

A influência do fenômeno óptico da refração sobre a expectativa de impacto no primeiro disparo

Augusto Cezar Mattos Gonçalves de Abreu Pimentel*

Introdução

O presente artigo versa sobre a técnica de tiro e procedimentos de combate empregados pelas guarnições blindadas em caso de ocorrência de refração na linha de visada. Visa apresentar sua complexidade e relevância para o processo de engajamento, destacando os procedimentos adotados para minimizar sua influência negativa na expectativa de impacto, assim como a importância deste tópico em discussões no cenário mundial.

A constante ocorrência de casos de fratricídio no campo de batalha e suas consequências para o moral da tropa bem como a constante evolução dos armamentos e os efeitos das munições, em adição aos danos causados a estruturas civis, fazem com que a temática relativa aos fatores que influenciam a expectativa de impacto nos engajamentos das viaturas blindadas de combate (VBC) mereça um destaque especial no combate moderno.

O estudo aprofundado do sistema de controle de tiro da VBC carro de combate (CC) Leopard1 A5 BR e do emprego adequado das técnicas de tiro adotadas por suas

guarnições (Gu) visa fazer com que esses militares possam identificar, avaliar e atuar, em momento oportuno, sobre os principais fatores que influenciam a expectativa de impacto, aumentando a probabilidade de acerto, já no primeiro disparo. Dessa forma, a compreensão desses fatores torna-se condição *sine qua non* na otimização do emprego da plataforma de combate e, conseqüentemente, na redução a danos colaterais desnecessários.

Desta forma, por ser um dos fatores de influência no tiro, é de fundamental importância que o instrutor avançado de tiro (IAT) tenha conhecimento dos efeitos negativos que a refração na linha de visada gera à expectativa de impacto, assim como, os procedimentos que podem ser adotados para minimizar seus efeitos.

Desenvolvimento

Um problema de técnica de tiro

Apesar da importância do assunto em tela, verifica-se uma grande dificuldade em encontrar documentos oficiais de procedência confiável e de produção nacional que abordem a temática com a ênfase necessária para seu emprego em operações militares.

* Cap Cav (AMAN/08, EsAO/17), realizou o Curso Avançado de Tiro da VBCCC Leopard 1 A5 BR, do CI Bld. Atualmente, é oficial de Logística do 12º Esqd C Mec.

Diante desse cenário, ao consultar o referencial teórico disponível sobre o assunto, deparamos com algumas lacunas no conhecimento. A *Lista de Procedimentos do IAT VBCCC Leopard 1 A5 BR* (BRASIL, 2014), empregada pelo Centro de instruções de Blindados (CI Bld), destaca a ocorrência de refração como um dos fatores variáveis que podem influenciar a expectativa de impacto dos engajamentos. O referencial supracitado não enfatiza o comportamento técnico ou tático esperado diante deste fenômeno, tampouco, quais seriam as possíveis medidas a serem adotadas pelas Gu VBC para minimizar seus efeitos sobre a expectativa de impacto. A *Nota de Aula de Técnica de Tiro da VBCCC Leopard 1 A5 BR*, do CI Bld (BRASIL, 2011), versando sobre a teoria e técnica de tiro, não faz menção ao fenômeno da refração em nenhum de seus capítulos.

Visando encontrar referencial teórico de credibilidade comprovada que pudesse subsidiar a confecção do presente estudo, manuais estrangeiros precisaram ser consultados. Os manuais de campanha *FM 3-20.21 Heavy Brigade Combat Team – Gunnery* (US Army, 2009), versando sobre o tiro da brigada blindada, assim como, o *FM 3-20.12 Tank Abrams* (US Army, 2001), versando sobre o emprego do CC Abrams, ambos do Exército Norte-Americano, abordam, entre outras particularidades, aspectos técnicos, táticos e procedimentos de combate (TTP) empregados pelas tropas blindadas durante as diversas fases de engajamento, visando aumentar a eficiência e eficácia do tiro e diminuir a probabilidade de erro de impacto durante o combate pelo fogo.

