

# O IRON DOME ISRAELENSE E A IMPORTÂNCIA DA AVIBRAS NA DEFESA AÉREA

Por Carlos Alexandre Klomfahs\*



Avibras.

*A defesa nacional requer um complexo-industrial militar autônomo e independente.*

*“O bom combatente sempre força o inimigo à permanência passiva e não o deixa ter influência sobre si.” – Sun Tzu, A Arte da Guerra, séc. VI a.C.*

O objetivo geral do presente ensaio é entender qual é o cálculo que mensura a eficiência do Sistema Móvel de Defesa Antiaérea Iron Dome, que Israel afirma estar entre 85% e 90%, bem como suas possíveis vulnerabilidades, cruzando informações com a opinião de especialistas americanos e russos, comparando com os requisitos de Defesa Antiaérea do Brasil e a consequência da crise e importância da Avibras, no início da década de ouro da exportação brasileira de armamentos.

O problema de pesquisa gira em torno de quatro questões que buscam responder como metas estratégicas dos Sistemas de Defesa Antiaérea (genéricas e abstratas) se traduzem em ações no nível operacional, e são: 1. Qual a eficiência operacional do sistema de armas Iron Dome de defesa antiaérea; 2. Como especialistas militares americanos avaliam suas vulnerabilidades; 3. Como especialistas militares russos também as avaliam. 4. Quais os principais requisitos de defesa antiaérea brasileira e qual a contribuição da Avibras na defesa antiaérea nacional frente a instabilidade internacional.

A relevância do tema encontra-se na avaliação da conjuntura internacional, notadamente no Oriente Médio e na Ucrânia, com seus possíveis desdobramentos e ameaças à nossa soberania nacional, levando-se perquirir qual o atual estado do sistema brasileiro de defesa antiaérea, já que, ao renunciarmos ao desenvolvimento de bombas nucleares, o país deve então apresentar capacidade militar convencional para combates de alta intensidade, nos quais os sistemas de defesa aérea e antiaérea e um complexo industrial-militar são essenciais. A metodologia da pesquisa recorre a fonte bibliográfica e a referência teórica à bases ostensivas, teses e dissertações sobre o tema em português, inglês e russo, recordando que em todos os sistemas de armas há informações operacionais classificadas.

A hipótese provisória sugere que o cálculo do número de ameaças aéreas neutralizadas pelo número total de mísseis engajados seja o resultado em percentual da eficiência do sistema antiaéreo, e que tal cálculo não é publicado pelo Ministério da Defesa israelense, suscitando assim dúvidas sobre a capacidade de neutralizar as ameaças aéreas. Parte-se da premissa de que a pesquisa tem como limite o acesso parcial à realidade dos fatos e dos equipamentos militares, sob regime de “segredo de Estado”. Dito isso, cabe sublinhar que a frase que inspirou esta pesquisa foi de Rubem González, do *Canal Geoforça*, que comentando a margem de erro de 95% do sistema Iron Dome israelense, exemplificou que para a continuidade operacional em 95% de um sistema de compressão de gás de plataforma de petróleo, os valores seguros deviam se situar entre 98% e 99%; por isso, valores abaixo destes indicam falhas estruturais no sistema de gerenciamento de riscos, podendo ser aplicado aos sistemas de defesa antiaérea.

Ressalte-se que não abordaremos o poder militar do Irã<sup>1</sup>, porém, deve-se reconhecer que seu sistema de defesa antiaérea deve sua eficiência à evolução da infraestrutura de sistemas espaciais, (constelação de satélites Navid-e-Elm-o-Sanat, Khalij-e-Fars e Fajr), engenharia de sistemas e gerenciamento de projetos, à rede de radar, guiagem, propelentes, criação de sua força de mísseis<sup>2</sup>, eficiência do serviço SAR da Força Aérea iraniana (busca e salvamento em combate) e o domínio da guerra cibernético-eletrônica.

Preliminarmente, cabe nivelar o conhecimento sobre alguns termos técnico-militares utilizados. Segundo o site do Exército Brasileiro (EB)<sup>3</sup> a artilharia antiaérea, componente terrestre da defesa aeroespacial ativa, realiza a defesa antiaérea de forças, instalações ou áreas. O EB possui hoje seis Grupos de Artilharia Antiaérea que são subordinados à 1ª Brigada de Artilharia Antiaérea (1ª Bda AAAe), que tem a missão de realizar a defesa antiaérea de zonas de ação, de áreas e pontos sensíveis e de tropas, estacionadas ou em movimento.

---

<sup>1</sup> Sugere-se o artigo do Professor Ricardo Cabral do *História Militar em Debate: As capacidades militares convencionais do Irã*: <https://historiamilitaremdebate.com.br/as-capacidades-militares-convencionais-do-ira/>.

<sup>2</sup> Confira o vídeo: *Iran's Missile Force is Worse Than You Think*: [https://www.youtube.com/watch?v=Qzf\\_oT12nCc](https://www.youtube.com/watch?v=Qzf_oT12nCc).

<sup>3</sup> <https://www.eb.mil.br/o-exercito/armas-quadros-e-servicos/artilharia#:~:text=A%20Artilharia%20de%20Campanha%20%C3%A9,ameacem%20o%20%C3%AAtito%20da%20opera%C3%A7%C3%A3o>.

O Manual de Campanha (C 44-1) do EB sobre o emprego da Artilharia Antiaérea (p. A-1) define como ameaça aérea todo vetor aeroespacial cujo emprego esteja dirigido a destruir ou neutralizar objetivos terrestres, marítimos (submarinos) e outros vetores aeroespaciais. Esta, atualmente, emprega diversos tipos de aeronaves e sistemas de mísseis e satélites como também ARP (aparelhos remotamente pilotados). Já o Manual de Defesa Antiaérea (MCA 355-1) do Comando da Aeronáutica (COMAER) de 2017, define que, doutrinariamente, a Defesa Aeroespacial se subdivide em dois ramos: Defesa Aeroespacial Passiva e Defesa Aeroespacial Ativa, sendo esta última composta pela Defesa Aérea e pela Defesa Antiaérea.

A Defesa Aeroespacial Ativa é materializada pelo emprego da Defesa Aérea (aeronaves) e da Defesa Antiaérea (mísseis e canhões). Neste contexto são utilizados sensores de vigilância, aeronaves, meios antiaéreos, entre outros, cuja coordenação depende de estruturas de Comando e Controle.

