

**ESCOLA DE ARTILHARIA DE COSTA E ANTIAÉREA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO NO NÍVEL LATO SENSU EM  
OPERAÇÕES MILITARES DE DEFESA ANTIAÉREA E DEFESA DO LITORAL**

**DANYLO PRAXEDES DA SILVA**

**A GUERRA AÉREA NA SÍRIA E SEUS ENSINAMENTOS PARA O SUBSISTEMA  
DE CONTROLE E ALERTA DA ARTILHARIA ANTIAÉREA DO EXÉRCITO  
BRASILEIRO**

**Rio de Janeiro  
2019**

DANYLO PRAXEDES DA SILVA

**A GUERRA AÉREA NA SÍRIA E SEUS ENSINAMENTOS PARA O SUBSISTEMA  
DE CONTROLE E ALERTA DA ARTILHARIA ANTIAÉREA DO EXÉRCITO  
BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Escola de Artilharia de  
Costa e Antiaérea como requisito parcial  
para a obtenção do Grau Especialidade em  
Operações Militares de Defesa Antiaérea e  
Defesa do Litoral.

**ORIENTADOR: Maj Art Vitor Moreira Aguiar Gomes**

**Rio de Janeiro  
2019**



MINISTÉRIO DA DEFESA  
EXÉRCITO BRASILEIRO  
DECEx - DETMil  
ESCOLA DE ARTILHARIA DE COSTA E ANTIAÉREA

DIVISÃO DE ENSINO / SEÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO

COMUNICAÇÃO DO RESULTADO FINAL AO POSTULANTE (TCC)

PRAXEDES, Danylo da Silva (1º Ten Art). A guerra aérea na Síria e seus ensinamentos para o Subsistema de controle e alerta da artilharia antiaérea do Exército Brasileiro. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no programa *lato sensu* como requisito parcial para obtenção do certificado de especialização em Operações Militares de Defesa Antiaérea e Defesa do Litoral. Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea.

Orientador: VITOR MOREIRA AGUIAR GOMES / MAJOR / ARTILHARIA

Resultado do Exame do Trabalho de Conclusão de Curso: \_\_\_\_\_

Rio de Janeiro, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2019.

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO

\_\_\_\_\_  
VITOR MOREIRA AGUIAR GOMES/MAJOR/ARTILHARIA  
PRESIDENTE

\_\_\_\_\_  
ERNANI MARCELO PRUDENCIO MONTEIRO/CAPITÃO/ARTILHARIA  
MEMBRO

\_\_\_\_\_  
HERICH PIMENTEL PAIVA DA SILVA/CAPITÃO/ARTILHARIA  
MEMBRO

Acima de tudo, agradeço a Deus por esta realização.

Dedico a minha família, por terem sempre sido meu suporte nas diversas dificuldades encontradas na vereda da vida.

A minha querida noiva, por ter sido compreensiva e paciente nos momentos de ausência.

Ao meu orientador, pelas correções oportunas, pela disponibilidade e dedicação.

“Estar preparado para a guerra é um dos meios mais eficazes de preservar a paz.”  
**(GEORGE WASHINGTON)**

## **A GUERRA AÉREA NA SÍRIA E SEUS ENSINAMENTOS PARA O SUBSISTEMA DE CONTROLE E ALERTA DA ARTILHARIA ANTIAÉREA DO EXÉRCITO BRASILEIRO**

Danylo Praxedes da Silva

**Resumo:** O presente trabalho tem como objetivo levantar os principais aspectos relacionados ao subsistema de controle e alerta da artilharia antiaérea utilizado atualmente pelo Brasil. A fim de facilitar a compreensão do estudo, são abordados, com mais profundidade, as características dos principais radares utilizados e suas principais capacidades e limitações. É realizada uma abordagem histórica sobre o emprego nos conflitos na Síria dos diversos sistemas de controle e alerta levantados na pesquisa, com a finalidade de auxiliar a compreensão e orientar a análise dos dados e a conclusão do presente trabalho. Ainda, é realizado uma abordagem do provável prognóstico dos meios de artilharia antiaérea brasileira face ao ocorrido na Síria a partir de um levantamento de dados atualizados sobre o sistema de controle e alerta da artilharia antiaérea do Exército Brasileiro. Para alcançar os objetivos propostos, foi realizada uma pesquisa bibliográfica com base em um processo indutivo, dividindo a pesquisa em capítulos destinados à exposição dos dados pesquisados dos sistemas de controle e alerta de artilharia antiaérea de cada país, seguidos de uma análise dos dados obtidos e de uma conclusão sobre o tema.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistema de Controle e Alerta, Guerra aérea, Artilharia Antiaérea.

## THE AIR WAR IN SYRIA AND ITS TEACHINGS FOR THE CONTROL AND ALERTING SUBSYSTEM OF THE BRAZILIAN ARMY'S ANTI-AIRCRAFT ARTILLERY

Danylo Praxedes da Silva

**Abstract:** The present work aims to raise the main aspects related to the control and alert subsystem of the antiaircraft artillery currently used by Brazil. In order to facilitate the comprehension of the study, the characteristics of the main radars used and their main capacities and limitations are approached with more depth. A historical approach is made on the use of conflicts in Syria of the various control and alert systems raised in the research, in order to help understand and guide the analysis of the data and the conclusion of the present work. Furthermore, an approach to the probable prognosis of the Brazilian anti-aircraft artillery is carried out in relation to the situation in Syria from a survey of updated data on the control and alert system of the Brazilian Army's anti-aircraft artillery. To achieve the proposed objectives, a bibliographic research was conducted based on an inductive process, dividing the research into chapters aimed at exposing the researched data of the control systems and alert of anti-aircraft artillery of each country, followed by an analysis of the data obtained and a conclusion on the subject.

**KEY WORDS:** Control and Alerting system, air war, anti-aircraft artillery.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Emissão de ondas RADAR.....	16
Figura 2 – Diagrama do RADAR.....	17
Figura 3 – B2 Spirit.....	21
Figura 4 – Su-35S.....	21
Figura 5 – Boeing AH-64 Apache.....	22
Figura 6 – C-130.....	22
Figura 7 – E-3 Sentry.....	23
Figura 8 - RQ-4 Global Hawk.....	23
Figura 9 – Tomahawk Block IV.....	24
Figura 10 – Bombardeio em Homs e Damasco.....	24
Figura 11 – Alvos do bombardeio.....	24
Figura 12 – Mísseis utilizados no ataque.....	25
Figura 13 – Sistemas de defesa em solo Sírio.....	26
Figura 14 – Alcance dos sistemas de defesa russos na Síria.....	27
Figura 15 – Estrutura do sistema de defesa aérea Triumph.....	28
Figura 16 – Sistema Pantsir.....	29
Figura 17 – Complexo de detecção radar do Pantsir.....	30
Figura 18 – Sistema Tor.....	32
Figura 19 – Alcance dos sistemas de defesa antiaérea da Síria.....	35
Figura 20 – Sistema S-200.....	35
Figura 21 – Radar 5N62.....	36
Figura 22 – S-125.....	38
Figura 23 – Posto de commando do Buk.....	39
Figura 24 – Estação de designação de alvo e detecção.....	40
Figura 25 – Estação Diretora de Tiro – FILA.....	41
Figura 26 – Radar Saber M60.....	44
Figura 27 – VBC Gepard 1A2.....	47
Figura 28 – Radares do Gepard.....	47

