rpm, procurando por alvos. Uma vez que uma submunição detecta um veículo alvo abaixo dela, ela detona sua carga explosiva, criando um projétil formado pela explosão que atinge a fraca blindagem superior do veículo alvo. O impacto de alta velocidade faz os estilhaços penetrarem no casco, matando ou ferindo a tripulação.

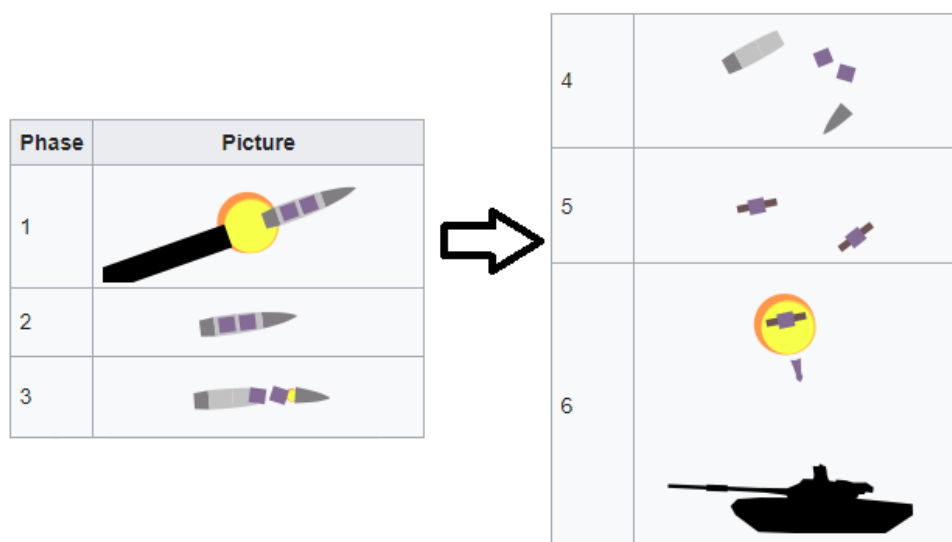


FIGURA 05 – Esquema de Fases e acionamento da granada BONUS Mk2  
Fonte: BAE SYSTEMS (2023)

### 2.5.2 Vantagens e Desvantagens

Referente ao projétil BONUS, conforme descreve a Redação Tecnologia & Defesa (2020), como principal vantagem se destaca a capacidade das submunições lançadas de combater com sucesso qualquer veículo blindado, sendo compatível com a maioria das armas de artilharia 155 mm existentes, porém sendo manuseado como um projétil convencional.

De acordo com Nicolov (2023), nas submunições da BONUS Mk2 há a vantagem da tecnologia de um Perfurante Formado com Explosivo (EFP), também conhecido como ogiva autoforjada, que usa um projétil forjado com uma eficiência de penetração muito maior na blindagem do veículo inimigo. Além disso, trata-se uma arma muito precisa, pois encontra seus alvos usando três sensores IV multibanda e tecnologia de detecção de luzes, conhecida como LiDAR (*Light Detection And Ranging*) ou digitalização 3D.

É importante destacar que, segundo a Redação Tecnologia & Defesa (2020), as duas submunições de um projétil BONUS procuram alvos em uma área de até 32.000 metros quadrados a partir de um Sensor LiDAR, que garante engajamento de alvos com erro radial menor que um metro. Cada uma das submunições busca e neutraliza independentemente seu próprio alvo. Há portanto imensa vantagem ao se transportar duas munições inteligentes dentro do casco BONUS, o sucesso de sua missão por projétil é muito maior do que com a munição convencional AE.

De forma análoga à Excalibur, pode se tratar como desvantagem o custo da munição BONUS ser bem maior que a munição convencional. No entanto, fica evidente que diferentes munições servem a propósitos distintos, ou mesmo complementando capacidades. O Exército Brasileiro, atualmente, possui os obuseiros M109 A5 + BR aptos ao emprego das munições BONUS Mk2 que, caso adquiridas, necessitam conjugados os sistemas embarcados para interface, como o *software* análogo às últimas atualizações do AFCS norte-americano.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 OBJETO FORMAL DE ESTUDO

O objeto desse estudo compreende o emprego das munições especiais (BONUS Mk2 e Excalibur) como forma de otimizar a precisão do apoio de fogo no combate moderno, que envolve o engajamento de alvos móveis e em ambientes urbanizados que requerem contenção de danos colaterais.

Portanto, a variável dependente diz respeito à metodologia de processamento de alvos fixos, móveis e em localidades confinadas pelas munições Excalibur e BONUS Mk2. Enquanto a variável independente constitui a evolução da doutrina de emprego das munições inteligentes analisadas no mundo.

A segunda ocorre para acompanhar as evoluções do combate com o passar dos anos, a primeira sofre modificações advindas dos fabricantes RTX e BAE *Systems* para adequação às novas doutrinas e ambientes operacionais.

Foi explorada a variável dependente, abordando as referências de precisão, relacionadas ao alcance, limitações de dano colateral, nível de letalidade e volume de fogo relacionado, para alvos fixos e móveis. Quanto a variável independente, foram abordados especificamente os preceitos doutrinários estabelecidos ao emprego das munições estudadas.

O estudo foi limitado aos aspectos técnicos e doutrinários atuais de emprego das munições especiais BONUS Mk2 e Excalibur no mundo, buscando-se a comparação das capacidades dessas munições, considerando seu emprego nos contextos operacionais modernos, com ênfase na análise da precisão contra alvos móveis, fugazes e em ambiente urbano.

#### 3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A metodologia desta pesquisa se desenvolveu buscando alcançar os objetivos elencados anteriormente. Trata-se de uma pesquisa exploratória, com o objetivo de aprofundar o tema proposto e estabelecer uma base de conhecimentos para subsidiar a resolução das questões de estudo.