O manual classifica os sistemas antiaéreos quanto ao alcance dos armamentos em função da distância máxima na qual pode engajar eficazmente uma ameaça aeroespacial. Um sistema antiaéreo também é classificados quanto ao: a) Curtíssimo Alcance (*Very Short Range Air Defence, VSHORAD*) – os sistemas devem possuir efetividade contra alvos situados a distâncias inferiores a três milhas náuticas; b) Curto Alcance (*Short Range Air Defence, SHORAD*) – os sistemas devem possuir efetividade contra alvos situados a distâncias entre três e dez milhas náuticas; c) Médio Alcance (*Medium Range Air Defence, MRAD*) – os sistemas devem possuir efetividade contra alvos situados a distâncias entre dez e cinquenta milhas náuticas; e d) Longo Alcance (*Long Range Air Defence, LRAD*) – os sistemas devem possuir efetividade contra alvos situados a distâncias superiores a cinquenta milhas náuticas. Também são classificados quanto à altura de emprego, conforme descrito a seguir: a) Baixa Altura, inferior a 3.000 m; b) Média Altura, entre 3.000 m e 15.000 m; c) Grande Altura, entre 15.000 m e 45.000 m; e d) Orbital, superior a 45.000 m.

Sublinha o manual que as limitações de emprego do sistema, que são: a) aquisição e manutenção onerosas em função dos altos custos dos sistemas e equipamentos envolvidos; b) necessidade de tempo considerável e recursos elevados para capacitar e especializar o pessoal combatente e de apoio; c) alta dependência da tecnologia, uma vez que deve ser continuamente aperfeiçoado para que possa ser eficaz contra a evolução das armas aéreas/ aeroespaciais; d) vulnerabilidades das ações de supressão de defesa aérea inimiga (SDAI) ou a ataques de elementos infiltrados no terreno; e) dependência da complexa cadeia de suprimento e manutenção, principalmente quando considerados o funcionamento e o consumo de canhões automáticos e dos sensores antiaéreos; e f) impossibilidade de neutralizar ameaças aeroespaciais que estejam fora do envelope de emprego de seus armamentos.

Revela ainda que os Princípios de Guerra aplicados à defesa antiaérea são: unidade de comando, prontidão, simplicidade, segurança e economia de forças, tendo como Centro de Gravidade (CG) a proteção dos recursos no solo e a infraestrutura do Poder Aeroespacial, a centralização do controle e a descentralização da execução, implementando o Princípio da Combinação de

Armas Antiaéreas para alcance do Estado Final Desejado (EFD). O manual recorda que no ano de 1997 o Brasil adquiriu mísseis antiaéreos portáteis da Rússia, o modelo IGLA 9K38, conhecidos como IGLA (agulha em russo). Parte do lote adquirido foi entregue à FAB e favoreceu a criação da primeira estrutura dedicada à defesa antiaérea: a Companhia de Artilharia Antiaérea de Autodefesa de Canoas (CAAAD-CO).

Dito isso, iniciamos considerando o contexto das necessidades da defesa israelense com João Miguel Louro Dias Ferreira Belo, em seu artigo sobre a artilharia antiaérea do Exército Português intitulado: C-RAM (*Counter Rocket, Artillery and Mortar*), sustenta que os ataques a Israel, seja a partir da Faixa de Gaza, na Guerra do Afeganistão ou no Iraque, constituem exemplos de como os insurgentes, por não possuírem capacidade tecnológica tão avançada, recorreram a outros meios de combate e outras estratégias não convencionais de apoio à guerra assimétrica, contribuindo desta forma, para uma ameaça para a qual não se tinham defesas.

É deveras importante definir o conceito de ameaça aeroespacial, que se caracteriza pelo elemento surpresa, pelas elevadas velocidades (munições de artilharia), a reduzida assinatura de radar (munições de morteiro) e pela multiplicidade de trajetórias, alcances e cadências de tiro (foguetes), estes de pouca precisão.

Com isso, a ideia central de um sistema de mísseis para defesa antiaérea é negar o uso do espaço aéreo às ameaças aeroespaciais inimigas em baixa, média e grande altura, considerando ameaças além daquelas, mísseis de cruzeiros, balístico e para alguns países, hipersônicos, para o que parece não haver sistema de defesa eficaz.

Portanto, cada país avalia suas necessidades operacionais para o desenvolvimento de um projeto para sistemas de defesa antiaérea, a partir de inúmeras variáveis, com foco no tipo e natureza do inimigo, tipo de ogiva, tamanho/quantidade das ameaças aéreas, se ARP (drones), asas fixa ou rotativa, tamanho do território, seu Centro de Gravidade, alvos militares, tipo de inimigo, emprego de armas, tipo de guerra – comum ou assimétrica – por alianças, quantas frentes de batalha, autossuficiência para um esforço de guerra prolongado, principalmente pelo domínio da tecnologia de microchips e sua cadeia de insumos e abastecimentos, somados à logística, arte operacional, observação do ciclo OODA e respeito aos Princípios de Guerra.

No caso do Brasil, por exemplo, Claiton Rovian Dutra<sup>4</sup>, em sua pesquisa sob o título: *Mísseis de artilharia antiaérea de média altura na defesa antiaérea brasileira, em face aos vetores aéreos da América do Sul*, analisa os sistemas de mísseis antiaéreos de média altura presentes no mercado e o projeto do sistema de defesa antiaérea de média altura (SISDAMA-BR) “ASTROS Antiaéreo,” definida como Artilharia de Saturação, que pode suprir a lacuna de defesa do espaço aéreo brasileiro juntamente ao Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA).

---

<sup>4</sup> Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Artilharia de Costa. 2018. Rio de Janeiro. [https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/6949/1/2018\\_TCC\\_Ten%20Rovian.pdf](https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/6949/1/2018_TCC_Ten%20Rovian.pdf).

Com efeito, observando os termos técnicos em uso pelas Forças Armadas brasileiras, entende-se por ARTILHARIA ANTIAÉREA (AAAe) o componente das Forças Armadas brasileiras destinado a realizar ações de defesa antiaérea de forças, instalações ou áreas, desencadeada da superfície contra vetores aeroespaciais hostis.

E DEFESA ANTIAÉREA (DA Ae) como as ações de defesa aeroespacial ativa, desencadeadas da superfície, visando impedir, anular ou neutralizar a ação de vetores aéreos hostis, tripulados ou não.

A artilharia antiaérea também se classifica basicamente quanto ao seu tipo: de tubo ou mísseis; quanto ao seu transporte: portátil (Ptt), autorrebocada (AR) e autopropulsada (AP) e quanto à sua altura: baixa altura (engajando alvos de 0 à 3.000 m), média altura (engajando alvos voando entre 3.000 e 15.000 m) e grande altura (alvos operando acima dos 15.000 m).

Já a artilharia de média altura é empregada, geralmente, quando há grande densidade de pontos sensíveis dentro de uma Zona de Ação (Z Aç). A disponibilidade deste tipo de material em uma defesa antiaérea é de suma importância por propiciar, devido ao seu maior alcance, o planejamento da defesa segundo o fundamento da defesa em profundidade, mantendo o inimigo engajado desde o alcance dos seus mísseis até o emprego de mísseis e canhões de baixa altura. Além disso, por compartilhar, muitas vezes, seu envelope de ação com os meios de Defesa Aérea da Força Área Brasileira (FAB), exige do escalão enquadrante uma maior coordenação.

