

**ACADEMIA MILITAR DAS AGULHAS NEGRAS  
ACADEMIA REAL MILITAR (1811)**

**GABRIEL VIEIRA VALENTE**

**EFICIÊNCIA BALÍSTICA TERMINAL DAS MUNIÇÕES DE EMPREGO DA  
VBCCC LEOPARD 1 A5 BR CONTRA OS PRINCIPAIS CARROS DE COMBATE  
DA AMÉRICA DO SUL**

**Resende**

**2016**

**GABRIEL VIEIRA VALENTE**

**EFICIÊNCIA BALÍSTICA TERMINAL DAS MUNIÇÕES DE EMPREGO DA  
VBCCC LEOPARD 1 A5 BR CONTRA OS PRINCIPAIS CARROS DE COMBATE  
DA AMÉRICA DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Academia Militar das  
Agulhas Negras como parte dos  
requisitos para a Conclusão do Curso  
de Bacharel em Ciências Militares, sob  
a orientação do 1º Ten Cav Antônio  
Eduardo da Silva Pacheco

**Resende  
2016**

**GABRIEL VIEIRA VALENTE**

**EFICIÊNCIA BALÍSTICA TERMINAL DAS MUNIÇÕES DE EMPREGO DA  
VBCCC LEOPARD 1 A5 BR CONTRA OS PRINCIPAIS CARROS DE COMBATE  
DA AMÉRICA DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Academia Militar das  
Agulhas Negras como parte dos  
requisitos para a Conclusão do Curso  
de Bacharel em Ciências Militares, sob  
a orientação do 1º Ten Cav Antônio  
Eduardo da Silva Pacheco

---

**Antônio Eduardo da Silva Pacheco- 1ºTen Cav  
Orientador**

**Resende  
2016**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Senhor dos Exércitos meu criador, razão de meu ser e dono de minha história, sem Ele nada se faz.

À minha família por me proporcionar educação acadêmica, mas acima de tudo moral e ética.

Aos Ten Schulz e Pacheco, por me orientarem e proverem os materiais e orientação necessários para este trabalho.

À meus camaradas, amigos mais chegados que irmãos, com os quais posso contar nas horas mais difíceis. Que o cheiro de óleo diesel e pólvora a queimar ao ressoar dos motores e canhões nos sejam compartilhados em cargas futuras.

*“Qualquer tecnologia avançada o bastante é indistinguível de magia”*

*(Arthur C Clarke)*

## RESUMO

VALENTE, Gabriel Vieira. **Eficiência balística terminal das munições de emprego da VBCCC Leopard 1 A5 BR contra os principais carros de combate da América do Sul**

Resende: AMAN, 2016. Monografia.

Este trabalho busca analisar a eficiência balística das munições empregadas pela VBCCC Leopard 1 A5 BR em seu aspecto terminal, determinando a capacidade de poder de fogo relativa da viatura frente às possíveis ameaças encontradas na América do Sul.

Balística terminal é um assunto relativamente novo e de extrema importância, pois seu estudo possibilita o desenvolvimento de materiais mais modernos e capazes e, também melhor emprego dos meios já possuídos. Esta pesquisa alia o conhecimento já possuído acerca do meio nobre da Força Terrestre, ao seu emprego regional, através de uma análise da sua capacidade combativa neste aspecto balístico do emprego de suas munições. Com isso o trabalho avalia os efeitos terminais dos cartuchos da VBC Leopard buscando o aprimoramento e otimização do uso desta moderna plataforma de combate.

**Palavras-chave: Leopard. Balística terminal. Blindagem. Carros de combate.**

## **ABSTRACT**

**VALENTE, Gabriel Vieira. Terminal ballistic efficiency of the ammunition of employment by the MBT Leopard 1 A5 BR against the main South America tanks.**

Resende: AMAN, 2016. Monograph

This paper's objective is to analyze the ballistic efficiency of the ammunition of employment by the MBT Leopard 1 A5 BR in its terminal aspect, determining the relative firepower capacity of the vehicle against the possible threats in South America.

Terminal ballistic is a relatively new subject and of extreme importance because it's study allows the development of more modern and capable materials and also better employment of the already possessed means. This research allies what is already known about the high-end material of the Ground Force, to its regional application, through an analysis of the combative capacity in this ballistic aspect of the use of it's ammunition. With this, the essay evaluates the terminal effects of the VBC Leopard's cartridges searching for the improvement and optimization of the use of this modern combat platform.

**Key words: Leopard. Terminal ballistics. Armour. Main Battle Tanks.**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Correção do deslocamento lateral para o alvo .....	19
Figura 2- Equação de Odermatt.....	21
Figura 3- Corte lateral de munição APFSDS .....	23
Figura 4- Efeito obtido pela munição HEAT .....	24
Figura 5- VBC TAM .....	27
Figura 6- Leopard 2 A4 CHL .....	29
Figura 7- T-72 em desfile na Venezuela .....	31
Figura 8- T-55 de lote inicial.....	32
Figura 9- Tiran 67 em Israel .....	33



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Dados técnicos da APFSDS DM63.....	23
Tabela 2- Dados técnicos da APFSDS-T DM 33.....	24
Tabela 3- Dados técnicos da HEAT-T M456.....	25
Tabela 4- Blindagem do TAM.....	26
Tabela 5- Dados técnicos da VBC TAM.....	27
Tabela 6- Dados técnicos Leopard 2 A4 CHL.....	28
Tabela 7- Blindagem do Leopard 2 A4 CHL.....	29
Tabela 8- Blindagem do T-72 com kit <i>Kontakt 5</i> .....	30
Tabela 9- Dados técnicos T-72.....	30
Tabela 10- Blindagem T-55.....	32
Tabela 11- Dados técnicos do T-55.....	32
Tabela 12- Tabela comparativa blindados vs munições.....	34

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO .....</b>	<b>14</b>
2.1 Revisão da literatura e antecedentes do problema .....	14
2.2 Referencial metodológico e procedimentos .....	15
<b>3. O SISTEMA DE ARMAS DA VBCC LEOPARD 1 A5 BR.....</b>	<b>17</b>
3.1 Canhão 105 mm L7 A3.....	17
3.2 Sistema de controle de tiro.....	18
3.3 Sistema direcional hidráulico da torre com estabilização de arma .....	19
<b>4. MUNIÇÕES DE EMPREGO .....</b>	<b>21</b>
4.1 Armour Piercing Fin Stabilised Discarding Sabot .....	22
4.2 High Explosive Anti Tank.....	24
<b>5. PRINCIPAIS CARROS DE COMBATE DA AMÉRICA DO SUL.....</b>	<b>26</b>
5.1 VBC TAM.....	26
5.2 Leopard 2 A4 CHL .....	28
5.3 T-72 B1 .....	29
5.4 T-55 A.....	31
5.5 Tiran 67 .....	33
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Há muito tempo o homem percebeu a relevância de um axioma militar que persiste até os conflitos modernos: a relação blindagem *versus* poder de fogo. É unânime para qualquer força armada, o valor da proteção contra a ação direta do inimigo.

Inicialmente, o engajamento de veículos blindados era realizado apenas por armas de pequeno calibre, como os canhões anti-carro rebocados que conseguiam atender o objetivo de destruição pretendido. A maioria dos canhões atirava munições perfurantes de calibre 37 a 47mm com velocidades iniciais de 600 a 850m/s. Com o desenvolvimento de blindagens entretanto, armas deste tipo se tornaram inadequadas e durante a II Guerra Mundial foram desenvolvidos canhões maiores, com calibres de 50, 57, 75 ou 76,2mm. (OGORKIEWICZ, 1991, p. 66)

Hoje com a existência de blindagens cada vez mais modernas e a criação de munições cada vez mais eficientes, precisas e com alto poder de destruição, é vital para o Exército Brasileiro que haja o estudo das possibilidades e limitações de seus materiais e armamentos.