O método de procedimentos foi do tipo comparativo, já que conduz uma pesquisa que estabelece uma correlação entre o desempenho das munições

Excalibur e BONUS Mk2 no engajamento de alvos fixos, móveis e em ambiente urbanizado, com necessidade de letalidade seletiva, considerando as doutrinas de emprego destas tecnologias em diferentes forças armadas.

O estudo teve caráter essencialmente qualitativo. Foram enfatizados o estudo e a observação documental, buscando-se sempre realizar o cruzamento de dados com a pesquisa bibliográfica realizada.

### 3.3 AMOSTRA

O universo bibliográfico de estudo foi composto por bases de dados técnicos, artigos e teses mais recentes, relacionados ao objeto da pesquisa, e pela literatura pertinente ao tema de estudo, encontrados em bancos de dados *on-line*.

Quanto à amostra, os artigos e bases de dados técnicos/táticos foram selecionados a partir da variável de interesse, totalizando 20 (vinte) artigos e 15 (quinze) manuais (vide referências).

A escolha foi consubstanciada na leitura judiciosa dos manuais, artigos, teses e dissertações encontradas nas bibliotecas e bancos de dados, sendo selecionada apenas a bibliografia pertinente ao estudo. Foram incluídas apenas as publicações que responderam as questões de estudo, publicadas entre 1995 e 2024, nos idiomas português, inglês e francês. Todos os tipos de delineamentos metodológicos foram aceitos.

### 3.4 PROCEDIMENTOS PARA REVISÃO DA LITERATURA

Para compor a revisão de literatura deste estudo, foram realizadas pesquisas em bibliotecas convencionais, por meio das quais foram buscadas bases de dados técnicos, manuais, bem como artigos e teses mais recentes e relacionados ao objeto da pesquisa.

Bibliotecas virtuais confiáveis também foram utilizadas, tais como: SCOPUS, WOS, SciELO e outras. *Softwares* de busca na *internet* foram empregados pela utilização de palavras-chaves em português e em inglês tais como: “munições”, “inteligentes”, “projéteis”, “M109A5+BR”, “*excalibur*”, “BONUS”, “*ammunition*”, “*artillery*” “155mm” “*rounds*”, “*targets*”, “*warfare*”, “*howitzer*”, “NATO”, “US Army”, “BAE



*systems*”, “raytheon”, “pzh2000” e outras. Essas palavras foram empregadas separadamente ou juntas.

As referências das fontes encontradas foram analisadas e pesquisadas em outras ferramentas de busca, levando à descoberta de novas fontes e referências.

### 3.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O questionamento para esta pesquisa surgiu da necessidade de analisar a eficiência de munições tecnológicas não-convencionais pela artilharia de campanha contra alvos móveis e fixos, estudando a capacidade de munições especiais, que certamente poderão aumentar as possibilidades de emprego do apoio de fogo da artilharia de campanha brasileira. A pesquisa foi delimitada para a análise da precisão contra alvos móveis, fugazes e em ambiente urbano.

Portanto, para a elaboração da pesquisa foi necessário um maior aprofundamento sobre o tema, utilizando-se para isso um referencial teórico. As questões de estudo foram formuladas segundo os objetivos e buscou-se respondê-las através de literaturas afetas ao tema, tendo sido utilizada, principalmente, a ficha de coleta de dados como instrumento de pesquisa.

As fontes de dados documentais e bibliográficos foram: os manuais e publicações doutrinárias de forças armadas estrangeiras e do Exército Brasileiro; revistas militares e trabalhos acadêmicos relacionados ao tema; bem como portarias e publicações de instituições nacionais, além de dados técnicos dos fabricantes das munições estudadas.

Com o objetivo de colher as informações dessas fontes, foram realizadas as leituras: exploratória, seletiva, analítica e interpretativa, nessa ordem.

Visando a delimitação do trabalho, foram analisadas a doutrina internacional empregada pelos membros da OTAN e demais países consumidores das munições especiais M982 Excalibur e BONUS Mk2.

Os critérios de inclusão empregados foram:

- Estudos publicados no idioma português, inglês e francês;
- Estudos publicados a partir de 1995, disponíveis em repositórios acadêmicos, na Biblioteca Doutrinária do Exército ou em sítios oficiais de exércitos estrangeiros.
- Manuais, bases de dados técnicos, documentos e legislação em vigor.

Os critérios de exclusão foram:

- Manuais, documentos e legislações revogados ou em desuso.
- Fontes de consulta sem credibilidade.

### 3.6 INSTRUMENTOS

Os instrumentos desse trabalho foram utilizados com a finalidade de obter dados suficientes para responder as questões de estudo formuladas.

Sendo assim, a coleta documental foi utilizada em toda a extensão da pesquisa sempre aliada à utilização de fichas de coleta de dados.

Em um primeiro momento foram lidos e fichados os dados técnicos dos fabricantes das munições disponíveis e os manuais estrangeiros técnicos e de campanha afetos ao tema.

Em um segundo momento, procedimento semelhante foi adotado para as revistas militares e trabalhos acadêmicos relacionados ao tema; bem como portarias e publicações de instituições nacionais.

### 3.7 ANÁLISE DE DADOS

Os dados obtidos através da pesquisa bibliográfica foram analisados, buscando-se sumariá-los e organizá-los para que possibilitem a resposta às questões propostas na investigação.

Os referidos dados foram, então, interpretados objetivando expressar o sentido mais amplo das respostas e estabelecer ligação com os conhecimentos obtidos anteriormente. Desse modo, a análise de dados buscou consolidar, interpretar e delimitar o que foi lido a respeito do tema, de forma simultânea com a coleta de dados.

As técnicas de análise de dados utilizadas foram, basicamente, a análise de conteúdo e o método comparativo.