Para que seja realizada a aquisição de um sistema de armas, este deve satisfazer o que se denomina Requisitos Operacionais. Estes tratam de funções, propriedades e especificações que de forma geral são necessários para atender aos objetivos de determinado projeto.

Como exemplo, cita-se os Requisitos Operacionais Conjuntos (ROC) para o Sistema de Artilharia Antiaérea de Média Altura/Médio Alcance das Forças Armadas – ROC Nº 54/2020<sup>5</sup> que especificam, por exemplo:

- Máximo e mínimo alcance horizontal e vertical (envelope de emprego);
- Atuar contra ameaças aeroespaciais nas condições de desde ARP's e bombas guiadas à 100 metros por segundo à mísseis de cruzeiro e aeronaves de asa fixa à 800 metros por segundo;
- Com capacidade de engajamento de até 16 alvos simultaneamente;
- Capacidade de integração com Comando e Controle das Forças Armadas;
- Capacidade de desdobramento e emprego do armamento em até 15 minutos;
- Capacidade de reconhecer alvos amigos e inimigos;

---

<sup>5</sup> [https://mdlegis.defesa.gov.br/norma\\_html/?NUM=4181&ANO=2020&SER=A](https://mdlegis.defesa.gov.br/norma_html/?NUM=4181&ANO=2020&SER=A).

- Deve corrigir a trajetória dos mísseis em voo, disparados pelo Subsistema de Armas, até o momento em que os sensores embarcados no míssil possam adquirir o alvo e concluir o processo de engajamento e neutralização da ameaça;
- Probabilidade de neutralização de alvo com um único míssil (SSKP, *single shot kill probability*) de, no mínimo: 80% contra aeronaves de combate e helicópteros; 75% contra veículos aéreos remotamente pilotados; e 70% contra as demais ameaças definidas no requisito absoluto;
- Capacidade de autodestruição e de destruição comandada do míssil em voo. Por autodestruição entende-se a capacidade do míssil interromper sua trajetória por meio de detonação automática nos casos de perda do alvo por determinado tempo após o lançamento, ou outros critérios predefinidos. Por destruição comandada entende-se a capacidade de interromper a trajetória do míssil por meio de detonação, ao receber um comando do solo, via *uplink* (teledestruição);
- l) várias medidas de segurança contra ativação da carga explosiva por queda;
- m) capacidade de remunição em no máximo 30 minutos após o disparo de todos os mísseis;
- n) capacidade de efetuar lançamento em alvo hostil em no máximo cinco segundos e uso por rede de criptografia de dados;
- o) alimentação por energia elétrica de fonte comercial, viaturas movidas a óleo diesel, lista prévia das atividades de manutenção corretiva e preventiva pré-definidas, com construção física do sistema em módulos intercambiáveis para agilizar e simplificar a manutenção e panes sem uso de oficinas no ambiente operacional;
- p) no requisito mobilidade deve ser prevista a autonomia dos veículos para rodar sem abastecimento por no mínimo 500 km, possuir guincho, atuar em terrenos com inclinação mínima de 30 graus e lateral de 20 graus.

Estas informações técnicas extensas são importantes porque reforçam o argumento de que, dado o número de variáveis em um sistema complexo como o de defesa antiaérea, composta por veículos, sensores, armamentos e equipamentos, estas devem estar em perfeitas condições de funcionamento para o necessário êxito operacional; do moral da tropa e seu treinamento; da coordenação de C<sup>2</sup> nos níveis táticos e operacionais e em situações *sui generis* que ocorrem em campo.

Ainda sobre o Iron Dome, que compõe um dos elementos<sup>6</sup> do sistema móvel de defesa antiaérea de Israel, ele começou a ser desenvolvido em 2007 e foi concebido para garantir proteção a cidades contra mísseis balísticos de curto alcance, foguetes e munições de artilharia de 155 mm, lançados a distâncias compreendidas entre quatro e 70 km, tendo sido utilizado pela primeira vez em

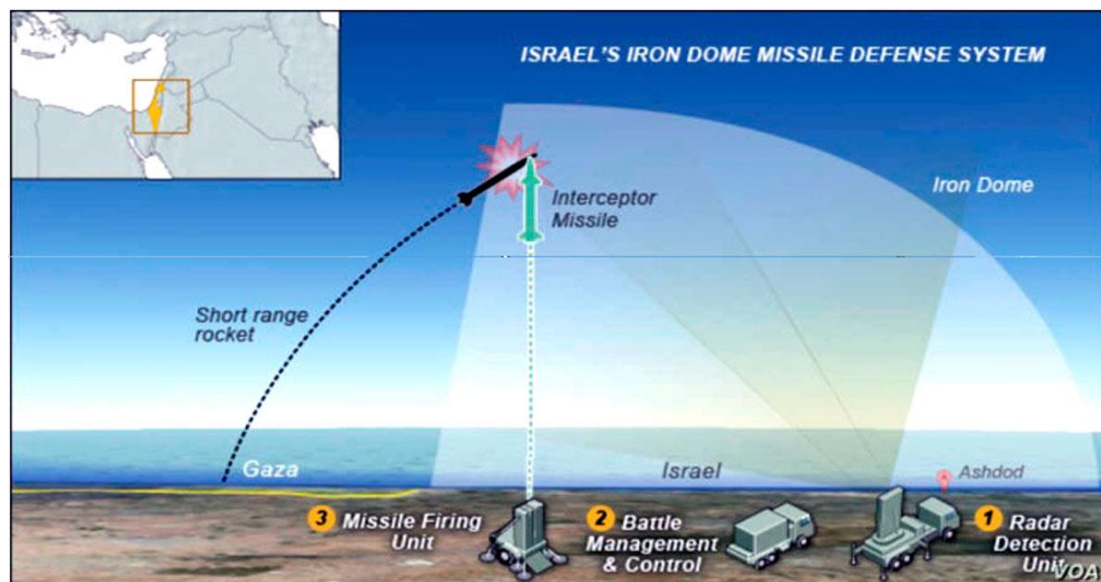
---

<sup>6</sup> Não é objeto do presente trabalho, mas o outro elemento é o Sistema David's Sling, de proteção contra foguetes de médio e longo alcance como mísseis balísticos e mísseis de cruzeiro lançados entre 40 e 300 km.

2011. Uma bateria do Iron Dome é constituída por três elementos: um radar de detecção e localização (MMR, *Multi-Mission Radar*); um posto de comando e sistema de controle de armas (BMC, *Battle Management and Control*); e uma unidade de lançamento de mísseis, com três lançadores, cada um com 20 mísseis interceptadores Tamir, que usam uma ogiva especial que destrói qualquer alvo no ar.

Portanto, podemos inferir que, para o sucesso afirmado de 97% do Iron Dome, todas as variáveis daquele complexo sistema devem funcionar em um patamar ótimo de condições ideais de emprego, do contrário, os erros do oponente passam a ser a chave do sucesso nas campanhas militares, e não necessariamente a superioridade tecnológica.