O Brasil atualmente se insere na América do Sul como potência regional e mantém relações pacíficas com todos os Estados vizinhos. Ademais, possui como princípios fundamentais nas relações internacionais a defesa da paz e a solução pacífica dos conflitos, determinados no Art 4º, incisos VI e VII da Constituição Federal de 1988. (BRASIL, 2009).

Todavia, um país não pode deixar de estar preparado para enfrentar ameaças diversas. Nosso país, possuindo grande riqueza hídrica, natural e enorme diversidade biológica se enquadra nestas ideias. É de fundamental importância que tenha suas capacidades de defesa em consonância com seu grande território, principalmente contra os países que o cercam, que no caso de conflitos representariam ampla ameaça devido à proximidade geográfica. Tais ideias corroboram com a frase de Rui Barbosa: “O Exército pode passar cem anos sem ser usado, mas não pode passar um minuto sem estar preparado”.

Esta análise é de grande valia ao meio civil e militar, pois permite não só constatar a situação estratégica, tática e operacional do país, como também, identificar as possibilidades e limitações da VBC Leopard.

Esta pesquisa procurou tratar dos aspectos relacionados a efeitos obtidos pelas munições de utilização pela VBC, quando empregadas contra os principais carros de combate possuídos pelos países vizinhos ao Brasil na América do Sul. Ela buscou a análise principalmente da capacidade de penetração alcançada em contato com as diferentes blindagens.

Delimitamos o trabalho às principais viaturas carros de combate empregados na América do Sul, a saber: VBC TAM da Argentina; Leopard 2 A4 do Chile; T-72 S1 da Venezuela; T-55 do Peru e Tiran 67 do Uruguai. E para as munições de possível emprego, as seguintes constantes no Boletim Técnico nº 03/2010 da DMAT, APFSDS-T DM 63, APFSDS-T DM 33 e HEAT-T M456. As munições de emprego contra carros de combate de acordo com a nota de aula de técnica de tiro da viatura produzido pelo Centro de Instrução de Blindados (CIBId) são apenas as chamadas super flecha a saber as APFSDS, entretanto, foi analisado o possível emprego das munições de carga oca (HEAT) devido a seu poder de penetração face aos blindados da América do Sul.

Tratamos do assunto balística, que se traduz pelo estudo do tiro de armamentos. De acordo com Moss, Leeming & Farrar, a palavra balística deriva da palavra grega *ballista* que significa “arremessar” e remete a um dos primeiros armamentos do homem, que arremessava grandes flechas (1995, p. 1).

Conforme Moss; Leeming & Farrar a vertente balística deste assunto é relativamente nova surgindo a partir da introdução de aviões e blindados na forma de se fazer guerra e ganhando vulto com o desenvolvimento da metalurgia moderna e de instrumentos balísticos mais capazes de medir fenômenos de alta pressão que duram milissegundos.

Para facilitar o estudo das blindagens, foi criada uma unidade de medida, a *Rolled Homogeneous Armor Equivalency* (RHAe), que permite que qualquer blindagem seja analisada como se fosse uma chapa de aço homogênea. Esta unidade de medida foi utilizada em todo o trabalho para fins de análise da penetração das munições.

Nossos objetivos foram: identificar a capacidade de penetração e poder de fogo obtidos pelo sistema de armas com a utilização das munições de emprego pelo Exército Brasileiro para a VBCCC Leopard 1 A5 BR, contra as blindagens dos blindados já citados.

A partir dos dados obtidos pudemos além de analisar a adequabilidade da viatura para o contexto sul-americano de defesa, mas também analisar as munições mais adequadas para cada viatura específica empregando a VBC Leopard. Além disso, verificou-se a adequabilidade do poder de fogo da viatura frente às possíveis ameaças na América do Sul.

A presente monografia se estrutura da seguinte maneira:

No primeiro capítulo abordamos o sistema de armas da VBC Leopard a fim de descrever sucintamente os principais sistemas que proporcionam precisão no tiro do carro e portanto, de extrema valia para a análise balística do trabalho. Para este capítulo, as principais fontes foram a nota de aula de técnica de tiro do Centro de Instrução de Blindados (CIBId) e o

Manual técnico de torre e armamento da VBC Leopard que apresentam aspectos técnicos sobre o tema do capítulo.

O segundo capítulo traz as munições que foram analisadas e seus aspectos técnicos que proporcionam o desempenho na penetração de blindagens os efeitos balísticos que são o alvo principal do trabalho. Para obter estas informações utilizamos principalmente o Boletim Técnico nº03/2010 da Diretoria de Material (DMat), a nota de aula do CIBld e livros específicos do desenvolvimentos de blindados e balística.

No terceiro são apresentados os principais carros de combate utilizados na América do Sul, são descritas as blindagens destes, dados estes obtidos através de estudos de sistemas de armas de diversos autores em livros específicos dos carros. Ao final de cada carro analisado, é apresentada uma breve análise dos resultados obtidos pelas munições anteriormente descritas contra a viatura em questão, dados estes que na conclusão foram compilados e estudados.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

A proposta da pesquisa foi analisar o efeito balístico terminal esperado das munições da VBC Leopard 1 A5 BR a partir de dados coletados em manuais, e pesquisas realizadas por outros militares. A partir disto, foi realizada uma pesquisa documental e bibliográfica e o método dedutivo para o trabalho.

Hoje o Centro de Instrução de Blindados se tornou uma referência em conhecimento e pesquisa na área e pretendemos utilizar os materiais produzidos na unidade como embasamento teórico. Além destes, utilizamos o livro *Military Ballistics* que trata bem do assunto principal do trabalho e o livro *Technology of Tanks* que conta a evolução dos sistemas de armas e materiais relacionados a blindados.

### 2.1 Revisão da literatura e antecedentes do problema

Tendo o objetivo de analisar a adequabilidade da viatura Leopard 1 para as demandas de defesa brasileiras quanto ao seu poder de fogo, pôde-se verificar em uma análise preliminar que se trata de um projeto antigo datando do final da década de 50 encomendado pela República Federativa da Alemanha e que tinha como prioridade a mobilidade em detrimento do poder de fogo e a blindagem do carro. Em 1965 a empresa Krauss-Maffei Wegman entregou ao exército alemão as primeiras unidades da primeira versão do Leopard que a partir daí receberia diversas atualizações e seria vendido para diversos países dentro e fora da Europa. A última atualização da família Leopard 1 é a versão A5 que recebeu o sistema de controle de tiro da família Leopard 2 e outras modificações para que mantivesse seu poder de combate atualizado em relação aos outros carros. (CENTRO DE INSTRUÇÃO DE BLINDADOS, 20--, p. 4) Em janeiro de 2009 o Brasil recebeu o primeiro lote da VBCCC Leopard 1 A5 BR, nomenclatura dada à versão adquirida pelo Exército Brasileiro que foi modernizada quando o projeto se deu início em parceria com a empresa Krauss-Maffei Wegman.

Devido à relativa antiguidade do projeto em comparação com os carros de outros países como Estados Unidos com o Abrams M1 A2, Israel com o Merkava IV, Grã-Bretanha com o Challenger 2, carros de 4ª geração (SOUZA JUNIOR, 2010, p. 51), é comum ouvirmos dentro e fora dos quartéis questionamentos acerca da adequabilidade da utilização da viatura Leopard 1 A5 BR como meio nobre da força terrestre brasileira.

Constatamos no trabalho de Souza Junior (2010, p. 76) que até o ano de 2025 é estimado que a VBCCC Leopard 1 A5 BR estará ultrapassada tendo em consideração o já dito em relação às gerações dos CC de outros países e que o carro já teria grande desvantagem no combate blindado contra tais viaturas.