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2 FUNDAMENTOS</b> .....	15
2.1 FUNDAMENTOS DO RADAR.....	15
<b>3 AMEAÇA AÉREA</b> .....	20
3.1 CONCEITO.....	20
3.2 FAIXAS DE EMPREGO.....	20
<b>4 O ATAQUE AÉREO EM HOMS E DAMASCO</b> .....	24
<b>5 RADARES AAe DAS FORÇAS ARMADAS SÍRIAS</b> .....	25
5.1 SISTEMAS DE DEFESA ANTI-AÉREA RUSSOS NA SÍRIA.....	26
5.1.1 S-400 Triumph.....	27
5.1.2 Pantsir.....	29
5.1.3 Tor M.....	32
5.2 SISTEMAS DE DEFESA ANTI-AÉREA DA SÍRIA.....	34
5.2.1 S -200.....	35
5.2.2 S-125.....	38
5.2.3 Buk-M2.....	38
<b>5.2.3.1 KP 9S510</b> .....	39
<b>5.2.3.2 SOC 9S18M1-3</b> .....	40
<b>5.2.3.3 RPN 9S36</b> .....	41
<b>6 OS RADARES NA AAAe BRASILEIRA</b> .....	41
6.1 EQUIPAMENTO DE DIREÇÃO DE TIRO FILA.....	41
6.2 RADAR SABER M-60.....	43
6.3 SISTEMA GEPARD.....	45
<b>7 ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS</b> .....	48
<b>8 CONCLUSÃO</b> .....	51
<b>9 REFERÊNCIAS</b> .....	53

## 1 INTRODUÇÃO

Na história das guerras, podemos observar que os conflitos entre impérios, reinos e civilizações sempre foram marcados pela evolução de técnicas, táticas, formas de emprego e tecnologias, com a finalidade de se obter vantagem sobre o adversário. Analisando os fatos, pode-se atestar que, segundo Gilbert (2005), o sucesso na guerra pertence àqueles que se preparam melhor; e o treinamento, o municiamento e a organização dos exércitos são os fatores centrais dessa preparação.

Com o avanço das tecnologias no passar do tempo, foi possível o surgimento e a evolução de um vetor na guerra que influenciaria e conduziria os combates de forma decisória, devido às suas armas inovadoras e formas de emprego nunca vistas antes, as aeronaves em combate.

Na Segunda Guerra Mundial, esse vetor bélico ficou mais evidenciado, visto que as Forças Armadas puderam atestar a sua importância na manutenção da supremacia do combate em seus Teatros de Operações (TO). A capacidade de se contrapor a tais vetores se tornou uma preocupação constante de todos os países beligerantes, colocando os meios de Artilharia Antiaérea (AAe) como um dos principais atores para compor suas Defesa Antiaérea (DA Ae).

Os avanços tecnológicos na área de defesa têm como consequência direta a preocupação dos países em empregar de maneira eficaz sua DAAe nos pontos sensíveis do Território Nacional (TN), a fim de assegurar a sua soberania. Podendo influenciar em aspectos políticos, econômicos, entre outros.

No centro da questão, encontram-se os sistemas de detecção utilizados pela Artilharia Antiaérea (AAAe) dos diversos países, que têm por missões realizar a vigilância do espaço aéreo sob a responsabilidade de determinado escalão de AAAe, receber e difundir o alerta da aproximação de incursões e acionar, controlar e coordenar a AAAe subordinada (BRASIL, 2017, p. 3-4). Decorrente da diversa variedade de ameaças aéreas empregadas atualmente, os subsistemas de controle e alerta utilizados podem ser classificados quanto a sua faixa de emprego, quanto ao seu tipo, alcance, entre outros, o que reforça a necessidade de haver uma diversidade de meios de AAAe tão grande quanto são as ameaças encontradas (BRASIL, 2015, p. 2-11).

Recentemente, mais especificamente no ano de 2018 foi realizado pelos Estados Unidos, Reino Unido e França um bombardeio na madrugada do dia 13 de abril as localidades de Homs e Damasco, na Síria. As autoridades envolvidas no ataque justificaram-se dizendo que foram em resposta a suposto uso de armas químicas pelo governo de Bashar al-Assad. A ação partiu de navios e caças, com mísseis europeus e dos EUA guiados por GPS. Independentemente de alguns mísseis terem sido interceptados ou não, o objetivo do ataque foi alcançado com sucesso, influenciando diretamente na soberania do Território nacional sírio. Vale ressaltar que o objetivo do presente trabalho não se prende a examinar o conflito em seu caráter político, e sim examinar o uso de ataques e defesas aeroespaciais envolvidos de forma imparcial, comparando com o Sistema de Defesa Antiaérea brasileiro.

Levando em consideração o contexto brasileiro, o Brasil é o maior país da América do Sul e da região da América Latina, sendo o quinto maior do mundo em área territorial e quinto em população. Caracteriza-se pela diversidade de animais selvagens, ecossistemas e de vastos recursos naturais, tais como: Reservas de petróleo, aquíferos, reservas de minérios valiosos, entre outros. Como potência regional e média, a nação tem reconhecimento e influência internacional, sendo que também é classificada como uma potência global emergente e como uma possível superpotência por vários analistas. Pode-se atestar com isso que se faz necessário um sistema de defesa Antiaérea eficaz e capaz de se contrapor as novas ameaças aéreas existentes. Mais especificamente, um subsistema de controle e alerta que seja capaz de detectar o novo vetor aéreo, de fornecer o alerta antecipado da ameaça, e fornecer os dados necessários ao sistema de armas de forma eficiente para que seja neutralizada. Dentro deste cenário, a última modernização que ocorreu com o subsistema de controle e alerta da Artilharia Antiaérea no Exército Brasileiro foi a aquisição das Viaturas Blindadas de Combate Gepard 1A2. Esta trouxe um modelo de vigilância do espaço aéreo e busca de alvo mais atualizado, o que permitiu um ganho de tempo e precisão significativos.

Este trabalho, portanto, orientar-se-á no sentido de mensurar a capacidade de vigilância e busca de alvos dos sistemas de controle e alerta presentes na Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro e verificar se a proteção do território nacional Brasileiro pode ser realizada de maneira eficaz contra os vetores aéreos da atualidade.

## 1.1 METODOLOGIA

### 1.1.1 TEMA

O tema central do presente trabalho foi delimitado ao estudo sobre o subsistema de controle e alerta da AAAe empregada pela Síria e pelo Brasil, a fim de ser realizada uma comparação frente as ameaças aéreas da atualidade. Assim, o tema está delimitado em objeto de estudo ao subsistema de controle e alerta empregado por esses países e, no espaço, ao Território Nacional Brasileiro e ao Teatro de operações da guerra na Síria. Por fim, limitou-se no tempo ao estudo em duas abordagens: a factual, em relação à situação presente (2019) do objeto de estudo, e a histórica, em relação a um período do bombardeio ocorrido em 2018.

A presente pesquisa trata o tema, em um primeiro momento, sob a perspectiva histórica, tendo em vista que leva em consideração a abordagem dos armamentos pesquisados relacionada ao seu emprego em conflitos armados recentes. Além da abordagem histórica, será realizado um estudo factual e prognóstico, ao fazer considerações sobre a atual situação dos meios de AAAe dos países do escopo delimitado e uma possível previsão, baseada na pesquisa realizada.

### 1.1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A situação problematizada, que norteou a pesquisa realizada foi a seguinte: “Quais aprendizados para o Subsistema de controle e alerta da Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro podemos tirar do bombardeio de Damasco e Homs, ocorrido na Síria?”