Paulo Ricardo de Oliveira Dias<sup>7</sup> no artigo: *O Emprego do Sistema Iron Dome no contexto do conflito assimétrico palestino-israelense*, explica que em fevereiro de 2007, em razão das vulnerabilidades da defesa antiaérea especialmente durante e depois da Segunda Guerra do Líbano de 2006, cerca de 4.000 foguetes disparados pelo Hezbollah atingiram Haifa, terceira maior cidade do país, provocando a evacuação de 250 mil pessoas. No sul de Israel a vulnerabilidade foi identificada com a mesma quantidade de foguetes a partir de Gaza. Os foguetes tinham alcance de 18 km e o emprego dos lançadores Grad 122 mm aumentaram este alcance para 50 km. Com mais de um milhão de habitantes no sul do país, ao alcance dos foguetes, em 2007 o Ministério da Defesa israelense deu início ao desenvolvimento de um sistema de defesa antiaérea de alta mobilidade, engajando vários vetores.



[defesaaereanaval.com.br](http://defesaaereanaval.com.br)

O sistema de defesa Iron Dome (IDDS) foi desenvolvido pela empresa Rafael Advanced Defence Systems Ltd., projetado para atuar no combate à foguetes, morteiros, granadas de artilharia, aeronaves de asas fixa e rotativa, eficaz para

<sup>7</sup> Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências Militares. Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea. Rio de Janeiro. 2013.

defesa antiaérea móvel de baixa e média altura, operando em uma área de 150 km<sup>2</sup> em quaisquer condições.

É intrigante os americanos não terem adquirido o Iron Dome<sup>8</sup>, escolhendo o sistema da Dynetics<sup>9</sup> chamado de Enduring Shield, que tem detecção de 360 graus e pode atirar em várias ameaças aéreas simultaneamente, muito embora em 2019<sup>10</sup> duas baterias Iron Dome fossem compradas. O sistema é simples de operar e pode ser totalmente integrado ao Sistema Integrado de Comando de Defesa Aérea de Mísseis do Exército americano. O site informa que o valor médio de cada sistema é de US\$ 8.400.000.

Segundo o professor Rodolfo Queiroz Laterza<sup>11</sup> sobre o Iron Dome, em publicação de 2022, o radar do sistema, designado ELM 2084 MMR, detecta alvos de entrada e fornece atualização no meio do curso para o interceptador Tamir. É um radar de varredura do tipo *array* digitalizado eletronicamente ativo em 3D (AESA), que opera na frequência da banda S. De acordo com o fabricante do radar, o ELM 2084 tem capacidade para rastrear até 1.100 alvos quanto à vigilância aérea.

Sobre o tema Iron Dome, sugere-se assistir, no *Canal Sala de Guerra* do YouTube<sup>12</sup>, Júlio Guedes entrevistando o engenheiro aeronáutico Gustavo Monastério e a diplomata especialista em Israel, Roseane Aben-Athar em 2022, quando se aprofundaram nos pormenores do Iron Dome, primeiro afirmando que não é o único usado pelos israelenses, e que o cálculo da eficiência do sistema leva em conta as ameaças aéreas em trajetória de choque contra cidades e áreas povoadas, ou seja, se baseia no número abatido pelo número total de engajados, que, afirma Israel, está entre 85% e 90%.

Pois bem.

Como vimos na introdução, os sistemas de defesa aérea estão conectados à defesa aeroespacial, e o Brasil organiza e define suas ameaças aéreas e aeroespaciais com a descrição dos seguintes Requisitos Operacionais, como explicado por Claiton Rovian Dutra (*op. cit.* pág. 5):

#### Requisitos Absolutos

- Média altura;
- Interface com Comando e Controle Conjunto das Forças Armadas;

---

<sup>8</sup> <https://www.defesaaereanaval.com.br/defesa/exercito-dos-eua-decide-nao-comprar-sistema-israelense-iron-dome>.

<sup>9</sup> O Comandante Robinson Farinazzo fez uma avaliação inicial à época sobre a aquisição americana do Iron Dome. Conferir em: <https://www.youtube.com/watch?v=FLR58q315I&t=369s>.

<sup>10</sup> Albert Caballé Marimón. EUA compram duas baterias Iron Dome como parte de projeto de defesa de mísseis de US\$ 1,7 bilhão. <https://velhogeneral.com.br/2019/03/04/eua-compram-duas-baterias-iron-dome-como-parte-de-projeto-de-defesa-de-misseis-de-us-17-bilhao/>.

<sup>11</sup> <https://www.forte.jor.br/2022/08/16/o-sistema-de-defesa-aerea-israelense-iron-dome/>. Vale a pena também assistir o funcionamento do sistema em: [https://www.youtube.com/watch?v=b4a\\_ie0J0hU](https://www.youtube.com/watch?v=b4a_ie0J0hU).

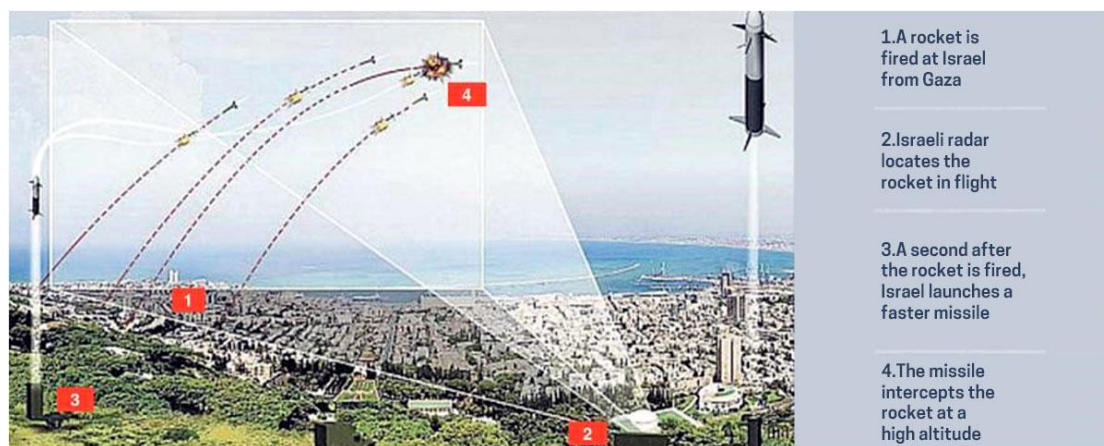
<sup>12</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=jZBfTyFutoo>.



- Vigilância do espaço aéreo por Sistema de Controle de Alerta, Sensor de Busca;
- Em qualquer condição meteorológica;
- Com proteção contra guerra eletrônica e cibernética;
- Detecta e identifica o alvo em no máximo 20 segundos;
- Na função de aquisição e engajamento de alvos, deve possuir a opção automática e manual;
- Deve possuir probabilidade de neutralização do alvo de no mínimo 80%;
- Função de mobilidade;
- Requisitos de treinamento por simulador.