De acordo com Beraldi (2006) “O canhão L7 A3 empregado pelo Leopard 1 A5 mantém boa capacidade de combate até os dias de hoje, principalmente se equipado com as munições mais atuais disponíveis no mercado”. Deve-se ter em mente que o trabalho aqui produzido tem como objetivo analisar a compatibilidade atual do canhão da VBC Leopard e das munições de possível emprego com o contexto sul-americano de defesa em que o Brasil se encontra diferenciando-se da análise de Souza Junior que compreende o carro num contexto global citando inclusive o advento dos novos carros de combate em desenvolvimento, os chamados carros de 5ª geração ou *Future Main Battle Tanks* (SOUZA JUNIOR, 2010, p. 87).

Atualmente o tema blindagem é um assunto controverso sendo tratado por muitos países com cautela, países estes que mantêm dados sobre a proteção balística de seus carros em segredo através de contratos com seus fabricantes. Sendo assim, o estudo de muitos carros atuais é realizado através de análises e estimativas, não contando muitas vezes com dados oficiais. Para este trabalho, foram utilizados dados obtidos em livros que tratam das viaturas. Ressaltamos aqui que apesar da dificuldade de precisão com relação a esses dados balísticos, os dados para carros mais antigos como os que são aqui analisados, apresentam maior fidelidade devido ao seu longo emprego em conflitos como exemplo os T-55 utilizados pelo Peru, produzidos pela União Soviética em junho de 1958 (T-55)<sup>1</sup> e empregados em conflitos como Guerra dos Seis Dias e a Guerra do Yom Kippur.

## 2.2 Referencial metodológico e procedimentos

Nossa pesquisa originou-se a partir da análise sumária de Alexandre Beraldi. Pretendendo contestá-la e verificar sua confiabilidade foi que surgiu o problema cerne do trabalho: o Canhão 105mm L7 A3 supre as necessidades de defesa do Brasil perante seus vizinhos sul-americanos em relação a poder de fogo e penetração ou ainda, o Brasil possui uma viatura blindada de combate com um canhão capaz de combater possíveis ameaças regionais?

---

<sup>1</sup> Disponível em <[http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/USSR/soviet\\_T-55.php](http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/USSR/soviet_T-55.php)>

A partir do problema proposto, seguimos duas hipóteses simples para responder a pergunta central do trabalho: A primeira como positiva ao questionamento caracterizando a viatura Leopard como capaz de atender as demandas de defesa do país em seu combate terrestre e proporcionando um carro com efeito balístico terminal satisfatório frente aos carros da América do Sul. Tal hipótese, como dito, segue a análise de Beraldi e trata de um contexto regional do país e não mundial; a segunda hipótese respondendo a pergunta de forma negativa apresentando carros com blindagens modernas ou resistentes o suficiente para resistir aos efeitos causados pelas munições de emprego do Exército Brasileiro; tal afirmativa segue o trabalho de Souza Júnior e trata do problema de um ponto de vista global.

Para alcançar os objetivos discriminados realizamos uma pesquisa documental para verificar se a penetração das munições observadas garante à VBCCC Leopard, poder de fogo para torná-la eficiente frente às viaturas da América do Sul. Analisando principalmente manuais disponíveis sobre o armamento e balística, para verificar as possibilidades e também os efeitos desejados e assim concluir acerca da adequabilidade do material.



### 3. O SISTEMA DE ARMAS DA VBCCC LEOPARD 1 A5 BR

O sistema de armas de um carro de combate é o que lhe confere a capacidade combativa e seu característico poder de fogo. Ele é composto por diversos itens além do armamento principal propriamente dito, itens como sistemas de controle de tiro, sistemas de estabilização de armas, armamentos secundários, lunetas e equipamentos ópticos. No caso da viatura Leopard 1 podemos encontrar equipamentos que lhe garantem seu status como viatura blindada de combate de 2ª geração. Para este trabalho, trataremos apenas dos componentes diretos utilizados no tiro do canhão 105mm L7 A3, de acordo com o CIBld (20--, p. 7):

Considerando-se que o carro de combate é um sistema de armas, sua performance como tal é diretamente proporcional ao seu calibre, à capacidade do seu sistema de controle de tiro e à sua capacidade de busca, aquisição e transferência de objetivos.

É importante relacionarmos o conceito geral deste capítulo com a eficiência balística terminal que é o foco do trabalho. Para que um carro de combate seja eficiente em seu tiro, primeiramente é necessário que este seja preciso, ou seja, possua alta expectativa de impacto sobre o alvo. Resumindo, se o tiro não atingir o alvo, de nada irá adiantar o emprego de qualquer munição por mais eficiente ou moderna que seja.

Selecionamos os seguintes componentes para análise do desempenho da VBCCC Leopard 1 A5 BR: Canhão, sistema de controle de tiro e sistema direcional hidráulico da torre com estabilização de arma que influenciam diretamente no tiro do carro no sentido de lhe proporcioná e aumentar a expectativa de impacto.

#### 3.1 Canhão 105 mm L7 A3

O canhão L7 foi originalmente produzido pela Royal Ordnance e ao ser equipado na linha Leopard passou a ser fabricado sob licença pela Rheinmetall Land System. (CENTRO DE INSTRUÇÃO DE BLINDADOS, 20--, p. 7).

Sua origem se deu no desenvolvimento dos carros britânicos surgindo em 1959 com o rearmamento dos *Centurions* na busca de um melhor canhão para substituir o 83.8 mm que equipava os carros da Grã-Bretanha e tendo em vista que os canhões 120 mm americanos eram grandes demais para serem utilizados nestes carros. O canhão L7 foi criado a partir do raiamento dos 83.8 mm e se tornou o principal armamento dos carros de combate durante o final dos anos 50 e início dos anos 60, sendo utilizado inclusive em carros desenvolvidos nos

anos 70 e 80. (OGORKIEWICZ, 1991, p 66) Para adequação ao Leopard o canhão L7 teve de sofrer pequenas alterações principalmente para atingir a depressão de 9°. (ANTILL, 2001)

De acordo com o Manual técnico de torre e armamento do Leopard, o tubo é composto pelo canhão propriamente dito, eliminador de alma<sup>2</sup>, culatra que tem por objetivo principal o acionamento das espoletas das munições e da cobertura de proteção do cano<sup>3</sup>. (BRASIL, 2009, p. 83)

### 3.2 Sistema de controle de tiro

Os tiros de carros de combate são influenciados por vários fenômenos e desde as primeiras viaturas, busca-se compensar estes fenômenos através da correção na pontaria do atirador. A princípio de forma mecânica compensando a visada no retículo do carro e contando com a experiência dos operadores para atingir alvos em movimento, foram desenvolvidos *lasers* que permitiam aferir a distância dos alvos e automaticamente variar a visada do carro para atingir o alvo.

Assim surgiram os atuais sistemas de controle de tiro (SCT), que analisam as diversas condições a serem consideradas como inclinação e altitude do terreno, temperatura do ar e da pólvora e velocidade do vento e comandam o reposicionamento do canhão. (CENTRO DE INSTRUÇÃO DE BLINDADOS, 20--, p. 7)

No caso do Leopard 1 A5 BR, o SCT utilizado é o EMES 18 que possui telêmetro *laser* capaz de aferir distâncias entre 200 e 9990 metros em intervalos de 10m; e de mecanismo direcional hidráulico com estabilização da torre que facilita o engajamento de alvos e da viatura parados ou em movimento. (CENTRO DE INSTRUÇÃO DE BLINDADOS, 20--, p. 7) Além desses dois componentes, o EMES 18 possui computador de tiro que determina índices de superelevação<sup>4</sup> e precessão e estabiliza as linhas de visada do periscópio do atirador.

Através da unidade de controle do computador de tiro e unidade de comando do atirador é possível ainda a inserção dos seguintes dados:

- altitude em relação ao nível do mar;
- temperatura do ar;

---

<sup>2</sup> Possui esse nome devido ao efeito visual dos gases produzidos na queima da pólvora das munições, ao saírem do tubo.