A primeira objetivou a análise da bibliografia relacionada às capacidades das munições M982 Excalibur e BONUS Mk2, no tocante ao seu desempenho comparado no engajamento de alvos fixos, móveis e em ambiente urbanizado, com necessidade de letalidade seletiva.

A segunda buscou investigar a doutrina dos países usuários das munições analisadas e explicá-las segundo suas semelhanças, suas diferenças e eventuais qualidades ou deficiências identificadas.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 COMPARATIVO DE ATRIBUTOS TÉCNICOS

A partir dos dados pesquisados, é possível analisar o emprego das munições especiais (BONUS Mk2 e Excalibur) quanto a variável dependente relacionada aos atributos precisão, alcance, tipo de alvo e tecnologia de guiamento utilizada, conforme detalha a Tabela 2. Tais aspectos são essenciais ao apoio de fogo nos contextos que demandam incidência precisa de fogos sobre alvos móveis e em ambientes que requerem contenção de danos colaterais, como é o caso dos centros urbanos.

**Tabela 2** – comparativo de atributos entre munições

	<b>Excalibur</b>	<b>BONUS Mk2</b>	<b>Munição convencional AE</b> (disparada de um obuseiro M109 A6 155mm)
<b>Elementos de Precisão</b>	Erro radial menor que dois metros	Erro radial dos sensores LiDAR menor que um metro	De 95 a 275 m (CEP para 15 e 30km, respectivamente)
<b>Alcance</b>	40 a 70 km, dependendo da plataforma de artilharia utilizada	Cerca de 35 km, dependendo da plataforma de artilharia utilizada	Cerca de 30 km, dependendo da plataforma de artilharia utilizada
<b>Tipo de alvo</b>	1B - alvos fixos HTK - alvos fixos e móveis S - alvos fixos e móveis N5 - alvos fixos	Mk2: alvos fixos e móveis	Área de alvos fixos e móveis (engajamento impreciso)
<b>Tecnologia de guiamento utilizada</b>	1B e N5: Guiada por GPS e INS HTK: GPS e sensores inteligentes S: GPS e guiamento LASER	Mk2: Submunições guiadas por sensores inteligentes	Não disponível

Fonte: o autor

A munição Excalibur e a munição BONUS Mk2 são projéteis de artilharia avançados, dotados de capacidades distintas e vocacionadas a diferentes objetivos nas operações. Conforme Tabela 2, ambas possuem alta precisão, mas a Excalibur tem alcance maior em todas suas versões e é precisa contra alvos referenciados a partir de GPS, INS e LASER.

Em razão disso, as versões 1B e N5 da granada Excalibur são ideais para alvos fixos, como posições fortificadas, infraestruturas e veículos estáticos, enquanto a BONUS Mk2 bem como as versões HTK e S da granada Excalibur são projetadas para destruir alvos móveis e fixos com alta eficiência.

Destaca-se que a BONUS Mk2 condiciona sua precisão de ataque a alvos móveis identificados a partir de sensoriamento de IV (infravermelho) e LiDAR, como carros de combate e obuseiros autopropulsados, sendo extremamente eficiente graças à sua capacidade de atacar verticalmente, atingindo com um jato de estilhaços os pontos mais sensíveis das blindagens, causando severos danos aos sistemas embarcados e alta letalidade às guarnições abrigadas.

Fica evidente que as munições em estudo complementam capacidades, permitindo uma maior flexibilidade e eficácia das artilharias de campanha detentoras destas tecnologias, que não encontram limitações à sua eficiência nos ambientes urbanos, dominados por edifícios, altamente compartimentados e ocupados por civis e forças amigas.

Pode-se afirmar que ambas as munições possuem versões precisas contra alvos fixos e móveis, no entanto, quando trata-se do ambiente urbano, o diferencial das granadas BONUS Mk2 e Excalibur HTK é que seu sensoriamento permite atuar em ambientes complexos em que os alvos não são de visada direta dos observadores a todo instante, o que pode ocorrer sobretudo em áreas edificadas, que possuem estruturas as quais restringem a amplitude dos campos de observação e obrigam o observador a se aproximar dos objetivos engajados.

Além disso, o projétil BONUS Mk2 é capaz de engajar dois alvos ao mesmo tempo a partir de cada uma de suas duas sub-munições em voo, fazendo distinção entre os alvos dispersos na área de alvos e contribuindo para reduzir os danos colaterais indesejados sobre objetos diversos, como veículos e estruturas civis, por exemplo, que não correspondam aos parâmetros do alvo designado pelo sensoriamento automatizado de IV e LiDAR.



FIGURA 06 – Alvo em área edificada de Gaza  
Fonte: Time News (2022)

As variantes da munição Excalibur permitem agregar capacidades essenciais ao combate urbano em áreas edificadas. Ainda que a versão 1B não seja capaz de atingir alvos em movimento, é eficiente para eliminar alvos em locais de difícil acesso, entre estruturas altas, como prédios e pontes, selecionando o ângulo de ataque terminal ou final do projétil.

Compensando a deficiência do modelo tradicional 1B contra alvos móveis, as versões HTK e S incorporam a capacidade de atingir alvos fugazes e imprecisamente localizados. A Excalibur S suplanta os bloqueios de GPS na Zona de Ação e, além de INS, incorpora um buscador digital de laser semiativo que permite atingir alvos apontados por elementos de observação.

#### 4.2 CAPACIDADES E DOCTRINAS COMPARADAS

Foi considerada variável independente a abordagem doutrinária da OTAN, que abrange a interoperabilidade dos países-membros, estabelecida ao emprego das munições estudadas, destacando-se o exército norte-americano como vetor do efetivo emprego das granadas Excalibur e BONUS em combate.

No contexto da doutrina dos países usuários **capazes de empregar efetivamente as munições inteligentes**, foi verificado que as forças armadas norte-americanas entendem que o uso de munições tipo Excalibur visa aprimorar a capacidade para intervir no combate em profundidade, com precisão similar a alvos engajados em alcance menores.