#### Requisitos Desejáveis (os mais relevantes)

- Vida útil mínima de 20 anos;
- Proteção QBRN aos operadores.



*forte.jor.br.*

## PESQUISA JUNTO A ANALISTAS ESPECIALIZADOS AMERICANOS

Segundo<sup>13</sup> Theodoro A. Postol, professor de Ciência, Tecnologia e Política de Segurança Nacional no Massachusetts Institute of Technology e especialista em defesa antimíssil, sua pesquisa apontou algumas falhas no sistema Iron Dome. Registre-se que a análise do professor do MIT foi elaborada entre novembro de 2012 e julho de 2014. Primeiramente diz respeito à capacidade de destruição do foguete; que o interceptador não pode atingir a traseira do foguete, o que revela que a interceptação não foi bem sucedida.

<sup>13</sup> <https://www.technologyreview.com/2014/07/15/172055/an-explanation-of-the-evidence-of-weaknesses-in-the-iron-dome-defense-system/>.

Afirma também o professor, que o tamanho da ogiva (cabeça-de-guerra), o sistema de alerta e a rápida mobilização da população para local seguro, também são elementos essenciais para a eficiência do sistema. Tudo começa pelo combate frontal de um interceptador contra um foguete de artilharia Grad<sup>14</sup>, no sentido de que o sistema deve guiar o míssil para atingir frontalmente a ogiva dos foguetes, ou seja, deve-se usar a geometria frontal adequada para êxito operacional.

Caso seja interceptado pela lateral ou por trás, não haverá o efeito tático pretendido. Aparentemente, afirma o professor, há problemas no sistema de rastreamento e orientação do radar. Isso porque, qualquer atraso é um elemento crítico para muitas variáveis, como por exemplo, o laser que reflete frontalmente no foguete que cria as condições para o ataque do interceptador, isso considerando que as ogivas “sempre estejam à frente do foguete”, mais o cálculo da velocidade dos foguetes é de aproximadamente 1.200 metros por segundo, e a capacidade do Iron Dome de 2.100 metros por segundo. Assim, o professor informa que na análise realizada, os ataques do Iron Dome contra os foguetes estavam ocorrendo por trás e pela lateral, o que não alcança o resultado tático. Por exemplo, mísseis como o Tomahawk Block III (BGM-109) tem sua cabeça-de-guerra pouco antes da dianteira, onde fica o sistema de navegação e guiagem.

Sobre as características dos mísseis de cruzeiro, Valeska Ferrazza Monteiro, em sua dissertação de mestrado para a UFRGS sob o título *Modelos de obtenção de turbinas de mísseis de cruzeiro e suas implicações político-estratégicas: um estudo em perspectiva comparada*, (pág. 58) elege duas como prioritárias: a difícil interceptação e seu disparo *stand-off*.

### **Difícil interceptação**

A dificuldade de interceptação está associada a diversas características. Primeiramente, pode-se mencionar a baixa assinatura infravermelha e o baixo *radar cross-section* dos mísseis de cruzeiro, que diminuem as chances de detecção pelos meios de vigilância inimigos (GOMLEY *et al.*, 2014; FOUGHT; DURANT; GUILMARTIN 2018).

Além disso, a difícil interceptação também está associada a algumas características do voo dos mísseis de cruzeiro viabilizadas pelo uso de turbinas.

Por exemplo, a capacidade de correção de trajetória durante o voo. Ainda, alguns modelos conseguem atingir velocidade supersônica, ou mesmo hipersônica, essa última pelo uso de turbinas ramjet ou scramjet (SOARES, 2015). Alguns mísseis conseguem também voar a muito baixa altitude, rente ao solo ou rente à superfície da água (*sea skimming*), aumentando ainda mais as chances de penetração bem-sucedida contra as defesas inimigas (GORMLEY *et al.*, 2014).

Outra tecnologia recente importante para a precisão e para dificultar a interceptação chama-se *loitering* – em português pode-se traduzir como a capacidade de “sobrevoo” – cuja viabilidade também se dá graças à propulsão por turbina. O *loitering* potencializa a capacidade de aquisição

---

<sup>14</sup> Grad são foguetes...

do alvo, na medida em que possibilita que o míssil o sobrevoe repetidas vezes.

Assim, o sistema pode avaliar a extensão do dano já causado (no caso de ataques com salvas de mísseis) e corrigir seu curso para um ataque mais eficaz. Dois mísseis de cruzeiro já contam com capacidade de *loitering*: o Block IV do BGM-109 Tomahawk variante mais recente (e única fabricada atualmente) e o míssil israelense Delilah.

### **Disparo *stand-off***

Essa é uma característica relevante, pois permite lançamento a partir de distâncias seguras (GRUSELLE, 2006). Se tomarmos novamente o Tomahawk como exemplo, seu alcance chega a 1.600 km (CSIS, 2019). Mesmo o alcance máximo do MTCR, mencionado no capítulo anterior, de 300 km, já permite o disparo *stand-off*. Devido ao seu alcance, os mísseis de cruzeiro não requerem supremacia aérea [20] ou marítima para seu uso, apontada por Gruselle (2006) como uma das vantagens da obtenção desses mísseis por potências médias.

Acresça-se que não se sabe se os erros apontados foram corrigidos por Israel, porém, é sabido que os modernos sistemas de jameamento e guerra cibernética, bem como as armas de pulso eletromagnético, podem desativar ou causar confusão temporária em qualquer sistema de defesa aérea.

Já o Sistema MIM-104 Patriot (*Phased Array Tracking Radar to Intercept on Target*) americano, ativado em maio de 1982 como o principal sistema de defesa aérea, presente em 18 países<sup>15</sup>, opera de forma semelhante ao Iron Dome, mas é projetado principalmente para interceptar aeronaves, mísseis de cruzeiro e balísticos. Assim, o Patriot é eficaz contra alvos que voam alto e rápido, enquanto o Iron Dome é eficaz contra drones e mísseis de curto alcance. É relevante recordar que o sistema Patriot também foi alvo de um relatório sobre seu desempenho na Guerra do Golfo contra os Scuds iraquianos<sup>16</sup>:

Uma investigação de 10 meses realizada pelo subcomitê de Operações Governamentais da Câmara sobre Legislação e Segurança Nacional concluiu que havia poucas evidências que provassem que o Patriot atingiu mais do que alguns Scuds. Testemunho perante o Comitê de Operações Governamentais da Câmara pelo professor Theodore Postol (professor de Ciência, Tecnologia e Política de Segurança Nacional no MIT) Em 7 de abril de 1992, e relatórios escritos por ele levantaram sérias dúvidas sobre o desempenho do Patriot. Depois de examinar as evidências em vídeo do desempenho do sistema em Israel durante a Guerra do Golfo e de realizar seus próprios testes, o professor Postol afirmou que o Patriot teve uma taxa de sucesso muito baixa.