### 1.1.3 QUESTÕES DE ESTUDO

Dentre os questionamentos levantados para o guiamento do presente estudo, destacam-se os seguintes:

- a) Como foi o bombardeio ocorrido em 2018 em Damasco e Homs?
- b) Quais são os principais sistemas de detecção e alerta utilizados pela AAAe Síria?
- c) Quais são as principais possibilidades e limitações dos sistemas de detecção e alerta da A Ae Síria?

- d) Quais são os principais sistemas de detecção e alerta utilizados pela A Ae Brasileira?
- e) Quais são as principais possibilidades e limitações dos sistemas de detecção e alerta da A Ae Brasileira?
- f) Como se realiza o processo de detecção de um alvo pela Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro?
- g) Dentre os materiais considerados, quais já foram empregados em conflitos armados recentes?
- h) A Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro está preparada fazer frente à uma situação semelhante à do ocorrido em Damasco e Homs?

#### 1.1.4 OBJETIVOS

Direcionado aos questionamentos apresentados e ao problema exposto, definiu-se como objetivo geral de pesquisa, verificar a partir da análise do emprego da AAe no conflito na Síria, se o Subsistema de controle e alerta da Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro está preparado para a proteção do Território Nacional Brasileiro, com a finalidade de proporcionar informações relevantes e atualizadas sobre o tema, sendo os objetivos específicos os que seguem:

- a. Apresentar o caso do bombardeio Damasco e Homs ocorrido durante a Guerra na Síria;
- b. Apresentar os principais materiais utilizados para detecção e alerta de AAe da Síria;
- c. Apresentar as possibilidades e limitações dos materiais utilizados para detecção e alerta de AAe do Síria;
- d. Apresentar os principais materiais utilizados pelo subsistema de controle e alerta de AAe do Brasil;
- e. Apresentar as possibilidades e limitações dos subsistemas de controle e alerta de AAe do Brasil;
- f. Apresentar a detecção e alerta da Artilharia antiaérea do Exército Brasileiro;
- g. Apresentar a atuação dos materiais utilizados para detecção e alerta de AAe em conflitos recentes.
- h. Apresentar a possibilidade de contrapor-se a ataque semelhante ao ocorrido em Homs e Damasco.

### 1.1.5 JUSTIFICATIVA

Diante de um cenário seriamente decisivo e que nos mais diversos vetores, suas consequências resultarão cada vez mais na derrota ou na vitória do combate, os países beligerantes buscam se destacar pela eficiência e eficácia de seus armamentos e/ou aeronaves. Um dos meios de conseguir posição de vantagem sobre seu adversário está na obtenção de melhor preparo e avanço tecnológico utilizados em seus ataques, através de um consistente estudo em desenvolvimento de engenharias e conhecimento acerca do assunto.

Para tanto, as inovações que se sucedem nesse início do século XXI, estão apontando mudanças radicais no meio militar, colocando novos tipos de armamentos em obsolescência muito rapidamente. Não por questão de validade dos materiais, mas por consequência das novas maneiras de conduzir o combate.

O mesmo tem acontecido com relação a Defesa antiaérea. Desde o século passado, podem-se destacar o aprimoramento dos sistemas de radares na direção eletrônica de canhões, o guiamento de mísseis por diferentes métodos, sistemas inerciais, sistemas de guiamento por satélite, entre outros.

Nesse sentido, o presente trabalho justifica-se por promover um estudo sobre a atual situação da AAAe do Exército Brasileiro e buscar levantar dados sobre o que há de mais recente sobre o tema.

### 1.1.6 CONTRIBUIÇÃO

A relevância desta pesquisa contribui, diretamente, para a conscientização da atual situação do subsistema de controle e alerta da Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro e para a compreensão do estado efetivo das ameaças aéreas que auxiliarão na futura aquisição de novos instrumentos, assim, aprimorando a defesa do Território Nacional Brasileiro.

### 1.1.7 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho se configura em uma pesquisa do tipo qualitativa, quanto a forma de abordagem, e se enquadra na modalidade descritiva na qual objetiva o

detalhamento e a exposição dos dados afim de pesquisar quais os ensinamentos para a Artilharia Antiaérea Brasileira podem ser tirados da guerra aérea na Síria e qual a atual conjuntura dos radares frente a modernas ameaças aéreas, que é o cerne do problema geral da pesquisa.

A essência do trabalho se refere ao estudo bibliográfico que, para sua realização, terá por método a leitura exploratória e seletiva do material de pesquisa, realizando os levantamentos bibliográficos junto a livros, jornais, revistas e WEB, objetivando a realização de um trabalho atualizado.

A escolha e seleção das obras que comporão as fontes de pesquisa serão referenciadas em publicações de reconhecida relevância e importância dos autores e instituições no meio acadêmico em artigos veiculados em periódicos indexados pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

O delineamento de pesquisa contemplará as fases de levantamento e seleção da bibliografia; coleta dos dados, crítica dos dados, leitura analítica e fichamento das fontes.

No desenvolvimento serão abordadas as seguintes seções secundárias:

- FUNDAMENTOS DO RADAR - Pretende apresentar os princípios básicos do radar e seu funcionamento;

- A AMEAÇA AÉREA - Pretende descrever as características das ameaças aérea;

- O ATAQUE AÉREO EM HOMS E DAMASCO – Pretende apresentar o antecedente histórico e o ataque propriamente dito.

- OS SISTEMAS DE DEFESA AÉREA NA SÍRIA - Pretende apresentar os radares presentes na AAAe Síria, focando nas características, possibilidades e limitações;

- OS RADARES DE AAAe BRASILEIROS - Pretende apresentar os radares presentes na AAAe brasileira, focando nas características, possibilidades e limitações;

Por fim, apresentou-se uma análise dos dados obtidos e em comparação entre o preparo de ambos Exércitos pesquisados, chegou-se a composição de um aprendizado.

## 2 FUNDAMENTOS

### 2.1 FUNDAMENTOS DO RADAR

A invenção do radar é certamente um evento marcante. O mundo moderno é difícil de se imaginar sem estações de radar. Eles são usados na aviação, no transporte marítimo, com a sua ajuda o tempo é previsto, violadores das regras de trânsito são detectados e a superfície da Terra é escaneada. Também se encontra aplicação dos sistemas de radar na indústria espacial e nos sistemas de navegação.

No entanto, o uso mais extensivo dos radares é encontrado em assuntos militares. Deve-se dizer que esta tecnologia foi originalmente criada para necessidades militares e atingiu o estágio de implementação prática pouco antes do início da Segunda Guerra Mundial. Os maiores países ativamente participantes desse conflito usaram estações de radares para reconhecimento e detecção de navios e aeronaves inimigas. É seguro dizer que o uso do radar decidiu o resultado de várias batalhas icônicas na Europa e no teatro de hostilidades no Pacífico.

Hoje, os radares são usados para resolver uma gama extremamente ampla de tarefas militares, desde rastrear o lançamento de mísseis balísticos intercontinentais até reconhecimento de artilharia. Cada aeronave, helicóptero, navio de guerra tem seu próprio complexo de radar. Os radares são a base do sistema de defesa contra ameaças aéreas. Em geral, a diversidade de radares modernos é bastante abrangente. Estes são dispositivos completamente diferentes em tamanho, características e propósito dos que foram seus antecessores.

Radar é um sistema de detecção que usa ondas de rádio para determinar o alcance, o ângulo e a velocidade dos objetos. Ele pode ser usado para detectar aeronaves, navios, espaçonaves, mísseis guiados, veículos a motor, formações meteorológicas e terrenos. Um sistema de radar consiste em um transmissor produzindo ondas eletromagnéticas, uma antena transmissora, uma antena receptora e um processador para determinar as propriedades do objeto detectado. As ondas de rádio (pulsadas ou contínuas) do transmissor refletem no objeto e retornam ao receptor, fornecendo informações sobre a localização e a velocidade do objeto. (Tradução livre, na Obra *World War II Technology that Changed Warfare - Radar and Bombsights* de Sean Foley, 2011)

A palavra “RADAR” corresponde à sigla retirada das palavras *R*Adio *D*etection *A*nd *R*anging (detecção e medida de distâncias por ondas de rádio) criada pela marinha americana.