A tecnologia que viabiliza tal capacidade passa por constante evolução, disponibilizando uma variedade de produtos Excalibur com crescente redução do

custo unitário da fabricação e a crescente confiabilidade das munições, à medida que são empregadas em combates, fazendo aumentar a produção dessas por intermédio do desenvolvimento cooperativo internacional e acordos no âmbito da OTAN e fora (como no caso das doações às forças de defesa ucranianas), sendo um aspecto positivo para a evolução do seu emprego e superação de ameaças dos conflitos contemporâneos ao sinal GPS, como o empastelamento e o *spoofing*, já descritos, que conduzem os projéteis a desviarem suas trajetórias pré-estabelecidas.

Por outro lado, ocorre a crescente demanda por munições aos conflitos em curso no mundo, que pode dificultar o ressuprimento a nível global, evidenciando que as munições convencionais e mais baratas não serão abandonadas pelos países em combate, sendo usadas de forma semelhante, no Brasil e em forças estrangeiras nas situações que demandam menor precisão, ou mesmo que demandem efeitos psicológicos sobre o inimigo disperso.



FIGURA 07 – Preparação de Excalibur com munição convencional ao fundo.  
Fonte: USNI News (2016)

As viaturas conjugadas a sistemas de observação M707 *Knight* com FS3, *Stryker* FSV com FS3, M7 e M2A3 BFIST, de origem norte-americana, são excelentes meios com agilidade e proteção blindada capazes de proporcionar o guiamento laser das granadas inteligentes, bem como proporcionar a capacidade de Comando e Controle sobre missões de tiro da artilharia de campanha às forças armadas norte-americanas e demais países que adquiriram tais meios, como a Arábia Saudita e a Ucrânia, por exemplo, que dispõem de sistemas M2 Bradley, diferentemente do Brasil, que carece de meios com capacidades similares.

Outras tecnologias de observação avançada e guiamento estão presentes nas aeronaves remotamente pilotadas já existentes no Brasil e na aeronave norte-americana *Shadow* PIP TUAV, testada em combates e adquirida por Itália e Turquia.

As Forças Armadas dos Estados Unidos se diferenciam do Brasil e dos demais países da OTAN por possuírem sistemas que possibilitam melhor integração dos subsistemas da artilharia, mais bem adaptados às demandas de coordenação adequadas ao emprego de munições inteligentes, como o sistema de armas *Extended Range Cannon Artillery* (ERCA) que possibilita o engajamento de alvos até 70 quilômetros, no contexto do programa *Cannon Delivered Area Effect Munition*, voltado para alvos móveis e blindados em distâncias maiores.

O sistema *Automatic Fire Control System* (AFCS) é outro exemplo da integração tecnológica existente nos EUA, presente na frota dos obuseiros *Paladin*. Segundo Cook (2003), no relatório técnico ARQED-TR-03002, tal sistema é baseado em tecnologia civil comercial e realiza todas as funções de controle de fogo a bordo, contemplando a interface com o sistema de georreferência das munições inteligentes em estudo.

Segundo a fornecedora de computadores portáteis táticos para o Exército, Corpo de Fuzileiros Navais, Força Aérea e Marinha dos EUA, a empresa israelense *Elbit Systems* (2024), a exemplo do Tcter-31D, o seu sofisticado Sistema de Controle de Fogos (FCS), também testado em combates, opera para alvos em longa distância, dia e noite, em movimento, com alta probabilidade de acerto no primeiro disparo contra alvos em movimento. Confiáveis e econômicos, os sistemas compatibilizam com *softwares* de gerenciamento de batalha em rede.

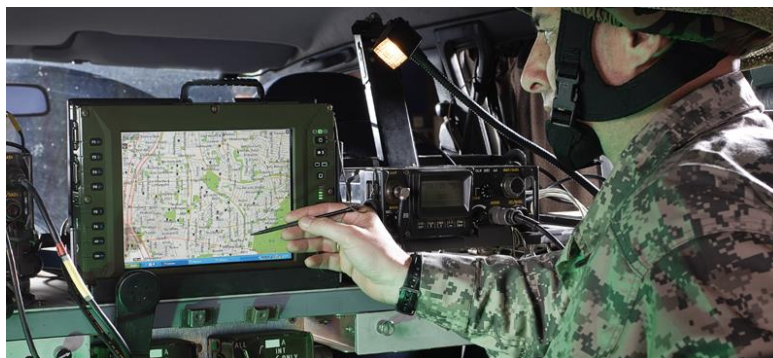


FIGURA 08 – Sistema Tcter-31D em operação  
Fonte: *Elbit Systems* (2024)

Destaca-se que esse tipo de sistema permite que a navegação inercial e o



posicionamento do obuseiro sejam integrados com o controle de fogo automático, o que otimiza a precisão da artilharia.

O arsenal existente em países que já possuem munições Excalibur poderá, de acordo com a fabricante Raytheon, incorporar os recursos da recente versão Excalibur S, que é capaz de engajar objetivos terrestres e marítimos móveis sem GPS.

## 5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 5.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE PRECISÃO E EFETIVO ENGAJAMENTO

O estudo teve caráter essencialmente qualitativo, buscando-se realizar o cruzamento de dados disponíveis acerca do desempenho das munições Excalibur e BONUS Mk2 no engajamento de alvos fixos, móveis e em ambiente urbanizado.

Pode-se confirmar, portanto, que o emprego das referidas munições garante a letalidade seletiva, pois o erro radial não passa de 2 metros em relação aos alvos, de acordo com os fabricantes, sendo que são capazes de selecionar a ação de espoletas, direcionar estilhaços verticalmente e engajar alvos em movimento a partir de diferentes formas de guiamento, as quais buscam privilegiar a precisão “cirúrgica” no estágio descendente de voo do projétil.