<sup>3</sup> Camisa térmica que tem por finalidade manter a alta temperatura do tubo uniforme ao longo de todo este e evitar sua deformação e consequente diminuição da expectativa de impacto e precisão.

<sup>4</sup> De acordo com Ogorkiewicz superelevação é diferença angular entre o eixo da arma e a linha de visada (2001,p. 165)

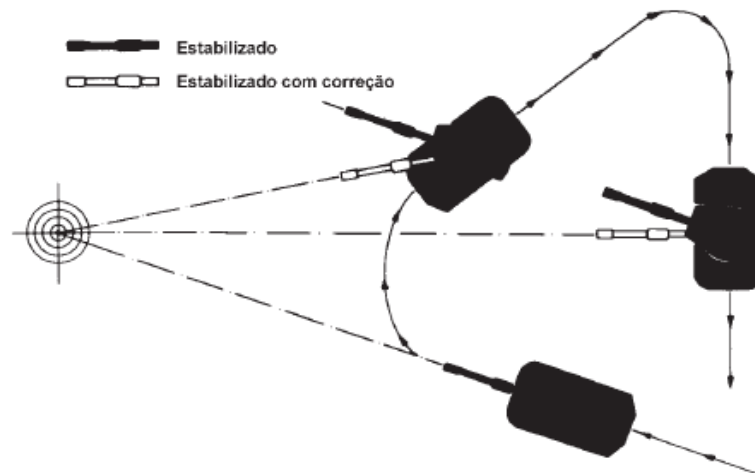
- vento lateral;
- valores de falha de munição;
- valores de colimação do EMES;

### 3.3 Sistema direcional hidráulico da torre com estabilização de arma

Este sistema garante que a arma permaneça estável e aponte para um ponto único mesmo com a viatura em movimento proporcionando o tiro com movimento tanto do carro quanto do alvo. A estabilização é proporcionada por giroscópios posicionados no casco e na torre da viatura que enviam sinais elétricos com os desvios ocorridos. (BRASIL, 2009, p. 175)

Com a estabilização de arma desligada, o canhão efetua os mesmos movimentos basculantes e giratórios do veículo durante a marcha. Com a estabilização de arma ligada, estes movimentos basculantes e giratórios são compensados de tal forma, que a posição espacial das armas não é modificada. Para poder acompanhar um alvo durante a marcha com o sistema de estabilização de arma ligado, o atirador ou o Cmt somente precisam corrigir com os punhos, o deslocamento lateral e de elevação das armas para o alvo, resultantes da constante mudança de local do carro de combate. (BRASIL, 2009, p. 178)

**Figura 1-** Correção do deslocamento lateral para o alvo



Fonte: Manual Técnico de Torre e Armamento<sup>5</sup>

Estes componentes do sistema de armas da VBCCC Leopard 1 A5 BR são os principais mecanismos empregados para aumentar a expectativa de impacto sobre o alvo e por isso foram aqui descritos, pois como já observado, para que se obtenha qualquer efeito sobre o alvo é necessário que primeiramente se haja expectativa de impacto.

A partir dos componentes do carro e análises do emprego deste, calculou-se a distância de alta expectativa de impacto da viatura de 2500m para tiro diurno e 1500m para tiro

<sup>5</sup> (BRASIL, 2009, p. 178)

noturno, tanto parado quanto em movimento. Para projéteis de energia química, entretanto, a expectativa de impacto sobre o alvo no primeiro tiro é de 1500m influenciando na seleção da munição. (CENTRO DE INSTRUÇÃO DE BLINDADOS, 20--, p. 25).

#### 4. MUNIÇÕES DE EMPREGO

A balística é dividida em balística interior, intermediária, exterior e terminal. A balística tratada neste trabalho é sua corrente terminal, analisando aspectos relacionados à perfuração produzida pelas munições de emprego do Leopard 1 A5 BR. Para tratar deste assunto é importante frisarmos e esclarecermos alguns conceitos relacionados a este tema. Um importante pesquisador desta área foi Willi Odermatt que criou uma fórmula que determina a penetração em blindagens obtida através dos dados de: blindagem a ser perfurada, comprimento total, comprimento útil, diâmetro e densidade do penetrador, velocidade e ângulo no momento do impacto e densidade e espessura da blindagem. Tal fórmula é utilizada tanto para munições com penetradores de tungstênio, aço ou urânio empobrecido e pode ser calculada através de uma calculadora disponibilizada no *site* de Odermatt “*The Long rod penetrators*”<sup>6</sup>

**Figura 2-** Equação de Odermatt

Valid for tungsten, depleted uranium (DU), steel

$$\frac{P}{L_w} = a \cdot \frac{1}{\tanh\left(b_0 + b_1 \cdot \frac{L_w}{D}\right)} \cdot \cos^m \theta \cdot \sqrt{\frac{\rho_P}{\rho_T}} \cdot e^{-\frac{s^2}{v_f^2}}$$

**Tungsten and DU penetrators:**  $s^2 = \frac{(c_0 + c_1 \cdot \text{BHNT}) \cdot \text{BHNT}}{\rho_P}$

**Steel penetrators:**  $s^2 = \frac{c_0 \cdot \text{BHNT}^k \cdot \text{BHNP}^n}{\rho_P}$

Material independent coefficients:

$$\begin{aligned} b_0 &= 0.283 \\ b_1 &= 0.0656 \\ m &= -0.224 \end{aligned}$$

Material dependent coefficients:

Material	Tungsten	DU	Steel
<i>a</i>	0.994	0.825	1.104
<i>c</i> <sub>0</sub>	134.5	90.0	9874
<i>c</i> <sub>1</sub>	-0.148	-0.0849	
<i>k</i>			0.3598
<i>n</i>			-0.2342

Fonte: Long rod penetrators- Perforation equation<sup>7</sup>

<sup>6</sup> Disponível em <<http://www.longrods.ch/>> Acesso em 12 abr 2016

<sup>7</sup> Disponível em <<http://www.longrods.ch/perfeq.php>>

Com relação aos efeitos produzidos nas blindagens, podemos pontuar três possibilidades: o projétil pode perfurar, penetrar ou ricochetear em contato com os materiais.<sup>8</sup>

É importante ressaltar a diferença entre penetração e perfuração. Enquanto perfuração se refere à completa passagem do alvo pelo projétil, na penetração não é necessário que esta ocorra. De acordo com Moss, Leeming e Farrar<sup>9</sup> o processo de penetração de materiais por um projétil analisado do ponto de vista balístico, pode ser resumido da seguinte maneira:

“[...] no momento do impacto uma onda de *stress* é iniciada tanto no alvo quanto na haste ou corpo do penetrador e um alto nível de stress é aplicado na área de impacto. O alto nível de stress gerado inicialmente irá produzir um buraco e o projétil irá penetrar a face do alvo.”.

Hoje existem diversos tipos de blindagens e cada uma pode receber tratamentos diferentes que resultam em uma capacidade maior ou menor de deter munições de variados calibres e tecnologias.

#### 4.1 Armour Piercing Fin Stabilised Discarding Sabot

As munições APFSDS ou “super flecha” surgiram da busca por maior eficiência na perfuração de blindagens a partir das antigas APDS. Com diversos estudos, notou-se um conflito na construção das munições; percebeu-se que dentro do canhão era desejável que as munições possuíssem um diâmetro maior e menor comprimento para que se tornassem mais leves, de forma a serem propulsionadas com maior eficiência e obtivessem grande velocidade inicial; por outro lado, durante a trajetória do projétil até o alvo, era esperado que este tivesse menor diâmetro e maior comprimento de maneira a que obtivessem grande aerodinâmica e melhor desempenho terminal contra o alvo<sup>10</sup>. Esta relação comprimento x diâmetro é a chamada razão de esbelteza sendo que os penetradores de munições de energia cinética como as APFSDS possuem esta razão maior do que 10<sup>11</sup>.