Neste contexto, destacam-se os fatores que influenciam a expectativa de impacto no primeiro disparo, entre os quais é dada especial

atenção à incidência de refração na linha de visada. Alguns artigos da revista *Armor* (1993) versando sobre a precisão no disparo e expectativa de impacto também forneceram subsídios ao estudo do tema em questão, além de instruções ministradas na *International Master Gunnery Conference* (IMGC) pelo Exército Chileno, nas quais o fenômeno e suas consequências negativas para o processo de engajamento são apresentados (BRASIL, 2010).

Ao realizar a busca e detecção de alvos, durante o monitoramento de determinadas faixas do terreno, em dias quentes e, principalmente, a grandes distâncias, verifica-se frequentemente, a ocorrência de distorções da imagem quando do emprego de equipamentos ópticos das VBC. Nessas situações, ocorre uma acentuada dificuldade na aferição da distância mediante o emprego da técnica prevista na literatura nacional disponível, pelo fato de as distorções da imagem ocasionarem grande incidência de ecos múltiplos na recepção da telemetria *laser*.

Tais evidências foram constatadas por diversos militares especialistas na plataforma Leopard 1 A5 BR durante seu emprego em instruções ministradas nos cursos ou estágios do CI Bld bem como em exercícios de adestramento e tiro real nos Regimentos de Carros de Combate (RCC).

Desta forma, sob pena de ocasionar falta de confiança no material de emprego militar ou em determinado procedimento previsto em manual, é lícito problematizarmos se a técnica de tiro atualmente empregada necessita sofrer delimitações visando atender a engajamentos realizados em ambientes operacionais sob determinadas condições específicas, como por exemplo, sob a influência da refração.

A refração na linha de visada

Ao consultarmos o referencial teórico disponível, deparamos com uma falta de padronização na descrição deste fenômeno. Um equívoco bastante comum é assemelhar a refração com outro fenômeno físico, a reverberação. A refração é um fenômeno óptico, causado pela incidência de raios de luz, ondas de calor e sinais sonoros. Por sua vez, a reverberação é um fenômeno sonoro, caracterizado pela propagação do som em efeito de eco. Dessa forma, considera-se a denominação de refração na linha de visada como sendo a mais adequada para designar o fenômeno em estudo. Salienta-se ainda que os suportes doutrinários dos exércitos Norte-Americano e Chileno consultados também utilizam o termo refração ao dissertarem sobre o fenômeno em questão.

Assim, o fenômeno óptico da refração pode ser definido como o desvio sofrido por raios de luz ao passarem de um determinado ambiente para outro. Nos teatros de operações, este fenômeno é particularmente comum em dias quentes e sem vento, em vir-

tude da constante troca de calor entre o ar e o solo, fazendo com que a temperatura do ar próximo à superfície do solo não seja constante. Dessa forma, essa contínua troca de calor irá causar distorções na imagem obtida, criando uma aparente ilusão de movimentação do alvo.

Esta distorção denomina-se refração na linha de visada, sendo este fenômeno um dos fatores variáveis que influenciam a expectativa de impacto, provocando erros de impacto constantes durante uma mesma série de tiro.

Em virtude da ocorrência deste fenômeno nos campos de batalha e sua influência negativa no combate pelo fogo, alguns países têm realizado testes e estudos buscando identificar suas principais características, influências sobre o disparo, bem como estabelecer procedimentos a serem adotados pelas guarnições blindadas na tentativa de minimizar seus efeitos sobre a expectativa de impacto.

Por meio de testes em campos de prova e constante emprego em operações militares, algumas considerações relativas às características e efeitos deste fenômeno sobre os meios de aquisições de alvos das VBC podem ser encontradas em manuais técnicos do Exército Norte-Americano. Desses referenciais teóricos, foram extraídas as principais características desse fenômeno com suas influências sobre as operações militares.

Com base nesses suportes doutrinários, verifica-se que terrenos planos proporcionam maior probabilidade de ocorrência de refração.



Figura 1 – À esquerda, representação de um terreno sem efeitos da refração; à direita, representação do mesmo terreno sofrendo os efeitos da refração na linha de visada

Fonte: acervo do autor

Além disso, quanto maior for a distância do alvo visado, maiores serão as distorções da imagem provocadas pelo fenômeno, comprometendo, sensivelmente, os engajamentos realizados a distâncias superiores a 1.500 metros.