O guiamento da munição, seja por GPS, direcionamento LiDAR, ou outro meio, permite delimitar o alvo de forma mais efetiva, em meio a edifícios e entulhos que impedem a visada direta do inimigo ou de estruturas que podem denotar alvo proibido, como hospitais e estações de energia elétrica, as quais podem oferecer proteção aos combatentes que se utilizam desses locais como escudo às artilharias aérea e de campanha, quando alertas ao Direito Internacional dos Conflitos Armados.

### 5.2 MEIOS ATUADORES ADEQUADOS E CAPACIDADES NECESSÁRIAS

A partir da análise da literatura especializada, dos manuais técnicos e de campanha, fica claro que os obuseiros M109A5+BR, de que é dotado o Exército Brasileiro, são parcialmente adequados ao emprego das munições inteligentes Excalibur e BONUS Mk2, em razão de algumas limitações.

Foi identificado que há, dentre os obuseiros com tubos de 155mm utilizados pela OTAN, com reconhecida capacidade de disparar munições inteligentes, a família M109 americana, representada a partir do modelo A5 de 39 calibres (tubo de 6,1 metros) e o PZH 2000 alemão com 52 calibres (tubo de 8,1 metros), por exemplo.

Observa-se, a partir da Figura 04, que quanto maior o comprimento do tubo, maior o alcance. A munição BONUS Mk2, nesse contexto, necessita de materiais de 52 calibres, como o alemão PZH 2000, para alcançar alvos entre 27 e 35 quilômetros. Os obuseiros em atividade no Exército Brasileiro correspondem à família M109 norte-

americana de 39 calibres e, no aspecto de alcance com disparo da BONUS Mk2, ficam aquém de materiais 155mm de 52 calibres, ou seja, limitados a 27 quilômetros de alcance.

Outro fator limitante é que, caso as munições Excalibur e BONUS Mk2 sejam adquiridas, necessitam combinar os meios de observação, que devem ser adquiridos a fim possibilitar o guiamento laser do modelo S da granada Excalibur na área de alvos, por exemplo, e de sistemas embarcados de Comando e Controle para interface com o controle de fogo e guiamento de todas as versões das munições estudadas, seja por GPS, INS, LASER, sensores inteligentes de IV ou LiDAR, como um *software* aos moldes das últimas atualizações do AFCS norte-americano, presente nos obuseiros M109 A6 *Paladin* do US Army e inexistente no Exército Brasileiro.

No campo das tecnologias de observação e orientação, o emprego de GPS e INS são valiosos para determinar a localização exata do alvo e da própria munição durante o voo. Além dessas tecnologias, inclusive, conforme descrevem o manual EB70-MC-10.378 – Bateria de Busca de Alvos e a agência de notícias *Army Recognition* (2024), são empregados recursos tais como:

- Sensores eletro-ópticos e de espectro infravermelho, capazes de detectar e identificar alvos por meio de imagens visuais ou térmicas;
- LiDAR e RaDAR (*Radio Detection And Ranging*), responsáveis aferir distâncias, por detectar e rastrear alvos com alta precisão;
- Sistemas de Designação de Alvos, marcadores de alvos com feixe de LASER que permitem o guiamento da munição até o ponto iluminado.
- Sistemas de Visão Noturna: permitem a operação em ambientes de baixa luminosidade e durante a noite.

O uso de munição inteligente 155 mm demanda um conjunto de recursos de Comando e Controle para garantir que os projéteis sejam guiados com precisão até seus alvos e, conforme a agência de notícias *Army Recognition* (2024) e de *United States Army* (2012) na justificativa do Item AFATDS (*Advanced Field Artillery Tactical Data System*) do orçamento de P&D, tais meios são compostos pelas seguintes estruturas:

- Centros de Comando e Controle instalados em viaturas, navios ou instalações terrestres, onde operadores podem planejar, coordenar e supervisionar o apoio de fogo.

- *Softwares* de Gestão de Batalha como o AFATDS e o JADOCs (*Joint Automated Deep Operations Coordination System*) que permitem a coordenação de fogos de artilharia e morteiro, fogo aéreo e naval, bem como desencadeamento de Medidas de Ataque Eletrônico, otimizando o planejamento de missões e comunicação entre unidades.
- Tecnologias de Comunicação Segura como Rádios Táticos, para comunicações seguras e confiáveis entre unidades em campo e Postos de Comando, bem como Redes Táticas de Dados, que permitem a correção do curso balístico e atualização constante de informações pertinentes ao alvo em tempo real ou de outros dados críticos.
- Algoritmos de Processamento de Imagem e Inteligência Artificial responsáveis pelo reconhecimento automatizado e diferenciação de alvos em ambientes operacionais complexos, valendo-se também de sensores integrados responsáveis por fornecer uma imagem operacional unificada.
- *Softwares* de Monitoramento e Avaliação de Impacto que executam a telemetria para comunicar dados de voo e *status* da munição, bem como avaliam os resultados dos tiros, otimizando sua precisão e, se necessário, realizando correções imediatas.
- Sistemas de Simulação e Treinamento usados para treinar operadores e performar missões simuladas antes de serem executadas no mundo real.

Portanto, é necessário demonstrar os meios necessários à efetividade de munições inteligentes, que devem incluir equipamentos com sensores e sistemas de comunicação avançados, bem como a inteligência artificial e uma variedade de recursos para realizar observação, controle e correção de tiros. Viaturas de Comando e Controle como a M707 *Knight*, por exemplo, podem ser empregadas para observação avançada e reconhecimento quando equipadas com sistemas FS3, incorporando sistemas como o AFATDS.