O efeito obtido no alvo pelas munições super flecha se dá devido à transformação da conversão da energia cinética do penetrador em energia térmica ao entrar em contato com o alvo dando início o processo de penetração supracitado. De acordo com Odermatt (2014<sup>12</sup>):

“Esta haste penetra o material do alvo apenas devido à alta energia cinética. O espaço oco entre o cano da arma e o penetrador é preenchido com um calço descartável que transfere a

---

<sup>8</sup> (Moss, Leeming & Farrar, 1995, p. 154)

<sup>9</sup> (Moss, Leeming & Farrar, 1995 p. 150)

<sup>10</sup> (Moss, Leeming & Farrar, 1995, p. 154)

<sup>11</sup> (Brasil, 2010, p. 3)

pressão dos gases propelentes para o penetrador. A alta velocidade causa uma trajetória tensa com um baixo tempo de voo e uma boa precisão.”

**Figura 3-** Corte lateral de munição APFSDS



Fonte: Long Rod Penetrators- Perforation Equation<sup>13</sup>

As munições do tipo APFSDS de possível emprego do Can 105mm L7 A3 são: APFSDS-T M246 DM 63 e APFSDS-T DM 33<sup>14</sup>.

A versão APFSDS-T M426 DM 63 de origem israelense da *Israel Military Industries Ltd*, possui o projétil de terceira geração, feito de liga de tungstênio, metal que possui grande densidade e por isso garante maior penetração contra blindagens modernas. A penetração obtida por esse modelo varia, porém é estimada em cerca de 450mm RHAe a 2000m.

**Tabela 1-** Dados técnicos da APFSDS-T DM63

Peso do cartucho	19,2kg
Comprimento	990mm
Peso líquido do explosivo	6kg
Peso do projétil	6,6kg
Comprimento do projétil	620mm
Penetrador	Liga de tungstênio de alta resistência
Calço descartável ( <i>sabot</i> )	Alumínio
Aleta	Alumínio
Estopilha	Elétrica
Velocidade inicial	1433 m/s

Fonte: (CENTRO DE INSTRUÇÃO DE BLINDADOS, 20--, p. 27)

Já o cartucho APFSDS-T DM 33, de origem alemã da empresa Diehl BGT Defence GMBH & CO, é similar ao anterior com algumas diferenças em relação a dimensões proporcionando uma penetração um pouco menor, de 380mm a 2000m. (COLLINS, 2013).

<sup>12</sup>Odermatt, Willi. The Round. Long rod penetrators– Perforation equation. Suíça, 2014. Disponível em : <<http://www.longrods.ch/start.php>> Acesso em 9 abr 2016

<sup>13</sup> Disponível em: <http://www.longrods.ch/round.php>

<sup>14</sup> (CIBld, 20--, p 26-27)

**Tabela 2-** Dados técnicos da APFSDS-T DM 33

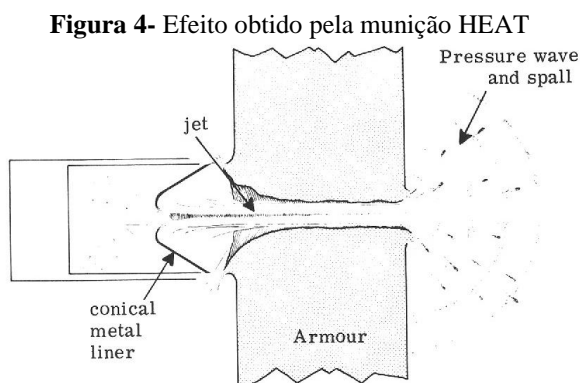
Peso do cartucho	18,5kg
Peso líquido do explosivo	5,442kg
Peso do projétil	6,3kg
Penetrador	Liga de tungstênio
Calço descartável ( <i>sabot</i> )	Alumínio
Aleta	Alumínio
Estopilha	Elétrica
Velocidade inicial	1450 m/s

Fonte: (CENTRO DE INSTRUÇÃO DE BLINDADOS, 20--, p. 26)

## 4.2 High Explosive Anti Tank

As munições tipo *High Explosive Anti Tank* (HEAT) são importantes para o engajamento de carros de combate, pois existem alvos em que a utilização de uma munição flecha não produziria efeitos satisfatórios por se tratarem de blindagens que não oferecem muita resistência. Podemos exemplificar este fenômeno de maneira simples: suponha que uma munição calibre 9mm seja disparada numa folha de papel, o efeito produzido seria apenas um pequeno buraco. Assim acontece quando uma munição APFSDS atinge alvos com blindagens muito leves para seu emprego, elas são perfuradas e atravessam os carros não produzindo maiores efeitos balísticos.

Estas munições se tornam importantes principalmente no contexto sul-americano de defesa que contém carros de combate mais antigos e com blindagens leves. Além disso, as munições HEAT são conhecidas como munições “multipropósito” justamente pelos efeitos balísticos terminais obtidos já que seu corpo de aço garante efeito de estilhaço, podendo ser empregado contra alvos não blindados ou tropa a pé e utiliza-se do efeito Munroe, para causar danos a alvos blindados.



Fonte: Military Ballistics<sup>15</sup>

<sup>15</sup> (MOSS; LEEMING; FARRAR, 1995, p. 159)



A munição do tipo HEAT empregada pelo Exército Brasileiro é a HEAT-T M456 de fabricação americana pela Picatinny Arsenal e israelense pela Israel Military Industries Ltd. (CENTRO DE INSTRUÇÃO DE BLINDADOS, 20--, p. 28). Ela consegue perfurar até 350mm de material RHAe a qualquer distância pois seu efeito terminal depende apenas de sua carga explosiva e não da energia cinética obtida pelo projétil.

É importante frisar que de acordo com a nota de aula de técnica de tiro da VBCCC Leopard 1 A5 BR, esta munição não seria utilizada contra carros de combate, porém ao analisar sua capacidade de penetração e os efeitos obtidos sobre o alvo verificou-se a possibilidade de emprego da mesma contra os carros analisados neste trabalho, tendo em vista que sua utilização seria muito efetiva.

**Tabela 3-** Dados técnicos da HEAT-T M456

Peso do cartucho	21,7kg
Comprimento	991mm
Corpo do projétil	Aço
Velocidade inicial	1173m/s
Alcance máximo	8200m

Fonte: (CENTRO DE INSTRUÇÃO DE BLINDADOS, 20--, p. 28)

## 5. PRINCIPAIS CARROS DE COMBATE DA AMÉRICA DO SUL

### 5.1 VBC TAM

A viatura blindada de combate *Tanque Mediano Argentino* (TAM) é uma viatura argentina produzida na década de 80 e se tornou o único blindado produzido por um país sul-americano durante a Guerra Fria. Inspirado no modelo Leopard 1, o TAM foi uma alternativa positiva para a necessidade do governo argentino em equipar sua força terrestre após analisar a compra de viaturas Leopard 1 da Alemanha e AMX-30 da França.

O TAM procurava atender as demandas do Ministro da Defesa argentino que buscava um carro médio leve, rápido e com baixa detectabilidade. Para atingir tais objetivos, o exército argentino fechou uma parceria com a Alemanha, utilizando a viatura de combate de infantaria Marder IFV.