Os resultados destes estudos são perturbadores. Eles sugerem que a taxa de intercepção do Patriot durante a Guerra do Golfo foi muito baixa. “A evidência destes estudos preliminares indica que a taxa de intercepção do

<sup>15</sup> <https://missilethreat.csis.org/system/patriot/>.

<sup>16</sup> [https://gulflink.health.mil/scud\\_info/scud\\_info\\_refs/n41en141/Patriot.html](https://gulflink.health.mil/scud_info/scud_info_refs/n41en141/Patriot.html).

Patriot pode ser muito inferior a 10%, possivelmente até zero” (Declaração de Theodore A. Postol perante o Comitê de Operações Governamentais da Câmara dos Representantes dos EUA, 7 de abril de 1992).

E continua a autora, explicando que alterações nos mísseis SCUDS alteraram o sistema de mira do Patriot:

Se uma ogiva nuclear fosse anexada a um SCUD ou outro míssil semelhante, um Patriot seria capaz de garantir a destruição da ogiva nuclear SCUD armada a cada vez e sempre? Em uma guerra convencional, um míssil SCUD pousando no deserto ou no mar, em vez de uma cidade povoada, é aceitável. No entanto, se esse mesmo SCUD estiver armado com materiais nucleares, então confiar em um Patriot como forma de defesa pode de fato ser bastante tolo. Os iraquianos mudaram a configuração dos seus mísseis SCUD (Al-Hussein) dos seus *designs* soviéticos originais, a fim de fazê-los mover-se mais rapidamente. Eles tiveram sucesso em tornar os Al-Husseins mais rápidos do que os SCUD soviéticos originais, mas isso também fez com que os Al-Husseins se separassem ao reentrar na atmosfera, causando problemas para o sistema de mira do Patriot. O sistema do Patriot foi inclusive alterado para detonar a ogiva do míssil Al-Hussein antes que ele se rompesse. Porém, segundo Pedatzur ainda não funcionou.

No entanto, mesmo neste caso, a ogiva do Patriot foi ativada tarde demais, explodindo depois de já ter passado pela ogiva do Al-Hussein e muito longe para que seus fragmentos tivessem efeito (Reuvan Pedatzur em depoimento perante o Comitê de Operações Governamentais da Câmara, 7 de abril de 1992).

É evidente que o Patriot teve revisões, por isso pesquisamos a configuração mais recente, o PAC-3 MSE (*Patriot Advanced Capability Missile Segment Enhancement*) aprovado em 2018 pelo U.S. Army, com modificações como o amplificador de pulso duplo ampliado e algumas melhorias na orientação, estrutura e *software*, cobrindo, por exemplo, uma área bem maior contra alvos balísticos de médio alcance (MRBM). Outra situação que devemos levar em conta no Iron Dome e em quaisquer sistema de armas é a gestão de seu ciclo de vida, que vai do projeto ao descomissionamento, como o período operativo básico e o período de manutenção geral<sup>17</sup>, capacidade de substituição, gestão de peças, insumos e manutenção corretiva.

Ademais, é sabido que eventuais fracassos ou vulnerabilidades do Iron Dome nunca são divulgados, seja pelo fator comercial, já que Israel é o 9º maior exportador de armas do mundo<sup>18</sup>, seja pelo fator militar, que poderia colocar em xeque a vantagem dissuasória de Israel, já que manuais militares de emprego da comunicação e operações de informação de quase todos os países tem como

---

<sup>17</sup> Sobre o tema conferir *A gestão da cultura organizacional de manutenção como ferramenta para elevar os índices de disponibilidade de viatura astros*. Revista *Ultima Ratio*. Exército Brasileiro. *Arma de Artilharia*. 2023. <http://www.ebrevistas.eb.mil.br/ultimaratio/article/view/11549>.

<sup>18</sup> <https://www.bbc.com/news/world-middle-east-68737412>.

doutrina nunca informar erros ou baixas, direcionando todos os registros em campo para *debriefing*, relatórios, lições aprendidas e análises pós-ação (APA).

Por fim, explicando o Sistema Astros de Defesa Antiaérea, diz Claiton Rovian Dutra, em seu Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea (2018:54): “Mísseis de artilharia antiaérea de média altura na Defesa Antiaérea Brasileira, em face aos vetores aéreos da América do Sul, afirma que os estudos conceituais desenvolvidos pela Avibras Defesa Aeroespacial, para possível aquisição por parte do Exército Brasileiro (EB), Comando da Aeronáutica (COMAER) e Corpo de Fuzileiros Navais (CFN) adaptado para emprego pela Marinha do Brasil, era para um Sistema de Defesa Antiaérea de Média Altura com capacidade de ações terrestres ou marítimas aptas à impedir, neutralizar ou reduzir as ações de alvos aéreos inimigos voando abaixo de 15.000 m de altura e até 30.000 m de alcance.”

O grande porte dos sistemas antiaéreos de média altura e a necessidade de reposicionamento rápido sugere que o transporte do sistema seja do tipo autopropulsado, montado sobre viaturas táticas 6x6 ou 8x8, e também aerotransportável por aeronaves da FAB, os C-130 e Embraer KC-390.

Quanto à propulsão, a decolagem do míssil ocorre por sistema de lançamento e orientação a frio (SLV, *Soft Vertical Launch*), ou seja, será ejetado do contêiner quase na vertical por um pistão impulsionado por gerador de gás (LGG, *Launcher Gas Generator*) e uma vez atingida a altura adequada, jatos laterais no míssil (*Thruster Gas Generator*) promoverão seu basculamento na direção de voo pré-programado, quando haverá a aceleração via propelente sólido de estágio único. A cabeça-de-guerra será pré-fragmentada com espoletas de proximidade via *Radio Frequency* (RF) e de impacto.

A vigilância do espaço aéreo do radar orgânico do sistema deve ser compatível com o armamento utilizado, isto é, com no mínimo 100 km de alcance de detecção. Já o rastreamento de alvos pelos equipamentos de solo deve ser feito tanto no modo ativo (radar) como no modo passivo EO (Eletro-óptico) dando aos componentes de solo do sistema maior capacidade de sobrevivência ao armamento antirradiação, sem perderem a capacidade de atuação.

Logo, o desempenho esperado do sistema de defesa antiaérea de média altura ASTROS ANTIAÉREO é: a) Radar de vigilância com IFF: >100 km para detecção; b) Sensor eletro-óptico e alcance *datalink*: >15km; c) Alcance efetivo máximo: 40 km; d) Altura efetiva: 15 km no alcance de 30 km; e) Cabeça de guerra: 15 kg, alto-explosivo (HE), pré-fragmentado; e f) Velocidade aproximada: MACH 2,5.

Do exposto, entende-se que o sistema ASTROS ANTIAÉREO, tendo em vista seus desenvolvimentos a partir dos requisitos operacionais conjuntos, especificações e capacidades técnicas, atende às necessidades de defesa antiaérea brasileira.