Ao conceituar Radar, Leitão (2003, p. 2) o define da seguinte forma: “o radar consiste num método de estender a percepção do homem na determinação da presença e localização de objetos através do uso de ondas de rádio”. Dessa forma, é possível expressar que o radar é uma maneira de o homem enxergar além do que está ao seu alcance visual, objetos que sem o auxílio da tecnologia não poderiam ser identificados com a necessária antecipação.

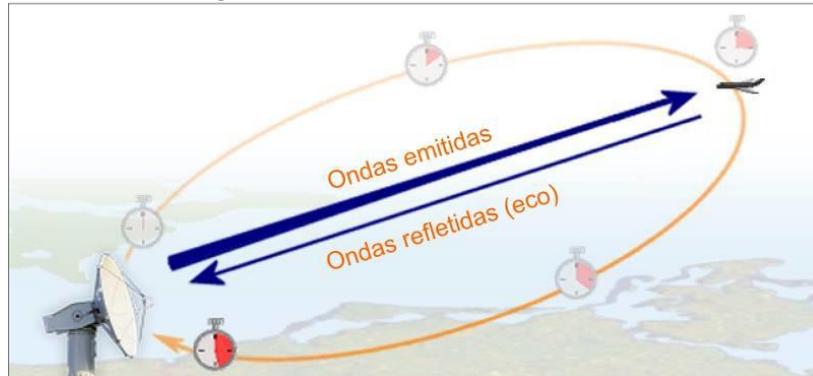
### 2.1.1 Funcionamento do radar

O radar usa um princípio muito semelhante ao das ondas luminosas e sonoras. A diferença reside no fato do radar utilizar ondas eletromagnéticas de elevada frequência. Elas se propagam com velocidade constante (300.000 Km/seg ou 300 m/ $\mu$ s), são refletidas pelos objetos e retornam com intensidade reduzida, mas capazes de serem captadas, mesmo o alvo estando afastado.

O princípio básico da operação do radar é o fenômeno da reflexão das ondas de rádio que incidem em um objeto qualquer.

O radar transmite um pulso de ondas de rádio lançando-o no espaço. Se a energia irradiada não esbarrar em nenhum obstáculo ela se perderá no espaço. Caso esbarre em algum objeto, como um avião, parte da energia retorna como onda refletida ("eco" - analogia com as ondas sonoras). (EB60-N-23.018, 2014, p 4-14)

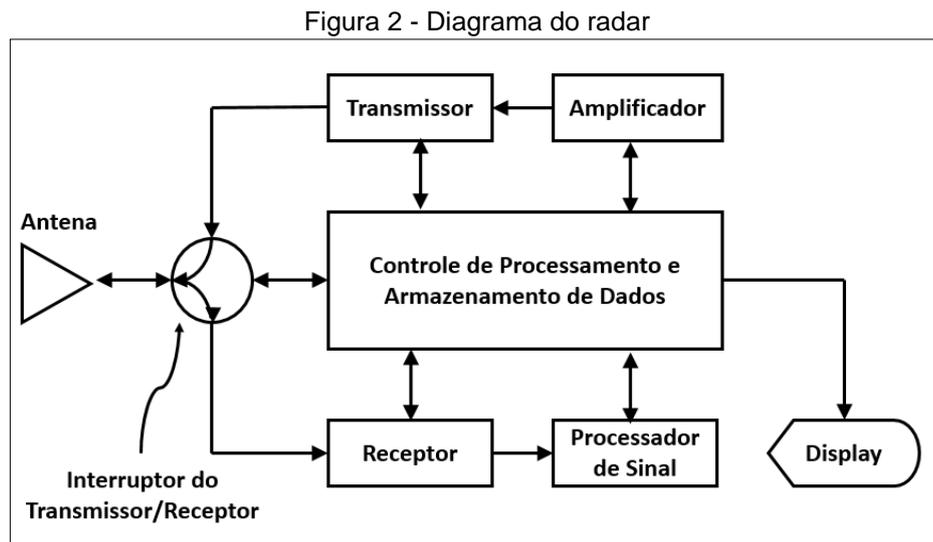
Figura 1 - Emissão de ondas do radar



Fonte: EB60-N-23.018 – Princípios Básicos de Radar, 2014.

Explicando o funcionamento de um Radar, Curvelo (2014) afirma que se pode resumir da seguinte forma: Um pulso de energia eletromagnética, oscilando em uma frequência pré-determinada, é gerada pelo transmissor. O pulso é encaminhado através de um “switch” (interruptor) transmissor-receptor para uma antena. O transmissor-receptor “switch”, ou duplex, protege o receptor sensível do pulso transmitido de alta potência. O pulso é irradiado para o espaço livre através de uma antena. O pulso eletromagnético propaga para fora na velocidade da luz, espalhando a partir de objetos que encontra ao longo do caminho. Uma parte do sinal disperso retorna ao radar. O sinal disperso é coletado pela antena e encaminhado através do

switch transmissor-receptor para o receptor. A presença do sinal recebido pode ser detectada no receptor, uma vez que imita a frequência e a duração da transmissão do pulso. O sinal recebido é aumentado, os sinais de interferência são reduzidos, e as medições do objeto são feitas por um processamento de sinal. As resultantes detecções de sinais recebidos são apresentados aos operadores de radar em displays. Detectar a presença de um objeto é importante, mas o valor real do radar será na capacidade de medir a distância entre o radar e o objeto, assim como a sua velocidade e altitude.



Fonte: CURVELO, 2014, p.18.

Quanto a obtenção da distância entre o Radar e o objeto, a velocidade e a altitude do objeto, de acordo com Novo e Ponzoni (2001), tem-se que são adquiridas na medida em que o objeto detectado se desloca e sucessivos pulsos são transmitidos e recebidos pela antena, formando uma imagem no display.

Evidencia-se que os radares têm diversas áreas de emprego e, para cada uma existe o sistema apropriado, conforme as bandas de operação do sistema, como podem ser vistas no quadro a seguir:

Quadro 1 - Divisão por bandas do espectro eletromagnético nas aplicações radar.

Designação	Faixa Nominal de Frequência	Aplicação Radar
HF	3 MHz – 30 MHz	Ondas eletromagnéticas nas frequências de HF têm a importante propriedade de serem refratadas na ionosfera, retornando à superfície a distâncias entre 500 e 2.000 NM, dependendo das condições, permitindo a utilização de radares “over the horizon” (OTH).