Houve duas propostas de modernização para as viaturas TAM, uma em 1978 que equipou alguns poucos carros não alterando-o muito; a segunda proposta de modernização foi feita em 2010 pela *Elbit Systems* e aumentaria consideravelmente o poder de combate do carro adicionando periscópio panorâmico, câmera termal, sistema de gerenciamento do campo de batalha, entre outros. Esta versão do carro se chamaria TAM 2C. Seu protótipo foi entregue em 2013, porém, desde então o governo argentino não se manifestou em relação à compra. (TAM -Tanque Argentino Mediano, 2015)<sup>16</sup>

Foram produzidas diversas versões do TAM, como de transporte de pessoal, de artilharia, posto de comando, transporte de morteiro, e o principal, o carro de combate que devido a seu embasamento no Marder IFV e aos objetivos argentinos, recebeu uma proteção blindada feita de aço e pequena comparada com os outros carros da mesma categoria. Comparando os dados da blindagem com nossas munições, é possível verificar que tanto com o cartucho HEAT-M456 quanto os APFSDS-T DM 63 e APFSDS-T DM 33, nosso carro seria bem efetivo em seu engajamento contra o TAM, obtendo perfuração em qualquer parte do carro.

**Tabela 4-** Blindagem do TAM

Torre	Frontal	12 mm a 32°
	Lateral	22 mm a 32°
	Retaguarda	7 mm a 32°
Chassi	Frontal	50 mm a 75°
	Lateral	35 mm a 32°

<sup>16</sup> Disponível em <[http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/Argentina/Tanque\\_Argentino\\_Mediano.php](http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/Argentina/Tanque_Argentino_Mediano.php)>

---

Retaguada 35 mm a 32°

---

Fonte: (RIVERA, 2008)

**Tabela 5-** Dados técnicos da VBC TAM

Dimensões (comp-larg-alt)	6.75 x 3.25 x 2.42 m
Peso em ordem de marcha	30.5 tons
Tripulação	4 (Comandante, atirador, auxiliar e motorista)
Motor	MTU-MB 833 Ka-500 6-cyl diesel 720 hp (540 kW)
Velocidade máxima	120 km/h e 75 km/h (através campo)
Suspensão	Barra de torção
Autonomia	590 km a 800 km
Armamento	Pcp: 105 mm (4.13 in) FM K.4 Modelo 1L Sec: 2 x 7.62 mm NATO FN MAG GMPG (0.3 in) coax/AA
Produção	280

Fonte: TAM (Tanque Argentino Mediano). Tanks Encyclopedia.<sup>17</sup>

**Figura 5-** VBC TAM



Fonte: TAM (Tanque Argentino Mediano). Tanks Encyclopedia

<sup>17</sup> Disponível em <[http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/Argentina/Tanque\\_Argentino\\_Mediano.php](http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/Argentina/Tanque_Argentino_Mediano.php)>. Acesso em 17 fev 2016

## 5.2 Leopard 2 A4 CHL

Este carro foi produzido para contrapor-se aos carros russos como T-72 e T-80 utilizando-se de blindagem supostamente capaz de deter tiros de munição 125mm. Entretanto, após testes com o canhão da última versão do T-80, técnicos alemães constataram que a blindagem composta apresentada pelo carro não seria capaz de apresentar o desempenho esperado e criaram então a versão A5 do blindado que corrigiria este problema. Com isso, muitas viaturas foram disponibilizadas para compra por outros países sob condições especiais. (LEOPARD 2 A4)<sup>18</sup>

Em 2007 o Chile adquiriu 200 unidades desta viatura e lhes deu a nomenclatura CHL após a adaptação de filtros para combate no deserto, novo sistema de comunicações e modificações no motor para manter a potência mesmo a 4500m de altitude. (CADAVID, 2012, p. 15)

**Tabela 6-** Dados técnicos Leopard 2 A4 CHL

Dimensões (comp-larg-alt)	6,24 x 2,98 x 2,9 m
Peso em ordem de marcha	55,1 ton
Tripulação	4 (Comandante, atirador, auxiliar e motorista)
Motor	MTU MB-837 V8 diesel 2.9L 1800 hp (368 kW)
Velocidade máxima	70 km/h
Suspensão	Barras de torção independentes
Autonomia	385 km
Armamento	Pcp : Rheinmetall xxx L/44 120 mm Sec: 2 x 7.62mm metralhadoras MG3
Produção	3850 desde 1978

Fonte: Leopard 2. Tanks Encyclopedia<sup>19</sup>

A blindagem do carro é do tipo composta Chobham sendo assim, oferece resistências diferentes nas diferentes partes do carro. Comparando os dados de penetração de nossas munições com a resistência oferecida pelo Leopard 2 A4 CHL, podemos observar a possibilidade de utilização da munição HEAT-T M456 na parte lateral da torre apenas, e a

<sup>18</sup> LEOPARD 2 A4. **Área militar**. Disponível em <<http://www.reamilitar.net/directorio/ter.aspx?NN=63&P=23>> Acesso em: 20 fev 2016

<sup>19</sup> Disponível em <[http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/West\\_Germany/Leopard-2.php](http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/West_Germany/Leopard-2.php)> Acesso em: 20 fev 2016

utilização dos cartuchos APFSDS-T DM63 e APFSDS-T DM 33 contra as partes laterais do chassi e da torre.

**Tabela 7-** Blindagem do Leopard 2 A4 CHL

Torre	Frontal contra energia cinética	570 mm
	Frontal contra energia química	910 mm
	Lateral contra energia cinética	130 a 260 mm
	Lateral contra energia química	215 a 310 mm
Chassi	Frontal contra energia cinética	640 mm
	Frontal contra energia química	700 mm
	Lateral contra energia cinética	150 a 250 mm
	Lateral contra energia química	360 a 380 mm

Fonte: (JAROSLAW<sup>20</sup>)

**Figura 6-** Leopard 2 A4 CHL



Fonte: Leopard 2 A4 CHL<sup>21</sup>

### 5.3 T-72 B1

O T-72 é um blindado comum em todo o mundo, entrou em produção em 1972 e atraiu diversos países, incluindo a Venezuela, devido à sua facilidade de operação e manutenção e compatibilidade com modelos russos anteriores como o T-55.

Sendo soviética, a viatura foi produzida de acordo com a doutrina russa, que considerava a baixa sobrevivência das tripulações de carros de combate e produzia-os sem se

<sup>20</sup> Disponível em <<http://www.bvtv.narod.ru/raznoe/leopard2/Leo2a4.htm>>

<sup>21</sup> Disponível em <<http://www.moddb.com/groups/tanks/images/leopard-2a4chl>> Acesso em: 20 fev 2016

preocupar com o conforto da tripulação ou com a instalação de equipamentos de alta tecnologia, priorizando a utilização de materiais rústicos que barateassem a produção dos carros e facilitassem a manutenção e otimização. (T-72, 2014)

A blindagem deste carro foi feita originalmente espaçada de aço e outros materiais cerâmicos e oferecia proteção de 380 mm, porém após modernizado para a versão B, recebeu o kit de blindagem *Kontakt 5 ERA* (T-72, 2014)<sup>22</sup>. Este kit aumentou consideravelmente a proteção blindada do carro, tornando todas as munições analisadas, efetivas apenas através do engajamento pela retaguarda do carro, como observado na tabela 8.

**Tabela 8-** Blindagem do T-72 com kit *Kontakt 5*

Torre	Frontal contra energia química	950 mm
	Frontal contra energia química	520 mm
Chassi	Frontal contra energia química	900 mm
	Frontal contra energia cinética	530 mm

Fonte: (UNITED STATES ARMY, 2001)

**Tabela 9-** Dados técnicos T-72

Dimensões (comp-larg-alt)	6.95 x 3.59 x 2.23 m
Peso em ordem de marcha	55,1 ton
Tripulação	4 (Comandante, atirador, auxiliar e motorista)
Motor	V-12 diesel 780 hp (582 kw) 18.8 hp/t
Velocidade máxima	42 km/h (26 mph)
Suspensão	Barras de torção e amortecedores
Autonomia	490 a 700 km
Armamento	Pcp: 2A46M 125 mm estabilizado MG Sec: Metralhadora 12.7 mm NSVT AA, PKT 7.62 mm coaxial
Produção	Aproximadamente 25000

Fonte: T-72. Tanks Encyclopedia<sup>23</sup>

<sup>22</sup> Disponível em < [http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/USSR/soviet\\_T-72.php](http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/USSR/soviet_T-72.php)> Acesso em : 20 fev 2016

<sup>23</sup> Disponível em < [http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/USSR/soviet\\_T-72.php](http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/USSR/soviet_T-72.php)> Acesso em : 20 fev 2016



**Figura 7-** T-72 em desfile na Venezuela



Fonte: El Tanque T-72<sup>24</sup>

#### 5.4 T-55 A

O Peru, após demonstrar intenções de compra do modelo T-72 e também da modernização de seus T-55 A para o Tifón 2, cancelou ambos os projetos (CADAVID, 2012, p. 17,19) e portanto continuou tendo suas forças armadas mobiliadas com este carro soviético produzido à partir de 1958 como resultado das diversas modificações feitas a seu antecessor, o T-54.