Ressalta-se também que as condições atmosféricas (luminosidade, temperatura do ar e vento) têm grande influência sobre os efeitos da refração. Assim, em dias quentes, de céu claro, com ventos inferiores a 4,5m/s e em noites quentes, de céu claro, com ventos inferiores a 1,8m/s teremos maior probabilidade de ocorrência de refração.

Expectativa de impacto

Neste íterim, ao observarmos a **Figura 2**, podemos problematizar o que aconteceria com a imagem de um alvo que estivesse posicionado na região apontada.

Durante o dia, a refração na linha de visada faz com que o alvo pareça estar mais abaixo de onde realmente está localizado. Assim, ao realizar a pontaria no centro de massa da imagem visualizada, o atirador estará realizando a pontaria mais abaixo do centro de massa real do alvo. Com isso, o resultado do disparo pode ser um tiro curto. Duran-



Figura 2 – Realização do Curso de Master Gunnery da VBC CC Leopard 2 A4 no deserto do Atacama, no Chile
Fonte: acervo do autor

te a noite, os efeitos são exatamente opostos, ou seja, a refração faz com que o alvo pareça estar acima de onde realmente está posicionado. Assim, ao realizar a pontaria no centro de massa da imagem visualizada, o atirador estará realizando a visada mais acima do centro de massa real do alvo, podendo resultar em um tiro longo.

Desta forma, inferimos parcialmente que a refração na linha de visada influencia negativamente a expectativa de impacto, ao passo que as distorções sofridas pela imagem

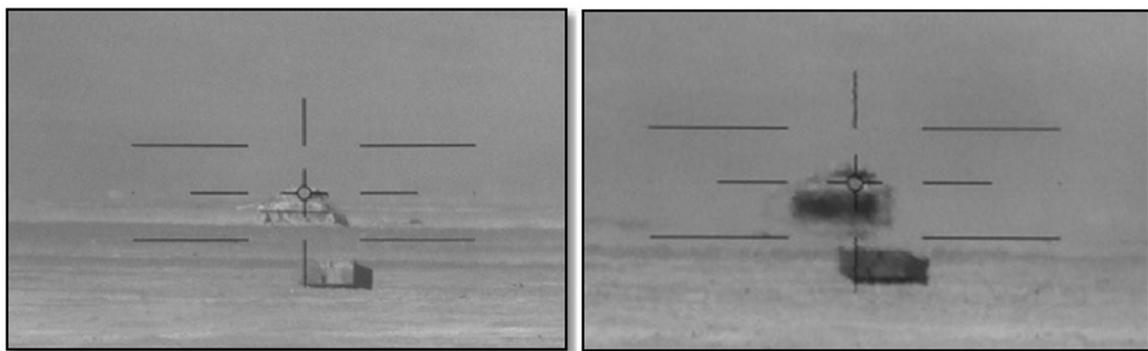


Figura 3 – Alvos a uma distância de 1.650m; à esquerda, a imagem vista às 8h e, à direita, a imagem vista às 15h
Fonte: acervo do autor

refratada conduzirão o atirador a realizar a pontaria em um local diferente do centro de massa real do alvo, ocasionando maior probabilidade de erro durante o engajamento.

Comportamento tático e técnico esperado

Sob condições atmosféricas e peculiaridades do ambiente operacional que favoreçam a ocorrência de refração na linha de visada, as Gu VBC podem adotar procedimentos táticos e técnicos de combate visando minimizar seus efeitos sobre a expectativa de impacto.

Assim, sempre que a situação tática permitir, o engajamento de alvos em terrenos extremamente planos deve ser evitado. A ocupação de posições mais elevadas minimiza os efeitos da refração na linha de visada. Ao realizar o disparo de posições ligeiramente mais altas, os efeitos da refração são praticamente anulados, uma vez que a linha de visada do atirador não estará tão próxima à superfície do solo, onde ocorrem as constantes trocas de calor peculiar ao fenômeno.