VHF	30 MHz – 300 MHz	Possui boa faixa de frequência para radares de baixo custo e de longo alcance; nesta faixa, teoricamente, é difícil reduzir a “radar cross section” (RCS) da maioria dos alvos aéreos; entretanto, as vantagens não compensam as desvantagens e existem poucas aplicações radar em VHF.
UHF	300 MHz – 1000 MHz	Mesmos problemas da faixa VHF; entretanto, o ruído externo natural é menos problemático e largura de feixes são mais estreitas; boa opção para radares de vigilância de longo alcance, especialmente contra alvos como mísseis balísticos; ajusta-se bem numa “airborne early warning” (AEW).
L	1 GHz – 2GHz	Esta é a faixa preferida para aplicação de vigilância em longa distância, como radares de rota com 200 NM de alcance; é possível obter boa performance na função “moving target indicator” (MTI) e obter alta potência com antenas faixa estreita; ruído externo é baixo; radares militares 3D podem ser encontrados tanto nesta faixa quanto na banda S; também utilizada para detecção de alvos espaciais a longa distância (mísseis balísticos, por exemplo).
S	2 GHz – 4 GHz	Radares de Vigilância podem ter longo alcance nesta faixa; as velocidades cegas que ocorrem na função MTI são maiores na medida em que sobre a frequência; o eco da chuva pode reduzir significativamente o alcance de radares na banda S; é também uma boa faixa para radares de terminais de aproximação; as larguras de feixe mais estreitas proporcionam boa resolução angular; nesta faixa encontram-se radares militares 3D; radares altímetros e radares pulso-Doppler de vigilância embarcados; geralmente, frequências abaixo da faixa S são melhores para vigilância e acima para aquisição de informação, tais como acompanhamento de precisão de alvos individuais; se uma frequência única deve ser escolhida tanto para vigilância quanto para rastreamento de precisão, como em sistemas de defesa aérea militares, a banda S oferece uma boa relação de compromisso.
C	4 GHz – 8 GHz	Solução intermediária entre as faixas S e X; nesta faixa encontram-se radares de precisão de longa distância para acompanhamento de mísseis; também utilizada para radares de defesa aérea “phased array” multifuncionais e em radares meteorológicos de médio alcance.
X	8 GHz – 12 GHz	Esta é uma faixa popular para radares militares para controle de armas (rastreamento) e outras aplicações civis; navegação marítima; aplicações meteorológicas, navegação Doppler e radares de velocidade policiais são utilitários dessa faixa de frequência; radares dessa faixa são geralmente de tamanho conveniente e, portanto, oferecem vantagens quanto à mobilidade e o peso, quando não há necessidade de grande alcance; a faixa larga disponível permite a construção de radares de alta definição e a geração de pulsos curtos e feixes estreitos

		que podem ser obtidos com antenas bem pequenas; entretanto radares de banda X são bastante debilitados na presença de chuva.
Ku	12 GHz – 18 GHz	As aplicações nessa faixa são raras devido aos problemas de propagação; os radares para detecção de movimentos de superfície em aeroportos, para localização e controle de tráfegos no solo, estão na banda Ku, pela necessidade de alta resolução; as desvantagens nesse caso não são importantes devido ao curto alcance requerido.
K	18 GHz – 27 GHz	
Ka	27 GHz – 40 GHz	

Fonte: Apostila do Curso Operacional de Guerra Eletrônica – Força Aérea Brasileira, 2006.

Na área militar, mais especificamente na Defesa Antiaérea, os radares são divididos em 03 (três) categorias, como está definido no Manual EB60-N-23.018, p4-15 a 4-18:

4.4.1. Radar de Vigilância que tem por finalidade detectar qualquer incursão que ingresse no volume de espaço, de uma defesa, sob a responsabilidade de um centro de controle, de modo que este possa fornecer o alerta com a devida antecedência. Fornece dados com relativa precisão.

4.4.2. Radar de Busca que está integrado a um sistema de armas, a fim de detectar qualquer incursão que ingresse no volume do espaço de uma defesa, propiciando seu engajamento em tempo útil. Fornece dados mais precisos que os Radares de Vigilância.

4.4.3 Radar de Tiro que acompanha um determinado vetor hostil, com a finalidade de fornecer elementos precisos para o ataque ao referido vetor. Fornece dados com muita precisão.

Estes, em conjunto com seus controladores, formam sistemas de controle e alerta das defesas antiaéreas.

### 3 AMEAÇA AÉREA

#### 3.1 CONCEITO

A doutrina vigente na Artilharia Antiaérea Brasileira 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 não somente os mais diversos tipos de aeronaves dedicadas para tal, como modernos sistemas de mísseis e satélites para os mais variados fins.” (EB60-MT23.461, p A-1, 2015)

Ou seja, qualquer vetor aéreo capaz de ameaçar a integridade da soberania nacional em todo o território nos tempos de paz, ou em tempos de guerra, qualquer vetor aéreo que intervenha nas operações militares.

#### 3.2 FAIXAS DE EMPREGO

Ainda de acordo com a doutrina de AAe Brasileira, pode-se dividir em faixas de emprego, o espaço aéreo de atuação das ameaças aéreas em:

a. Altura orbital - Faixa que vai do limite da atmosfera terrestre para o espaço exterior. É a faixa de emprego dos satélites artificiais.

b. Grande altura - Esta faixa vai de 15000 m até os limites da atmosfera. Nela atuam: (1) Aeronaves tripuladas ou não, especializadas em missões de reconhecimento estratégico, utilizando-se de sensores passivos e/ou ativos. (2) Mísseis balísticos táticos/estratégicos.

c. Média altura - Esta faixa vai de 3000 m até 15000 m. A atividade aérea nesta faixa é constituída de aeronaves de asa fixa, cumprindo os mais variados tipos de missão: (1) Aeronaves AWACS, AEW e de alarme terrestre. (2) Bombardeiros e aeronaves de ataque ao solo. (3) Aeronaves de transporte.

d. Baixa altura - Esta faixa vai de 0 a 3000 m. É onde se concentram o maior número de ações desenvolvidas pela ameaça aérea, acessíveis a qualquer força armada. Através dos seguintes meios de emprego: (1) Bombardeiros e aeronaves de ataque ao solo. Essas aeronaves realizam penetração a baixa altura e os mais variados tipos de missões, como cobertura, supressão de defesa antiaérea, ataque, reconhecimento armado e reconhecimento tático e estratégico, quando equipadas com casulos de reconhecimento.

Figura 3 - B2 Spirit



Fonte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fc/B-Spiritbombing%2C1994.jpg>, disponível em 20/07/2019 às 11:30.

Figura 4 - Su -35S



Fonte: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/20/Sukhoi\\_Su-35S\\_in\\_2009.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/20/Sukhoi_Su-35S_in_2009.jpg), disponível em 20/07/2019 às 11:30.

(2) Helicópteros. Cumprem os mais variados tipos de missão tais como ataque ao solo, reconhecimento, transporte, com aeronaves específicas ou utilitárias

Figura 5 - Boeing AH-64 Apache



Fonte: [https://airway.uol.com.br/wp-content/uploads/2016/01/ah-64d\\_apache.jpg](https://airway.uol.com.br/wp-content/uploads/2016/01/ah-64d_apache.jpg), disponível em 20/07/2019 às 11:30.

(3) Avn de transporte. Realizam missões de assalto aeroterrestre, suprimento pelo ar dentre outras.

Figura 6 - C-130



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/LockheedC-30Hercules#/media/Ficheiro:LockheedC-130Hercules.jpg>, disponível em 20/07/2019 às 11:30.

(4) Anv de guerra eletrônico. De relevante importância para a AAAe, realizam penetrações a baixa altura localizando e interferindo em sistemas de comunicações e radares das defesas antiaéreas.

Figura 7 - E-3 Sentry



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/BoeingE3Sentry#/media/Ficheiro:Usaf.e3sentry.750pix.jpg>, disponível em 20/07/2019 às 11:30.

(5) Veículos aéreos não tripulados (VANT). Discretas e versáteis, estas pequenas aeronaves são capazes de desempenhar as mais variadas missões, sendo a sua principal o reconhecimento tático. Utilizando câmeras e sensores infravermelho, podem transmitir informações em tempo real a uma estação de rastreamento. Podem ser utilizados em missões de vigilância, guerra eletrônica e como engodo.