Testado em diversos combates durante a Guerra Fria, este carro provou-se inferior aos modelos ocidentais, tendo como características a mesma simplicidade e desconforto da guarnição como seu sucessor, o supracitado T-72, mas se destacou pela quantidade de unidades produzidas tanto para uso da própria União Soviética quanto para exportação como no caso do Peru. (T-55, 2014)

O T-55, como já mencionado, foi construído à partir de uma derivação do T-54 recebendo apenas pequenas modificações no armamento, motor e blindagem. (T-55 Carro de combate médio- Soviet State Factories)<sup>25</sup>. Prezando por velocidade em detrimento de blindagem o T-55 não oferece grande resistência para nossas munições de emprego tanto HEAT quanto APFSDS e pode ser perfurado em qualquer parte engajada.

<sup>24</sup>Disponível em <<http://www.venezueladefensa.com/2009/11/el-tanque-t-72.html>> Acesso em: 20 fev 2016

<sup>25</sup> Disponível em <[http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/USSR/soviet\\_T-55.php](http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/USSR/soviet_T-55.php)> Acesso em: 22 fev 2016

**Tabela 10-** Blindagem T-55

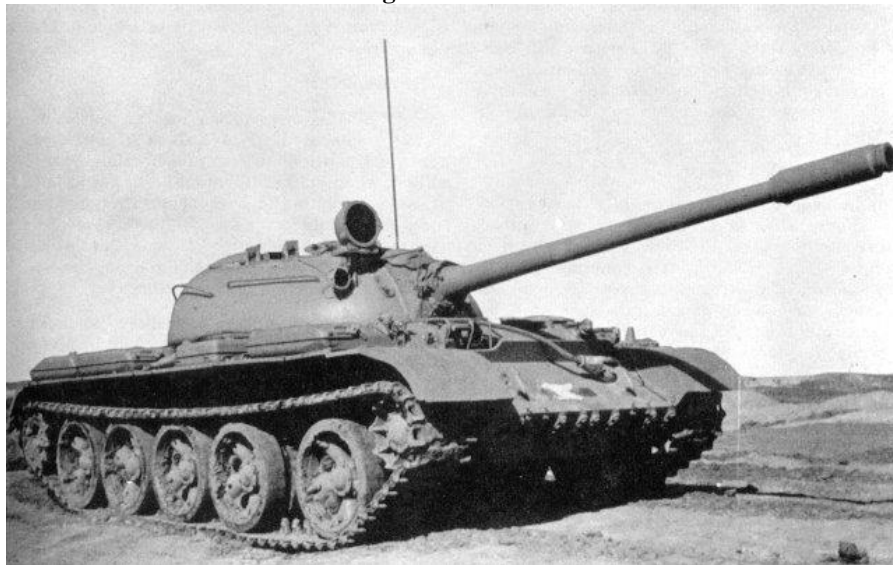
Torre	Frontal	205 mm
	Lateral	120 mm
	Retaguarda	60 mm
Chassi	Frontal	100 mm
	Lateral	80 mm
	Retaguarda	50 mm

Fonte: (ZALOGA, 2004, p. 31)

**Tabela 11-** Dados técnicos do T-55

Dimensões (comp-larg-alt)	6.27 x 3.15 x 2.40
Peso em ordem de marcha	36 ton
Tripulação	4 (Comandante, atirador, auxiliar e motorista)
Motor	V-55 12-cyl diesel, 581 hp (433 kW)
Velocidade máxima	55 km/h
Suspensão	Barras de torção com braço hidráulico
Autonomia	501 a 600 km
Armamento	Pcp: 1 x 100 mm D-10T2G ou D-10T2 raiado Sec: 1 x 12.7 mm DSHK AA Sec: 1-2x 7.62 mm Metralhadoras PKT & SGMT
Produção	Aproximadamente 27500

Fonte: T-55. Tanks Encyclopedia<sup>26</sup>

**Figura 8-** T-55 de lote inicial

Fonte: T-55. Tanks Encyclopedia

<sup>26</sup> Disponível em <[http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/USSR/soviet\\_T-55.php](http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/USSR/soviet_T-55.php)> Acesso em: 22 fev 2016



## 5.5 Tiran 67

Após a Guerra dos Seis Dias, Israel se deparava com o problema da escassez de carros de combate, mas em contrapartida, havia capturado diversas viaturas T 54 e T 55 de Egito e Síria, principalmente. Aproveitaram-se então destes carros para realizar algumas modificações e adaptá-los à sua força terrestre. De acordo com o site Área Militar:

Israel colocou em serviço dois veículos:

- O Tiran 4 / Ti-67 (basicamente idêntico ao T-55 soviético, mas com ligeiras modificações na torre e com a colocação de uma plataforma na parte traseira da torre, onde se instalaram caixas para transporte de peças, mantimentos ou víveres, tentando assim ultrapassar o problema do acanhado interior do veículo.

- O Tiran-5 / Ti-67S, que às modificações anteriores, juntava uma torre armada com o canhão de 105 mm de origem britânica L7, que também equipava os tanques Centurion e M-48 do exército de Israel.

Neste caso foi também modificado o motor, sendo o motor original substituído por um motor a Diesel Detroit.

Como observado, não foram realizadas modificações relevantes quanto à blindagem do carro e, portanto os dados considerados para análise da viatura serão os mesmos do carro T-55 A dispostos nas tabelas 9 e 10, e conclui-se que nossa capacidade de perfuração seja a mesma, obtendo grande eficiência em qualquer parte engajada.

**Figura 9-** Tiran 67 em Israel



Fonte: World of tanks. 15 out 2012.<sup>27</sup>

<sup>27</sup> Disponível em: <http://forum.worldoftanks.com/index.php?/topic/170404-israeli-tank-tree-equipment-discussion/> Acesso em 22 fev 2016

## 6. CONCLUSÃO

Após feita a análise de todos os elementos relacionados no trabalho, pudemos verificar que o contexto em que a VBCCC Leopard 1 A5 BR se encontra na América do Sul lhe é favorável com algumas ressalvas.

No início do trabalho acreditava-se que o maior adversário de nosso carro seria a VBC Leopard 2 A4 do Chile por se tratar do carro mais moderno no subcontinente se tratando inclusive de uma versão mais atualizada do próprio Leopard possuído pelo Brasil. Porém, após comparação de dados, tal suposição não se confirmou, pudemos verificar que a viatura T-72 da Venezuela se apresentou como a viatura com melhor desempenho contra as munições de emprego pela VBC Leopard. Isto se deve devido ao kit de blindagem *Kontakt 5* que aumentou consideravelmente o poder blindado do carro, tornando-o vulnerável ao nosso carro apenas a engajamentos pela retaguarda com ambas as munições.

A VBC Leopard 2 A4 CHL, segundo melhor desempenho na análise, apesar de possuir a blindagem original mais moderna, quando comparada com o poder de penetração das munições APFSDS-T DM 63, APFSDS-T DM 33 e HEAT-T M456, mostrou-se vulnerável quando engajada pelas laterais.