De acordo com *United States Army* (2012) na Operação Iraque Livre, por exemplo, o AFATDS implementou capacidades de tiros de precisão em diversas munições, como nos foguetes do Sistema de Lançamento Múltiplo de Foguetes estadunidense (*Unitary Vertical Attack*), bem como nas munições Excalibur, *Smart* e BONUS Mk2, sendo composto de *hardware/software* comum empregado em diversas

configurações e instalações operacionais e *software* de sistema único interconectado por comunicações táticas em uma rede automatizada comandada por inteligência artificial, em que roda o Sistema Operacional *Windows*.

## 6 CONCLUSÃO

As munições estudadas possuem, portanto, a precisão de tiro adequada às necessidades da artilharia de campanha operativa nos conflitos do século XXI, caracterizada neste estudo como a capacidade de atingir pontualmente um alvo móvel que, nesta análise, não se distingue objetivamente de um alvo em movimento.

Tal consideração se deve ao fato de que o alvo móvel possuidor das dimensões correspondentes a um veículo militar em deslocamento, possui cerca de dois metros como menor dimensão, medida considerada como maior erro radial das munições inteligentes em estudo.

Pode-se afirmar, portanto, em resposta ao problema desta pesquisa, que o emprego das munições BONUS Mk2, Excalibur HTK e Excalibur S pode garantir a precisão do apoio de fogo, com efetivo engajamento de alvos móveis e com letalidade seletiva e contenção de danos colaterais indesejados em áreas urbanizadas em que haja a consciência situacional do comando dos elementos de artilharia nas operações. As versões Excalibur 1B e Excalibur N5 não encontram referências claras de precisão contra alvos móveis, ainda que seja apontado o sistema de armas norte-americano ERCA como capaz de otimizar munições Excalibur convencionais para engajar alvos móveis em até 70 quilômetros.

Tal consideração sobre consciência situacional é relevante, pois a precisão do projétil depende de que as informações de locação do alvo designado à munição inteligente sejam atualizadas em tempo real. Para nada se aplica o erro radial zero da granada, se a aquisição do alvo for falha por motivo de erros no trabalho da inteligência ou de desatualização informacional, principalmente quando se tratam de alvos móveis, extremamente sensíveis ao tempo.

Por conseguinte, a partir da análise dos manuais técnicos e de campanha das forças armadas que empregam as munições das famílias Excalibur e BONUS Mk2, identifica-se que a precisão adequada às necessidades do apoio de fogo nos atuais conflitos armados é factível mediante a reunião de equipamentos dotados de sensores e sistemas de comunicação avançados, com advento de inteligência artificial e diversos recursos já nominados, para realizar a observação, controle e correção do tiro.

A exemplo disso, viaturas de Comando e Controle como a M707 *Knight* podem ser empregadas para observação avançada e reconhecimento quando equipadas com sistemas de observação FS3. São aptas a coordenar apoio de fogo em diversos níveis organizacionais, estas viaturas possuem sistemas de comunicação avançada e processamento de dados para integrar informações de múltiplas fontes e ajustar os parâmetros de tiro sobre alvos simultâneos. Tais viaturas, testadas na Operação Iraque Livre são capazes de incorporar sistemas como o consagrado AFATDS.

Veículos Aéreos Não Tripulados similares ao consagrado *Shadow* PIP TUAV são equipados com câmeras e sensores infravermelhos capazes de fornecer observação aérea em tempo real, existem no Exército Brasileiro mas estão dissociados da artilharia de campanha brasileira que emprega os materiais autopropulsados 155 mm M109A5+BR, que não possui o próprio sistema de busca de alvos. Tais meios aéreos são recursos valiosos na busca, reconhecimento e vigilância de alvos que demandam engajamento preciso.

Ao verificar as características das munições inteligentes, confirmamos que a principal vantagem desses artefatos é a possibilidade de neutralização de alvos altamente compensadores logo no desencadeamento da missão de tiro, situação que nega ao inimigo a capacidade de tomar medidas de proteção ou fugir da área. Outro aspecto positivo é que o raio de dano limitado da munição Excalibur e o jato de estilhaços direcionado da munição BONUS Mk2 permitem que o alvo seja engajado com contenção de danos colaterais adversos.

Em situações desvantajosas de negação do sinal GPS, é importante considerar que o emprego das diferentes versões da granada Excalibur deve ser feito por radiofrequência, guiamento laser ou outros sensores, devendo o operador atentar que a comunicação por meios rádio em áreas edificadas depende da instalação de equipamentos mais potentes de transmissão e de recepção, posicionados, sempre que possível, em torres ou outras estruturas elevadas, a fim de permitir a condução dos fogos.

Foram identificados que os principais meios lançadores adequados às munições inteligentes em estudo são os obuseiros de 52 calibres, pois estes permitem que as munições em análise engajem alvos a alcances maiores. Os obuses da família M109, apesar de possuírem tubos de 39 calibres, são efetivos a menores alcances quando equipados com sistemas adequados para o controle automático de fogo, aplicados na versão A6, disponíveis ao exército norte-americano, por exemplo.

A presente pesquisa identificou que o Exército Brasileiro, atualmente, apesar de possuir a boca-de-fogo capaz de disparar munição BONUS Mk2 ou Excalibur, não dispõe de meios efetivos para emprego imediato das versões de mercado dessas granadas, por estar defasado quanto a capacidades de aquisição de alvos, observação, vigilância, controle automático de fogo e Comando e Controle.

Cabe ao Exército Brasileiro considerar, portanto, aumentar as capacidades da F Ter para emprego de munições inteligentes, a fim de superar os desafios do Século XXI, garantindo a maior precisão do apoio de fogo em cenários urbanos, em meio a crescente importância das considerações civis no âmbito dos conflitos armados, garantindo respaldo às decisões soberanas do Brasil.

---

**RENAN PORTELA PAZ – Cap**

Aluno do Curso de Artilharia



## REFERÊNCIAS

AMARAL, Leandro Oliveira do. **As vantagens do programa *Foreign Military Sales* para o Exército Brasileiro**. Monografia. Rio de Janeiro: ECEME, 2020.