Figura 8 - RQ-4 Global Hawk



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/NorthropGrummanRQ4GlobalHawk#/media/Ficheiro:GlobalHawk1.jpg>, disponível em 20/07/2019 às 11:30.

(6) Míssil de cruzeiro. É o tipo de míssil que voa a uma velocidade e altitude constantes, durante toda a sua trajetória de aproximação para seu objetivo. Esse tipo de armamento pode ser transportado e disparado a partir de navios, aviões, submarinos e plataformas terrestres, possuindo grande alcance. Embora difíceis de serem detectados devido a sua pequena seção reta radar e altura de navegação, aproximadamente 15m, são possíveis de serem abatidos por armamento antiaéreo de baixa altura.

Figura 9 - Tomahawk block IV

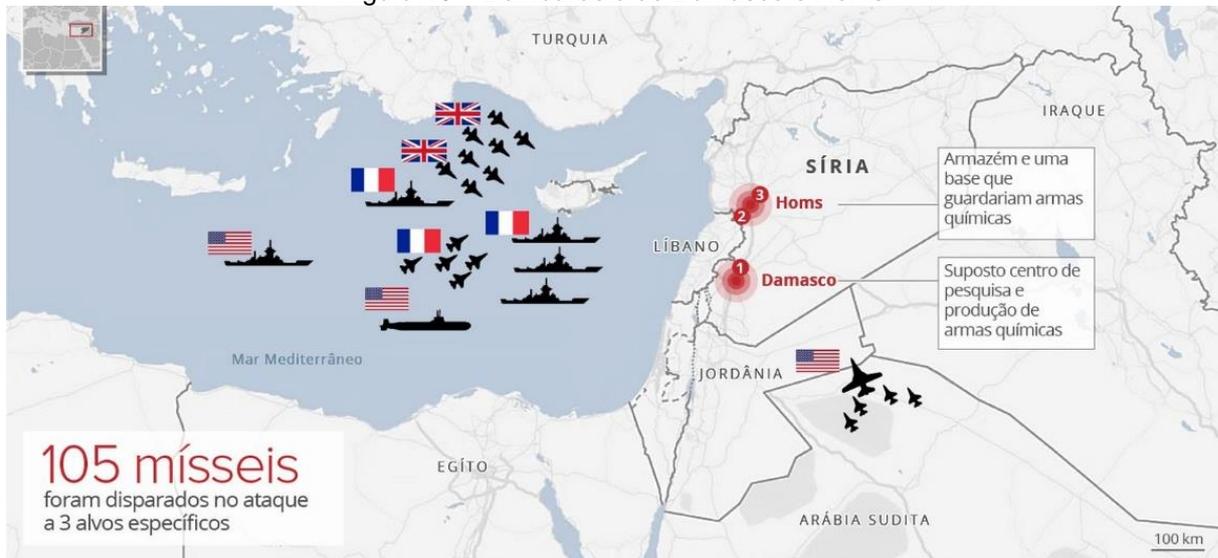


Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/M%C3%ADssildecruzeiro#/media/Ficheiro:TomahawkBlockIVcruise missile.jpg>, disponível em 20/07/2019 às 11:30.

## 4 O ATAQUE AÉREO EM HOMS E DAMASCO

Segundo o noticiário Reuters, o bombardeio de Damasco e Homs foi um ataque aeronaval realizado por forças da coalisão de militares dos Estados Unidos, França e Reino Unido contra alvos do regime de Bashar al-Assad na Síria. Ocorrido em 14 de abril de 2018, às 04:00h, horário Sírio.

Figura 10 – Bombardeio de Damasco e Homs



Fonte: <https://g1.globo.com/mundo/noticia/trump-anuncia-ataque-na-siria.ghtml>, disponível em 10/07/2019 às 11:30.

As autoridades norte-americanas, francesas e britânicas alegaram que seria uma reação ao ataque com armas químicas efetivado pelas forças de Assad na região de Douma em 7 de abril, na Zona Rural de Damasco, para justificarem o lançamento do ataque em conjunto.

Figura 11 – Alvos do bombardeio



Fonte: <https://g1.globo.com/mundo/noticia/trump-anuncia-ataque-na-siria.ghtml>, disponível em 10/07/2019 às 11:30.

Os principais alvos dos bombardeios eram bases militares sírias associadas com a produção de armas químicas, como o Centro de Pesquisa de Barzeh (em Damasco), que foi completamente extinto. Na cidade de Homs, um depósito de armas químicas, uma instalação de estocagem de armas e um posto avançado de comando do exército sírio foram igualmente destruídos. Em contrapartida, o Ministério da Defesa da Rússia afirmou que, junto com o regime de Assad, conseguiram interceptar 71 dos 105 mísseis de cruzeiro disparados contra o território sírio, mas esta informação não foi confirmada.

Figura 12 – Mísseis utilizados no ataque

<b>Conheça os mísseis</b>		
		
<b>Tomahawk</b>	<b>Storm Shadows e SCALPs*</b>	<b>Ar-terra (JASSM)</b>
Quantidade lançada: 66	Quantidade lançada: 20	Quantidade lançada: 19
Alcance: 1.600 km	Alcance: 560 km	Alcance: 1.000 km
Velocidade: 890 km/h	Velocidade: 1000 km/h	Velocidade: 1000 km/h
Comprimento: 5,6 m	Comprimento: 5,1 m	Comprimento: 4,3 m
Peso: 1,3 tonelada	Peso: 1,3 tonelada	Peso: 1 tonelada
Peso de explosivos: 450kg	Peso de explosivos: 450kg	Peso de explosivos: 450kg
Posicionamento e navegação: GPS e mapeamento digital de terreno	Posicionamento e navegação: GPS, mapeamento infravermelho e reconhecimento automático de alvo	Posicionamento e navegação: GPS, mapeamento infravermelho e reconhecimento automático de alvo
Criação: EUA - 1983 (1º modelo)	Criação: França, Itália e Reino Unido - 2002	Criação: EUA - 2009

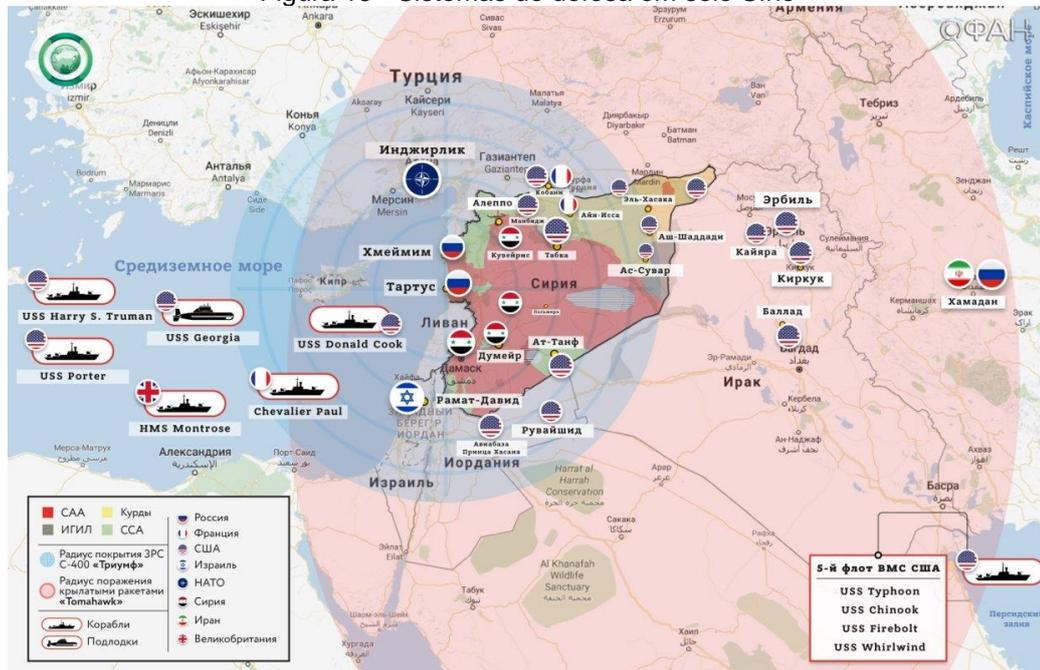
Fonte: <https://g1.globo.com/mundo/noticia/trump-anuncia-ataque-na-siria.ghtml>, disponível em

10/07/2019 às 11:30.