Um procedimento técnico que pode ser estipulado pelas Gu VBC é o emprego de técnicas específicas para aferição da distância e engajamento de alvos sob condições favoráveis à refração. Estas técnicas baseiam-se na realização da modificação intencional do ponto de pontaria.

Em períodos diurnos, a refração faz com que o alvo pareça estar mais abaixo do que realmente está localizado. Assim, durante a execução da pontaria, o atirador não deve realizar sua visada no centro de massa do alvo, conforme regra base, mas na metade superior do mesmo (**Figura 4**).



Figura 4 – Proposta de técnica de tiro específica para alvos que estejam sendo engajados em ambientes operacionais sob influência de refração diurna
Fonte: montagem do autor

Da mesma forma, em períodos noturnos, a refração faz com que o alvo visado pareça estar mais acima do que realmente está posicionado, de modo que, durante a execução da pontaria o atirador não deve realizar sua visada no centro de massa do alvo visualizado, mas sim em sua metade inferior (**Figura 5**).



Fig. 5 – Proposta de técnica de tiro específica para alvos que estejam sendo engajados em ambientes operacionais sob influência de refração noturna
Fonte: montagem do autor

Ressalta-se que esta modificação do ponto de pontaria deve ser realizada tanto na aferição de distância utilizando-se da telemetria *laser* quanto no engajamento de alvos. Nesse contexto, cresce a importância da identificação de indícios de refração pelas guarnições de carro de combate, possibilitando a adoção de medidas que minimizem o erro e aumentem a expectativa de impacto.

Um possível indício apresentado pela refração, além das distorções e trepidações da imagem visada, é a ocorrência de ecos múltiplos durante a aferição de distância por meio da telemetria *laser* empregando-se a regra base (1ª regra *laser*).

Com a finalidade de otimizar o processo de engajamento, o Exército Norte-Americano estipulou em seus manuais de campanha que a distâncias inferiores a 1.500 metros, o fenômeno da refração, apesar de perceptível ao olho humano, pode ser desconsiderado para correção da pontaria, em virtude da reduzida influência que este acarretará sobre a expectativa de impacto a curtas distâncias.

No contexto das operações militares, o comandante tático deve estudar os principais aspectos do terreno e das condições meteorológicas, visando se antecipar às possíveis influências da refração sobre a expectativa de impacto no primeiro disparo. Com isso, este poderá estipular as melhores posições de engajamento a serem ocupadas, visando minimizar os efeitos negativos da refração bem como antecipar às suas guarnições da possível ocorrência do fenômeno, alertando-as quanto à necessidade de realização de modificações do ponto de pontaria durante a aferição de distância e engajamento de alvos.

Processo de adestramento da tropa blindada

Visando alcançar maior eficiência nas operações militares, as características e os procedimentos adotados para minimizar os efeitos da refração devem ser disseminados e constantemente treinados pelas Gu VBC. Nesse contexto, é de fundamental importância que instruções sobre a temática sejam ministradas, permitindo que o conhecimento referente à identificação das características do fenômeno e a realização dos comportamentos táticos e técnicos esperados frente aos efeitos da refração sejam amplamente divulgados no âmbito da tropa blindada.

Um exercício amplamente empregado na formação das Gu VBC e de fácil reprodução é a projeção de fotografias em curtos intervalos de tempo. Este método permite que a guarnição identifique o fenômeno ocorrido, adotando ainda os procedimentos técnicos esperados para a correção do ponto de pontaria. O processo de projeção de fotografias, além de verificar o conhecimento acerca do assunto e a utilização correta da técnica de tiro, permite que a tropa blindada (Tr Bld) trave contato com possíveis hesitações e ansiedades a serem encontradas durante o combate pelo fogo.

O emprego dos meios de simulação, particularmente o dispositivo de simulação e engajamento tático (DSET), pode ser útil na realização de testes e exercícios de instrução. Esses exercícios permitem comprovar a visualização dos efeitos da refração na linha de visada, através dos valores obtidos na emissão *laser*. Os dados concretos adquiridos pelo próprio dispositivo de simulação propiciam maior credibilidade à instrução, favorecendo o processo ensino-aprendizagem.