ARMY RECOGNITION. **Poland Launches Warmate 5.0 Loitering Munition to Rival Russia's Lancet**. 29 maio. 2024. Disponível em: <<https://www.armyrecognition.com/news/army-news/army-news-2024/poland-launches-cutting-edge-warmate-loitering-munition-to-rival-russias-lancet>>. Acesso em: 10 julho. 2024.

BAE SYSTEMS. **Bofors 155mm BONUS Munition**. Suécia, 2024. Disponível em: <<https://www.baesystems.com/en/product/155-bonus>> Acesso em: 15 março. 2024.

BARBOSA, Robson Ferreira. **As possíveis falhas que podem ocorrer durante a utilização de munições inteligentes no combate urbano e as implicações para o direito internacional dos conflitos armados**. Monografia. Rio de Janeiro: EsAO, 2019.

BASTOS JR, Paulo Roberto. **Novas munições M982 Excalibur para o US Army**. Brasil, 2022. Disponível em: <<https://tecnodefesa.com.br/novas-municoes-m982-excalibur-para-o-us-army/>>. Acesso em: 19 abril. 2024.

BRASIL, Ministério da Defesa, Exército Brasileiro, Comando de Operações Terrestres. **Manual de Campanha – Planejamento e Coordenação de Fogos – EB70-MC-10.346**. 3ª. Edição. Brasília, DF, 2017.

BRASIL, Ministério da Defesa, Exército Brasileiro. **Concepção de transformação do Exército**. Portaria nº 1253, Gab Cmt EB, de 05 de dezembro de 2013.

BRASIL, Ministério da Defesa, Exército Brasileiro. **EB20-MF-10.102: Doutrina Militar Terrestre**. 1ª. Edição. Brasília, DF, 2014.

BRASIL, Ministério da Defesa, Exército Brasileiro. **EB20-MF-10.102: Doutrina Militar Terrestre**. 2ª Edição. Brasília, DF, 2019.

BRASIL, Ministério da Defesa, Exército Brasileiro. **EB70-MC-10.206: Fogos**. 1ª Edição. Brasília, DF, 2015.

BRASIL, Ministério da Defesa, Exército Brasileiro. **EB70-MC-10.224: Artilharia de Campanha nas Operações**. 1ª Edição. Brasília, DF, 2019.

BRASIL, Ministério da Defesa, Exército Brasileiro. **EB70-MC-10.303: Operação em Área Edificada**. 1ª Edição. Brasília, DF, 2018.

BRASIL, Ministério da Defesa, Exército Brasileiro. **EB70-MC-10.378: Bateria de Busca de Alvos**. Edição Experimental. Brasília, DF, 2022.

BRASIL, Ministério da Defesa, Exército Brasileiro. **PEEx 2024 – 2027**. Brasília, DF, 2023.

CARROZA, Ricardo Almeida. **Munições inteligentes: as possíveis vantagens e desvantagens da sua utilização pela Artilharia de Campanha brasileira no ambiente urbano**. Monografia. Rio de Janeiro: EsAO, 2019.

CENTRO DE INSTRUÇÃO DE BLINDADOS – CIBLD - **Emprego da artilharia em áreas edificadas com a utilização de munições especiais**. Brasil, 2016. Disponível em: <<https://cibld.eb.mil.br/index.php/periodicos/escotilha-do-comandante/564-escotilha-135>>. Acesso em 21 março. 2024.

COOK, Jason L. **Technical Report ARQED – TR - 03002 - M109A6 PALADIN: THE CHANGING FACE OF DOD ACQUISITION**. EUA, 2003. Disponível em: <<chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA416731.pdf>>. Acesso em: 02 maio. 2024.

DE PAULA, Andre Mendes Pereira. A Artilharia de Campanha da Brigada de Infantaria Mecanizada: Um Estudo sobre o seu obuseiro. **Doutrina Militar Terrestre em revista**, p. 62, julho a dezembro. 2014.

ELBIT SYSTEMS. **Fire Control Systems**. Israel, 2024. Disponível em <<https://elbitsystems.com/product/fire-control-systems/>>. Acesso em: 19 julho. 2024.

EXÉRCITO BRASILEIRO. **Missão e Visão de Futuro**. Brasil, 2023. Disponível em <<http://www.eb.mil.br/missao-e-visao-de-futuro>>. Acesso em: 19 abril. 2024.

GICHD. **Explosive weapon effects – final report**. Geneva International Centre for Humanitarian Demining (GICHD). Genebra, fevereiro. 2017. Disponível em: <<http://characterisationexplosiveweapons.org/studies/final-report/?article>> Acesso em: 05 jun. 2024.

GLOBAL SECURITY. **XM707 Knight HMMWV**. 2022. Disponível em: <<https://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/m707.htm>>. Acesso em: 01 maio. 2024.

GUEDES, Henrique Lima. **A Viatura Blindada de Combate Autopropulsada 155 mm M109 A5+BR em Operações de Guerra: Letalidade Seletiva em Áreas Urbanas Humanizadas**. Monografia. Rio de Janeiro: ECEME, 2018.

HALLION, Richard. **Precision Guided Munitions and the new era of Warfare**. Austrália, 1995. Disponível em: <https://man.fas.org/dod-101/sys/smart/docs/paper53.htm>>. Acesso em: 01 maio. 2024.

LEAL, Edson Lyra. A Conferencia *Future Artillery London 2018*: Os desafios para a Artilharia Moderna. **Doutrina Militar Terrestre**: em revista. p. 36-41, outubro a dezembro. 2018.

LOEB, Vernon. **Bursts of Brilliance**. 15 Dezembro. 2002. Disponível em: <<https://www.washingtonpost.com/archive/lifestyle/magazine/2002/12/15/bursts-of-brilliance/0c06b132-2d70-41e6-882e-5c4ece8f5fcf/>>. Acesso em: 20 abril. 2024.