À propósito do tema, indica-se o debate da questão da Avibras quanto ao dever do Estado em privilegiar soluções domésticas com vistas ao desenvolvimento

nacional<sup>19</sup> e autonomia tecnológica, como visto na *live* do Comandante Robinson Farinazzo, do *Canal Arte da Guerra*<sup>20</sup> no YouTube, quando entrevistou o deputado federal Luiz Philippe de Orléans e Bragança.

Por fim, visto os requisitos para a defesa antiaérea, cabe debater a importância da Avibras<sup>21</sup> e um resumo da crise pela qual a empresa passa. Em apertada síntese, é importante lembrar que a Avibras, a Engesa e a IMBEL foram empresas pioneiras no período de ouro da exportação de equipamentos bélicos do país, o que despertou interferências estrangeiras. Em 22 de março de 2018, a Avibras pediu à justiça a recuperação judicial alegando dívida de R\$ 600 milhões. Em julho de 2023 credores aprovaram o plano de recuperação judicial da empresa. É importante destacar que a Avibras é uma empresa nacional com 100% do capital brasileiro, com experiência na gestão de projetos de grande porte e longo prazo como o sistema ASTROS. É a maior indústria bélica do país, fundada em 1961 por engenheiros do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), de São José dos Campos (SP), dentre os quais o engenheiro João Verdi Carvalho Leite. Considerado um visionário, Leite se destacou no cenário de tecnologia e inovação no Brasil e no mundo ao fundar a empresa, uma das primeiras nacionais a atender o setor aeroespacial<sup>22</sup> e uma das primeiras a fazê-lo desenvolvendo tecnologia para as áreas civil e de defesa.

Está presente no mercado nacional e internacional, desenvolvendo diferentes motores foguetes para a MB e a FAB, além de produzir sistemas fixos ou móveis de C4ISTAR (Comando, Controle, Comunicação, Computação, Inteligência, Vigilância, Aquisição de Alvo e Reconhecimento) e uma Aeronave Remotamente Pilotada (ARP), o Falcão.

A empresa tem expertise em sistema de defesa antiaérea de baixa altura. Em parceria com empresas internacionais, desenvolveu na década de 1980 o sistema FILA para defesa de baixa altura e oferece hoje sua modernização, sendo este sistema capaz de controlar canhões e mísseis. E também o sistema de defesa antiaérea de média altura, em parceria com empresas internacionais, desenvolve soluções integradas com adoção de mísseis e radares de última geração para defesa de infraestruturas críticas e do teatro de operações. Em 1981 a empresa fechou contrato com o Iraque para fornecer o que se tornaria o Sistema Astros, em que todo o sistema (lançadores múltiplos, veículo remuniador e direção de tiro) compõe a mesma plataforma, provando a capacidade autóctone de realização tecnológica, eficiente e comercialmente viável. Diga-se por oportuno, que somente nos anos 1990 é que o EB iria adquirir unidades deste Sistema de Artilharia. Já

---

<sup>19</sup> Cabe informar que no Forte Santa Bárbara, nome dado ao conjunto de Organizações Militares do Exército e instalações da Avibras situadas na cidade de Formosa-GO próximo ao Campo de Instrução de Formosa (CIF), com superfície de quase 1200 km<sup>2</sup>, é a maior e melhor área para exercícios de tiro de artilharia e foguetes que o Exército Brasileiro possui. Vide Revista da UNIFA, Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 84 - 95, jan./jun. 2017, pág. 09.

<sup>20</sup> *CRISE NA DEFESA: a perda da Avibras e a interferência no Brasil com Deputado Luiz Philippe*. Canal Arte da Guerra. 12 de abril de 2024. <https://www.youtube.com/watch?v=UbcKjEvNypk>.

<sup>21</sup> Veja mais sobre a história da empresa em: <https://www.avibras.com.br/site/institucional/nossa-historia.html>.

<sup>22</sup> Veja mais sobre o pioneirismo dos projetos, inovação tecnológica e diversificação de produtos desde os anos 60 em: [https://www.avibras.com.br/site/images/nossa\\_historia/Livro\\_Avibras%2060%20anos.pdf](https://www.avibras.com.br/site/images/nossa_historia/Livro_Avibras%2060%20anos.pdf).

para fazer frente a alvos voando a baixa altura, o inventário do EB são os sistemas teleguiados a laser RBS 70 Mk.2 e RBS 70 NG da Saab, além dos menos modernos KBM 9K338 Iгла-S (SA-24 Grinch, OTAN) guiados por calor e para os quais a força possui ainda alguns poucos lançadores duplos 203-OPU Djig<sup>23</sup>.

Conseqüentemente, as causas que levaram à crise financeira da empresa foram: falta de continuidade dos investimentos; ausência de um banco para financiamento das atividades da indústria de Defesa; falta de incentivos para exportação dos produtos, industriais e tecnológicos, que gerou problemas com o Departamento de Defesa dos EUA, que só autorizam a exportação de produtos de defesa que contenham peças/tecnologia para países aliados. Ou seja, o problema é financeiro, comercial e político.

O Projeto Estratégico de Defesa Antiaérea do EB, cujo principal objetivo é recuperar e obter a capacidade de defesa de baixa e média altura, modernizar as Forças e gerar benefícios nacionais (EPEX, 2019) tem na Avibras seu principal fornecedor, solucionador e gerenciador de projetos. Especialistas<sup>24</sup> como Carol Evans, professora do Instituto de Estudos Estratégicos do Exército Americano, explorou o desenvolvimento das indústrias de defesa nos países de industrialização recente, e afirmou que, para o tamanho de nossa economia, parque industrial e competitividade internacional, o problema não é tecnologia e sim o papel desempenhado pela estratégia e pela política do Estado e das empresas.

Com efeito, a empresa que representou o início da década de ouro da exportação brasileira de armamentos, é de extrema relevância para nossa independência tecnológica nas soluções de defesa antiaérea, especialmente nesta conjuntura internacional que aponta a aproximação de sucessivas ameaças à soberania nacional.

## PESQUISAS JUNTO AOS ESPECIALISTAS RUSSOS

A busca da opinião de especialistas russos vai além de sua capacidade tecnológica e liderança mundial em tecnologia militar, sobretudo na produção e provisão de soluções táticas de sistemas de armas de defesa antiaérea desde a família S-300, principal sistema desde 1975, dado o tamanho de seu território, a quantidade e o nível de ameaças aeroespaciais em seu entorno estratégico.

Aliás, o Brasil chegou a negociar<sup>25</sup> a aquisição de um sistema de defesa antiaérea inédito no país, o Tor-M2E, sendo a mais recente geração de um sistema de defesa com mísseis terra-ar desenvolvido pela União Soviética. Considerado o mais eficaz modelo em operação no mundo, objetiva abater aviões, helicópteros, armas de alta precisão e mísseis, usando radar, sendo de curto alcance e visando proteger

<sup>23</sup> Vide mais em: <https://tecnodefesa.com.br/brasil-avanca-na-obtencao-de-sistema-de-defesa-antiaerea-de-media-altura/>.