Conclusão

Apesar da relevância do tema, verifica-se grande dificuldade em encontrar documentos oficiais ou de procedência confiável de origem nacional que abordem o assunto. Verifica-se ainda, na literatura nacional relativa à técnica de tiro, uma lacuna em relação à influência da refração na linha de visada sobre a expectativa de impacto bem como aos procedimentos empregados para mitigar seus efeitos, com nítido apelo quanto à necessidade de condução de estudos e de análises mais aprofundadas.

Com base no conteúdo exposto, pode-se concluir que a refração da linha de visada pode provocar erros constantes e não contínuos no disparo. Assim, por influenciar negativamente na expectativa de impacto, suas características e peculiaridades devem ser estudadas e exploradas no âmbito da Tr Bld.

Por ser um fenômeno óptico que causa distorções da imagem visada, salienta-se que os procedimentos de colimação dos equipamentos de pontaria não devem ser realizados em períodos do dia que favoreçam a ocorrência da refração, ou seja, em dias quentes e sem vento, sob pena de proporcionar valores de colimação incorretos. A realização da colimação em dias de refração diminuirá consideravelmente a expectativa de impacto em engajamentos futuros.

Pode-se inferir, ainda, que a refração na linha de visada terá seus efeitos maximizados quanto maior for a distância de engajamento, comprometendo engajamentos a distâncias superiores a 1.500 metros, principalmente, em terrenos planos. Ressalta-se

que as características do terreno e as condições meteorológicas influenciarão sensivelmente a intensidade da refração.

Os procedimentos referentes às regras de aferição de distância por meio da telemetria *laser* previstas pela Nota de Aula de Técnica de Tiro da VBCCC Leopard 1 A5 BR, apesar de bastante específicos, não abordam a aferição de distância em situações na qual exista a ocorrência de refração na linha de visada. Dessa forma, a atualização dessas regras, acrescentando a modificação do ponto de pontaria no engajamento de alvos em ambiente sobre incidência de refração, elevaria sobremaneira a expectativa de impacto no primeiro disparo, bem como aumentaria a confiabilidade da Tr Bld na técnica e no sistema de tiro do CC.

Infere-se ainda que a modificação do ponto de pontaria para realização de aferições de distância e engajamentos em períodos diurnos e noturnos, sob condições de refração, deve ser constantemente treinada pelas Gu VBC. Tal procedimento visa otimizar o processo de engajamento, evitando erros de impacto provocados por insegurança ou aplicação incorreta da técnica de tiro.

Por fim, o emprego de meios de simulação DSET torna-se bastante útil ao processo de adestramento da Tr Bld, pois proporciona a verificação, em valores concretos, da refração sobre a expectativa de impacto e a correção de possíveis erros na técnica de tiro empregada. Salienta-se que as evidências apresentadas, sem dúvida, demandam aprofundamento e sinalizam a necessidade de serem exploradas por meio de estudos complementares. 

Referências

ARMOR, Magazine. Tank Gun Accuracy. EUA. Jan;Fev. 1993.

BRASIL. Exército Brasileiro. CMS. CIBld. **Técnica de Tiro da VBCCC Leopard 1 A5 BR**. Nota de aula experimental. Santa Maria, RS. 2011.

_____. **Instrutor Avançado de Tiro da VBCCC Leopard 1 A5 BR**. Lista de Procedimentos Experimental. Santa Maria, RS. 2014.

BRASIL. Exército Brasileiro. Estado-Maior do Exército. Relatório da Conferência Internacional de Master Gunner. PVANA. Exército de Terra do Reino da Espanha. 2012.

_____. **Relatório do Curso de Master Gunner realizado no Chile**. PCENA. Escola de Cavalaria Blindada do Exército do Chile. Iquique. 2010.

EUA. US Army. Heavy Brigade Combat Team – Gunnery. FM 3-20.21. Washington, DC. 2009.

_____. **Tank Abrams**. FM 3-20.12. Washington, DC. 2001.

N. da R.: A adequação do texto e das referências às prescrições da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é de exclusiva responsabilidade dos articulistas.