Quanto aos outros carros; TAM, T-55 e Tiran 67, nenhum ofereceu grande resistência à penetração das munições sendo possível a utilização inclusive de munições HEAT-T M456 que possuem poder de penetração relativamente menor em relação à APFSDS-T DM63 e à APFSDS-T DM 33 com a mesma distância de engajamento, 100 mm de diferença da primeira e 70mm da outra a uma distância de 2000m do alvo. Isso representa uma possível economia de meios em relação à doutrina de seleção de munição do CIBld que determina a utilização de munição APFSDS para todo carro de combate a ser engajado.<sup>28</sup>

A partir dos dados observados pudemos estruturar a seguinte tabela comparativa da eficiência balística terminal contra os carros analisados:

**Tabela 12- Tabela comparativa blindados vs munições**

	TAM			Leopard 2 A4 CHL			T-72		
	F	L	R	F	L	R	F	L	R
APFSDS-T DM 63	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM
APFSDS-T DM 33	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM
HEAT-T M456	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM
	Ti-67			T-55					

<sup>28</sup> De acordo com nota de aula de Técnica de tiro.

	F	L	R	F	L	R			
APFSDS-T DM63	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM			
APFSDS-T DM 33	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM			
HEAT-T M456	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM			

Fonte: o autor

Para a tabela definimos F para a parte frontal do blindado, L para a parte lateral e R para a retaguarda do blindado. SIM representa a capacidade da munição apresentada de penetrar a porção em questão do blindado e NÃO significa que não é possível penetrar a blindagem.

Através destes dados pudemos verificar que as três munições empregadas pela VBCCC Leopard 1 A5 BR analisadas garantem possibilidade de penetração em 39 das 45 situações especificadas garantindo 80% de efetividade total em perfuração contra os principais carros de combate da América do Sul. Estes números apesar de bons para um contexto de defesa, não reflete a condição do Brasil como hegemonia militar em seu subcontinente, ou seja, há ocasiões em que nosso carro não será totalmente efetivo no primeiro tiro. Mesmo com as ressalvas feitas, nossa primeira hipótese foi confirmada caracterizando a VBC Leopard como adequada às demandas de defesa brasileira no tocante ao seu poder de fogo ao avaliar o poder de fogo com seu sistema de armas.

Foi possível verificar também que apesar de possuir importância crucial para a eficiência balística terminal contra carros de combate, o sistema de armas do carro em especial o canhão, serve apenas de meio de emprego das munições. A real eficiência do carro contra as blindagens é proporcionada pelos cartuchos devendo estes, serem compatíveis com o canhão da viatura. Sendo assim, caso o Brasil sinta a necessidade de aperfeiçoar sua capacidade combativa, poderia trocar o canhão do carro que atualmente representa um empecilho para a utilização de munições mais modernas e com maiores capacidades de perfuração como as munições 120mm empregadas por canhões de alma lisa. Uma possível alternativa seria a modernização de nossos carros com a instalação de canhões L44 120mm da Rheinmetal, (mesma empresa produtora do L7 A3) armamento este já compatível com nossos Leopard 1 A5 BR.

## REFERÊNCIAS

ANNES, Daniel Bernardi. **Leopard 1 A5 vs Leopard 2 A4 – Análise comparativa**. Ação de Choque, Santa Maria, 2010, n. 9, p. 9.

ARRUDA, Susana M. de; ALVES, Maria Bernardete Martins. Como fazer referências: bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documentos. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, fev 2007. Disponível em < <http://www.bu.ufsc.br/home982.PDF>>  
Acesso em 2 mai 2016

BERALDI, Alexandre. Carros de Combate Leopard I no Exército Brasileiro. **Sistemas de armas**, 2006. Disponível em <http://sistemasdearmas.com.br/ter/leopard1beraldi.html> Acesso em 1 set 2015

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. 8 ed. São Paulo: Saraiva, 2009

\_\_\_\_\_, Exército Brasileiro. Manual Técnico 1015-05/12 BRA Parte 1 Descrição Parte 2 Operação e conservação Torre e Armamento. Volume I. 2009

\_\_\_\_\_. Boletim técnico nº03/2010. Divulga no âmbito do Exército Brasileiro informações sobre as munições empregadas pela VBCCC Leopard 1 A5 BR, bem como segurança por ocasião do tiro utilizando munições APFSDS ou TPDS e desgaste do tubo. **Diretoria de Material**, Comando Logístico, Brasília, DF, jun. 2010

\_\_\_\_\_. **Técnica de tiro VBC CC Leopard 1 A5 BR**. Santa Maria: 20---. (apostila)

CADAVID, Erich Saumeth. **Tanques principales de batalla em Suramerica - MBT para Colombia.** IDS, 2012.

COLLINS, Jake. **Tank Protection Levels.** 04 fev 2013. Disponível em <<http://collinsj.tripod.com/protect.htm>>. Acesso em 14 jun 2016

JAROSLAW. **Leopard 2 A0-A4 armor protection estimation.** Disponível em: <<http://www.bvtv.narod.ru/raznoe/leopard2/Leo2a4.htm>> Acesso em: 14 jun 2016

LABER, Thomas. **Leopard 1 and 2- The spearheads of the west german armored forces.** Hong Kong: Concord Publicatons CO, 1990

LEOPARD 2 A4. **Área militar.** Disponível em <<http://www.areamilitar.net/directorio/ter.aspx?NN=63&P=23> > Acesso em: 20 fev 2016

LEOPARD 2. **Tanks Encyclopedia.** 31 mai 2015. Disponível em <[http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/West\\_Germany/Leopard-2.php](http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/West_Germany/Leopard-2.php)> Acesso em: 20 fev 2016

MOSS, G M; LEEMING, D W; FARRAR, C L; **Military Ballistics.** London: Brassey's Ltd, 1995

ODERMATT, Willi. **The Round. Long rod penetrators – Perforation equation.** Suíça, 2014. Disponível em : <<http://www.longrods.ch/start.php>> Acesso em 9 abr 2016

RIVERA, Marcelo Javier. **El Tanque Argentino Mediano-TAM**. Juiz de Fora: Dintel GID, 2008

SOUZA JUNIOR, Jorge Francisco de. **As forças blindadas do Exército Brasileiro- Atualização, modificação e modernização: uma proposta**. 2010. 155p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Ciências Militares)- Universidade Federal de Juiz de Fora, Rio de Janeiro- RJ, 2010.

TAM (Tanque Argentino Mediano). **Tanks Encyclopedia**. 20 mai 2015. Disponível em <[http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/Argentina/Tanque\\_Argentino\\_Mediano.php](http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/Argentina/Tanque_Argentino_Mediano.php)>. Acesso em 17 fev 2016

TI-67 S- Tiran 5. **Área militar**. Disponível em <<http://www.areamilitar.net/DIRECTORIO/TER.aspx?nn=264>> Acesso em: 22 fev 2016

T-55 Carro de combate médio(Soviet State Factories). **Área militar**. Disponível em: <<http://www.areamilitar.net/DIRECTORIO/TER.aspx?nn=48>>. Acesso em 02 fev. 2016

T-55. **Tanks Encyclopedia**. 22 nov 2014. Disponível em <[http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/USSR/soviet\\_T-55.php](http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/USSR/soviet_T-55.php)> Acesso em: 22 fev 2016

T-72. **Tanks Encyclopedia**. 23 nov 2014. Disponível em < [http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/USSR/soviet\\_T-72.php](http://www.tanks-encyclopedia.com/coldwar/USSR/soviet_T-72.php)> Acesso em : 20 fev 2016

UNITED STATES ARMY. **OPFOR- Worldwide equipment guide**. Holdridge: 2001

ZALOGA, Steven J. **T-54 and T-55 Main Battle Tanks 1944-2004**. Oxford: Osprey Publishing Ltd, 2004