## 5 OS SISTEMAS DE DEFESA ANTI-AÉREA NA SÍRIA

Para que a Defesa antiaérea na Síria seja compreendida, se faz necessária uma breve explanação sobre o relacionamento entre a Síria e a extinta URSS, assim como entre a Síria e a Rússia. Visto que, dispostos no terreno sírio, existem sistemas de Defesa antiaérea pertencentes a Síria, assim como pertencentes a Rússia.

Figura 13 - Sistemas de defesa em solo Sírio



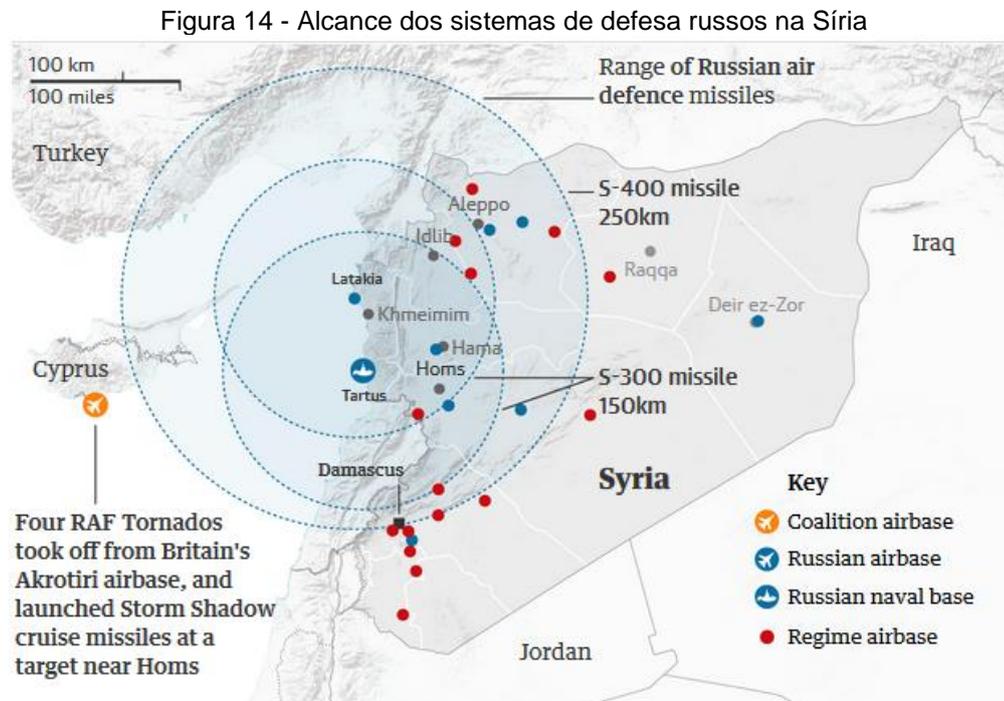
Fonte: <https://riafan.ru/1046938-siriya-siriiskaya-pvo-perehvatila-bolee-20-raket-zapadnoi-koalicii>, disponível em 20/07/2019 às 11:30.

### 5.1 SISTEMAS DE DEFESA ANTI-AÉREA RUSSOS NA SÍRIA

Segundo o Jornal Estado de Minas, a Síria já era uma aliada privilegiada na época soviética, mediante um "tratado de amizade e de cooperação" de 1980. Passado um período de afastamento após a queda da URSS, os presidentes Vladimir Putin e Bashar al-Assad se aproximaram nos anos 2000. Depois da revolta popular na Síria em 2011, Moscou apoiou o governo de Damasco e, em janeiro de 2012, enviou navios de guerra para a base russa de Tartus. Em 30 de setembro de 2015, a Rússia lançou uma campanha de bombardeios aéreos na Síria de apoio a Damasco, os quais começaram a mudar o rumo da guerra. Em Tartus, onde o Exército russo dispõe de instalações portuárias há várias décadas, foram instaladas baterias de defesa antiaérea S-300.

A maioria dos militares russos em território sírio se encontra estacionada na base aérea de Hmeimim (noroeste da Síria). Para garantir a defesa de sua base, a

Rússia instalou, em novembro de 2015, suas modernas baterias de defesa antiaérea S-400, uma de suas joias militares. Somam-se a isso meios móveis de defesa antiaérea Pantsir e Tor M1. Embora nem os rebeldes, nem os extremistas contem com uma Aviação, Moscou tem permissão para, em caso de necessidade, impor uma "zona de exclusão aérea" nos céus sírios.



Fonte: <https://www.theguardian.com/world/2018/apr/14/russia-claims-syria-air-defences-shot-down-majority-missiles>, disponível em 20/07/2019 às 11:30.

### 5.1.1 S-400 Triumph

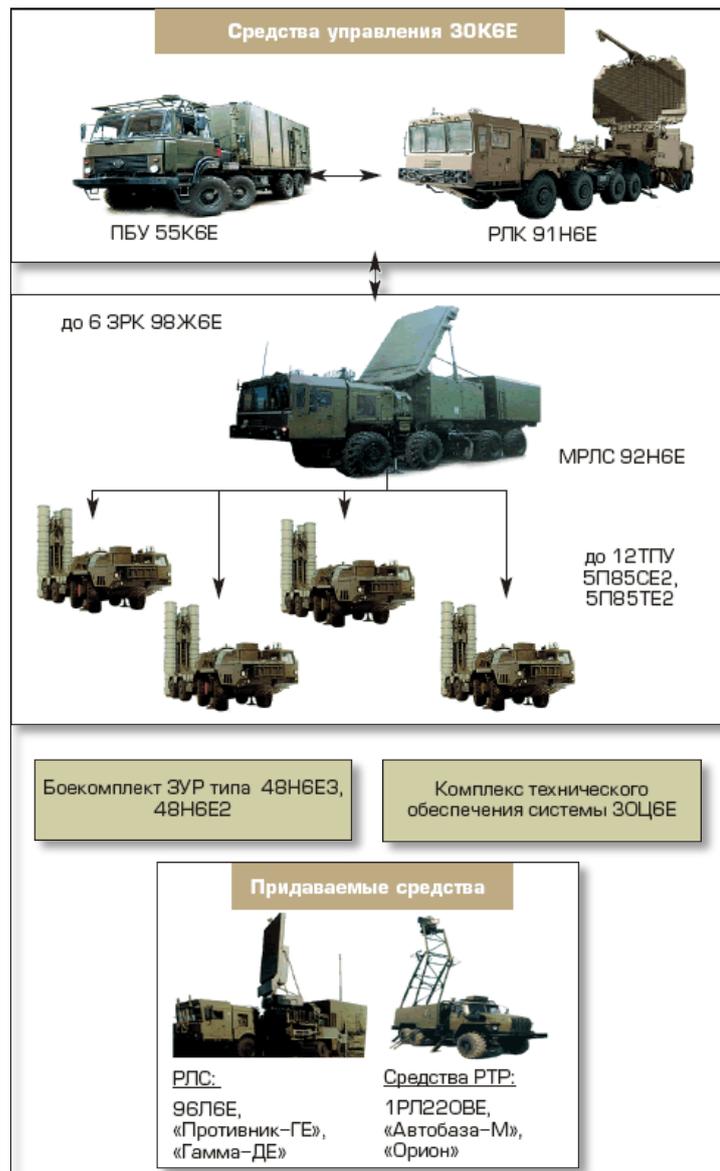
Segundo Aminova (1999), o S-400 "Triumph" (original - C 300PM3, codificação OTAN - SA-21 Growler) é um sistema Russo de mísseis antiaéreos de longo e médio alcance (SAM). Ele é projetado para destruir todos os meios modernos e promissores de ataque aeroespacial. "Triumph" é o nome da versão de exportação.