MANSO, Jonas Rocha. **A Atualização doutrinária das munições previstas visando o emprego da Artilharia de Campanha Brasileira em ambiente urbano**. Monografia. Rio de Janeiro: EsAO, 2020.

MESA, A. F. Os conflitos do futuro: novo cenário para a Indústria de Defesa. **Coleção Meira Mattos: revista das ciências militares**, v. 14, n. 51, p. 245, 2 jul. 2020.

MILNER, Mike - **Precision Strike Association Excalibur Overview**. EUA, 2012. Disponível em: <[https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2012/annual\\_psr/Milner.pdf](https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2012/annual_psr/Milner.pdf)>. Acesso em: 19 abril. 2024.

MÜLLER, Marcelo da Silva. **A viabilidade da utilização das munições com alta tecnologia (Excalibur e OTO Vulcano) na Artilharia de Campanha Autopropulsada de tubo e sobre lagartas para apoiar o Corpo de Exército**. Monografia. Rio de Janeiro: ECEME, 2022.

NATO. **NATO Standardization Office**, Bélgica, 2022. Disponível em: <<https://nso.nato.int/nso/home/main/home>>. Acesso em: 19 abril. 2024.

NICOLOV, Boyko. **Proven: Ukraine uses 155mm BONUS anti-tank shells with spaceship tech.** Bulgária, 2023. Disponível em: <<https://bulgarianmilitary.com/2023/01/04/proven-ukraine-uses-155mm-bonus-anti-tank-shells-with-spaceship-tech/>>. Acesso em: 18 março. 2024.

OROZCO, Juan Carlos. **Conclusões parciais dos debates do fórum de apoio de fogo.** Maio 2012. Disponível em: <<https://doutrina.ensino.eb.br/ava/login/index.php>>. Acesso em: 15 março. 2024.

OSBORN, Kris. **The Army's Extended Range Precision Cannon Just Keeps Getting Better.** *The National Interest*. Disponível em: <<https://nationalinterest.org/blog/buzz/armys-extended-range-precision-cannon-justkeeps-getting-better-202480>>. Acesso em: 15 janeiro. 2024.

PADILHA, Luiz. Defesa Aérea & Naval. **Excalibur S – Novo projétil guiado da Raytheon atingiu um alvo em movimento pela primeira vez nos testes.** Brasil, 2020. Disponível em: <<https://www.defesaaereanaval.com.br/defesa/excalibur-s-novo-projetil-guiado-da-raytheon-atingiu-um-alvo-em-movimento-pela-primeira-vez-nos-testes>>. Acesso em: 18 março. 2024.

RAYTHEON. **Excalibur Projectile.** EUA, 2024. Disponível em: <<https://www.rtx.com/raytheon/what-we-do/land/excalibur-projectile>> Acesso em: 01 abril. 2024.

REDAÇÃO TECNOLOGIA & DEFESA. **BAE Systems dispara munições BONUS Mk2 de 155 mm.** Março. 2020. Disponível em: <<https://tecnodefesa.com.br/bae-systems-dispara-municoes-bonus-mk2-de-155mm/>>. Acesso em: 18 março. 2024.

REDAÇÃO TECNOLOGIA & DEFESA. **VBCOAP 155 SR – ATMOS, o novo “Sniper” da Artilharia do Exército.** Abril. 2024. Disponível em: <<https://tecnodefesa.com.br/vbcoap-155-sr-atmos-o-novo-sniper-da-artilharia-do-exercito/>>. Acesso em: 01 maio. 2024.

TIME NEWS. **Israel's operation against Gaza strengthens Yair Lapid and Benny Gantz.** Agosto. 2022. Disponível em: <<https://time.news/israels-operation-against-gaza-strengthens-yair-lapid-and-benny-gantz/>>. Acesso em: 03 junho. 2024.

UN HABITAT. **Rescuing SDG 11 for a resilient urban planet.** EUA, 2023. Disponível em: <<https://unhabitat.org/rescuing-sdg-11-for-a-resilient-urban-planet>>. Acesso em: 01 maio. 2024.

UNITED STATES ARMY. **Exhibit R-2, RDT&E Budget Item Justification: PB 2013 Army**. EUA, 2012. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcgicfindmkaj/https://www.asafm.army.mil/Portals/72/Documents/BudgetMaterial/2013/base%20budget/rdte/vol7.pdf>. Acesso em: 09 julho. 2024.

UNITED STATES ARMY. **Reconditioned M109A6 Paladins tested at US Army Yuma Proving Ground**. EUA, 2015. Disponível em: <https://www.army.mil/article/149201/reconditioned\_m109a6\_paladins\_tested\_at\_u\_s\_army\_yuma\_proving\_ground>. Acesso em: 01 maio. 2024.

UNITED STATES OF AMERICA. Department Of Defense. **TM 9-1320-202-13: Operator and Field Maintenance Manual for Projectile, 155 mm: XM982, M982, M982A1 (Excalibur)**. EUA, 2016.

UNITED STATES OF AMERICA. Office of the Assistant Secretary of the Army. **Weapons Systems Handbook 2020-2021. Excalibur Precision 155 mm Projectiles**. Whashington, DC, 2021.

USNI NEWS. **Raytheon Excalibur Round Set to Replace LRLAP on Zumwalts**. EUA, 2016. Disponível em: <https://news.usni.org/2016/12/13/raytheon-excalibur-round-set-replace-lrlap-zumwalts>. Acesso em: 01 julho. 2024.

WARREN, Mich. **BAE Systems to upgrade more Paladin 155 millimeter artillery systems with digital fire control**. EUA, 2015. Disponível em: <https://www.militaryaerospace.com/rf-analog/article/16714401/bae-systems-to-upgrade-more-paladin-155-millimeter-artillery-systems-with-digital-fire-control> Acesso em: 02 maio. 2024.