<sup>24</sup> Cf. André Luiz Godoy. *A trajetória da indústria bélica. Em que é citada a tese de doutorado de Carol Evans intitulada: Case studies from Brazil & India, sobre as capacidades brasileiras em potencial, paralisada pelo cerceamento tecnológico promovido pelos sistemas imperialistas. Tese de Doutorado. 2022.p. FFLCH-USP.*

<sup>25</sup> <https://www.forte.jor.br/artilharia/antiaerea/brasil-negocia-a-compra-de-sistema-antiaereo-da-russia/>.

idades e instalações estratégicas. O Irã adquiriu 29 unidades do Tor-M-1 em 2005, para defesa de infraestruturas vitais, como as usinas nucleares de Isfahan, Teerã e Bushehr. No site russo *Gazeta*<sup>26</sup> de 12 de novembro de 2019, o autor Mikhail Bolshakov compila a opinião de dois especialistas americanos sobre a eficiência e vulnerabilidades do Iron Dome, afirmando, por exemplo, que uma única bateria contém três ou quatro lançadores, cada um contendo até 20 mísseis. Assim, uma única bateria pode atingir simultaneamente até 80 alvos antes de ser recarregada. Assim, os 60 ou 106 mísseis abatidos correspondem à potência. E a propagada eficiência do sistema agora levanta dúvidas.

O autor cita a opinião do professor já citado do MIT, Theodore Postol e do especialista em mísseis israelense Mordechai Schaefer, que em sua pesquisa mostrou que a eficácia real do Dome é de apenas cerca de 5%, sendo que dos estudos à época sobre a eficácia do sistema, publicado em abril de 2018 pelo especialista em armas canadense Michael Armstrong, mostra que a eficácia do Iron Dome varia de 32% a 75%. Com base nas estimativas de Armstrong, o sistema interceptou entre 59% e 75% de todos os mísseis ameaçadores durante a Operação Protective Edge.

Corroborando essa perspectiva, o artigo: *O que aconteceu com o Domo de Ferro? Lições sobre os limites da tecnologia na guerra*, publicado<sup>27</sup> no prestigiado Modern War Institute de West Point (Academia Militar dos EUA) pelo coronel Patrick Sullivan (diretor do MWI) e John Amble, alerta quanto aos perigos do fascínio com a tecnologia militar como “*game changers*”, desconsiderando as limitações tecnológicas para resolver problemas táticos e operacionais, e conclui que, ao investigar estes exemplos e fazer avaliações rigorosas das limitações das suas requintadas tecnologias militares, atuais e futuras, conclui que uma das avaliações mais difíceis deve ser onde a adaptação poderia superar o sistema e de que maneira, mesmo as mais imaginativas e improváveis, em outras palavras, o real ponto de inflexão entre evolução e adaptação revolucionária.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como afirmamos no início, foi a frase de Rubem González<sup>28</sup> que inspirou a realizar essa pesquisa sobre a segurança operacional das instalações de petróleo e gás. O artigo<sup>29</sup> pesquisado destaca que a segurança operacional dessas instalações conta com a existência de várias camadas independentes de proteção para mitigação de danos (SIS, Sistema Instrumentado de Segurança), a última barreira de prevenção de acidentes, e isso pode ser aplicado ao gerenciamento de risco de defesas antiaéreas, seja no caso israelense, seja no brasileiro. Com isso, a hipótese inicial foi confirmada no sentido de que o cálculo do número de ameaças aéreas neutralizadas pelo número total de mísseis engajados, é *a priori*, a melhor forma

<sup>26</sup> <https://vz.ru/world/2019/11/12/1008047.html>.

<sup>27</sup> <https://mwi.westpoint.edu/what-happened-to-iron-dome-a-lesson-on-the-limits-of-technology-at-war/>.

<sup>28</sup> Live de 14 de março de 2024. IRÃ DECRETA O F1M-DO-IV-R31CH. <https://www.youtube.com/watch?v=8JCzXd05T28&t=6014s>. Tempo 5:32.

<sup>29</sup> Revista do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas. UFSC. Projeto de P&D: Validação de sistemas de controle e automação na Indústria do Petróleo e Gás utilizando métodos de teste, verificação e síntese de programas. Set/2021.pág.15.



de medir a eficiência do Iron Dome. Assim, metas estratégicas (genéricas e abstratas) do sistema se traduzem em ações complexas e questionáveis no nível operacional, já que qualquer sistema de armas é provado tecnicamente quando em serviço em campanha militar ou guerra, onde o número de variáveis cresce sobremaneira.

Conclui-se que devemos considerar como relativos os dados dos ataques iranianos e israelenses, pois erros são encobertos do público e muitos ataques buscam mapear e registrar as capacidades, localização, coordenação, vulnerabilidades críticas, fatores de força e fraqueza e limitações do dispositivo inimigo, conhecer a doutrina, o nível de treinamento, a possibilidade de formação de alianças ou coalizões. Entendemos também que a análise da eficiência do sistema móvel de defesa antiaérea deve levar em conta os critérios materiais, de tecnologia, pontos críticos, manutenção preventiva e corretiva em campo e também as capacidades de trabalho em equipe, com as habilidades e competências pessoais inerentes à condução do sistema. Logo, falar em eficiência ou ineficiência sem considerar a complexidade das variáveis e o treinamento e a qualidade dos oficiais e comandantes, não é uma análise militar coerente e séria.

Por essa razão, ao longo do artigo, procuramos entender qual é o cálculo que mensura a eficiência do sistema móvel de defesa antiaérea de Israel, que Tel Aviv afirma estar entre 85% e 90%, bem como suas possíveis vulnerabilidades, cruzando informações com a opinião de especialistas americanos e russos, comparando com os requisitos de defesa antiaérea do Brasil e a importância da Avibras na manutenção das capacidades e da autossuficiência nacional na consolidação do sistema antiaéreo de média altura, face à atual conjuntura internacional de ameaças implícitas à nossa soberania nacional, já que ao renunciarmos ao desenvolvimento de bombas nucleares, o país então deve deter sua capacidade militar convencional para combate de alta intensidade, onde os sistemas de defesa aérea e antiaérea e um complexo industrial-militar são essenciais.

Em suma, a lição aprendida para o incremento de nossa Defesa Nacional pode ser colhida da importância de um complexo-industrial militar autônomo e independente como do Irã e da Rússia, que permita vários sistemas de defesa antiaérea integrados às constelações de satélites nacionais e que considere, para sua efetividade tática e operacional, a forma do cálculo de ameaças neutralizadas por mísseis engajados, com base nas vulnerabilidades apontadas pelos pesquisadores russos e americanos.

---

*\*Carlos Alexandre Klomfahs é advogado em direito internacional e egresso dos cursos de geopolítica da ECEME e de estratégia marítima da EGN/FEMAR. Klomfahs atua como consultor em inteligência corporativa. Contato: klconsultoria@yandex.com.*

---