Segundo o instituto Lexington (2016), um grupo de analistas ocidentais consideram que o S-400, juntamente com sistemas como o Iskander OTRK e sistemas costeiros anti-navio da classe Bastion, desempenham um papel fundamental no novo conceito das Forças Armadas russas, conhecido no Ocidente como a "Zona Anti-Acesso" ou Negação de Área A2 / AD, que consiste no fato de que as tropas da OTAN não podem se mover dentro do alcance dos sistemas de área restrita A2 / AD, sem o risco de causar danos devastadores a elas.

O radar de alerta antecipado fornece um alcance de detecção de até 600 km. Os mísseis podem atingir alvos a baixa altitude a uma altura de 5m. É possível usar vários tipos de mísseis com diferentes pesos de lançamento e alcance de lançamento, o que permite criar uma defesa em camadas.

#### 5.1.1.1 A estrutura básica do sistema S-400

Figura 15 - Estrutura do sistema de defesa aérea Triumph



Fonte: <http://roe.ru/eng/catalog/air-defence-systems/air-defense-systems-and-mounts/s-400-triumf/>, disponível em 20/07/2019 às 11:30.

A estrutura do sistema de defesa aérea Triumph inclui:

1. equipamento de controle 30K6E como parte do - ponto de controle de combate (PBU) 55K6E, complexo de radar (RLC) 91N6E;

2. Até 6 sistemas de mísseis antiaéreos 98ZH6E, cada um consistindo em um radar multifuncional (MRS) 92N6E, até 12 veículos de lançamento de transporte (TPU) do tipo 5P85SE2, 5P85TE2 com a possibilidade de colocar em cada 4 SAMs do tipo 48N6E3, 48N6E2;

3. Munição para mísseis guiados antiaéreos (a construção de hardware e software do SAM 98Zh6E permite o uso de mísseis como 48N6E3, 48N6E2, e é possível usar o SAM 48N6E);

4. Um conjunto de meios de suporte técnico do sistema 30TS6E.

Quadro 2 – Características do sistema S-400

<b>Principais características</b>	
<b>Velocidade máxima do alvo, km / s</b>	4,8
<b>Faixa de Detecção, km</b>	600
<b>Os limites da zona de cobertura ao alcance, km</b>	
• máximo	- 400
• mínimo	- 2
<b>Os limites da zona de cobertura em altura a partir de alvos aerodinâmicos (km)</b>	
• máximo	- 30 (míssil 40N6E) / a partir de 27 (mísseis 48N6DM) / 35 (mísseis 9M96M)
• mínimo	- 0,005
<b>Os limites da zona de cobertura ao alcance de todos os mísseis balísticos disponíveis, km</b>	
• máximo	- 60
• mínimo	- 5
<b>Alvos máximos disparados simultaneamente</b>	80 (10 alvos de cada sistema de defesa aérea, até 8 sistemas de defesa aérea no total sob gestão geral) (até 2012 - 36 (6 sistemas de defesa aérea com 6 metas))
<b>Mísseis apontados para alvos</b>	160 (20 mísseis cada SAM, até 8 SAMs sob controle total)
<b>Prontidão, minutos</b>	0,6 do modo de espera / implantado no terreno 3
<b>Horas de trabalho contínuo</b>	10.000
<b>Vida útil, anos</b>	
• Componentes	mínimo 20
• Foguetes	15

Fonte: Catálogo de vendas Rosoboron Export, 2008.

### 5.1.2 Pantsir

Figura 16 - Sistema Pantsir



Fonte: <http://roe.ru/eng/catalog/air-defence-systems/air-defense-systems-and-mounts/pantsir-s1/>, disponível em 20/07/2019 às 11:30.

Segundo Aminova (1999), o Shell-C1 (no estágio de desenvolvimento, tinha o nome verbal “Tunguska-3”, codificação da OTAN - SA-22 *Greyhound*) é um complexo de mísseis antiaéreos de curto alcance montado sobre um chassi sobre esteiras, chassi sobre rodas, reboque ou montado permanentemente. A operação é realizada por dois ou três militares. A defesa aérea é realizada por canhões automáticas e mísseis guiados com orientação por comando de rádio, com rastreamento infravermelho e radar. O complexo foi projetado para proteger objetos de pequeno porte contra-ataques aéreos (tanto tripulados quanto não tripulados). Além disso, o complexo é capaz de combater alvos terrestres levemente blindados, realizando sua própria defesa contra inimigos aéreos ou terrestres.

Uma característica do complexo Pantsir é a combinação de um sistema de captura e rastreamento de alvos multicanal com armas de mísseis e artilharia, criando uma zona de interceptação de alvos contínua com altura mínima de 0m, alcance mínimo de 200 m, e alcance máximo de 20 km, mesmo sem suporte externo.

Figura 17 - Complexo de detecção radar do Pantsir



Fonte: [http://www.defesanet.com.br/br\\_ru/noticia/20340/Brasil-oficializa-escolha-do-PANTSIR-S1/](http://www.defesanet.com.br/br_ru/noticia/20340/Brasil-oficializa-escolha-do-PANTSIR-S1/), disponível em 20/07/2019 às 11:30.

Quadro 3 – Características do Pantsir

Principais características	
Munição: - SAM no lançador - tiros de artilharia	12 1400
Área de dano, km: - em alcance com armas de mísseis - em altura com armas de mísseis - em alcance com armas de canhão - em altura com armas de canhão	1200-20000 10-15000 200-4000 0-3000
Tempo de reação, s	4-6
Tripulação de batalha	3
A velocidade máxima dos alvos de acerto, m / s	1000
Desempenho, rpm / min	8 a 12
Estação de detecção e designação de alvo 1RS1	
intervalo de detecção de alvo com RCS de 2m <sup>2</sup> , km	36
Faixa de velocidades radiais de alvos detectados, m / s	30-1000
Área de visualização: - em azimute, graus - em elevação, graus	360 0-60; 0-30; 40-80; 0 a 25
Período de revisão da zona, s	2; 4
Número de alvos rastreados simultaneamente	20
Faixa de banda	S
Estação de rastreamento de alvo e míssil	
Área de trabalho: - em azimute, graus - em elevação, graus	± 45 de -5 a +85
Alcance máximo de detecção do alvo, km: - com RCS = 2m <sup>2</sup> - com RCS = 0,03m <sup>2</sup>	24 7
Área de busca adicional para designação de alvo com uma probabilidade de 0,9 por 1 s: - em azimute, graus - em elevação, graus - em alcance, m - em velocidade, m / s	± 2,5 ± 2,5 ± 200 ± 60
Precisão de determinar as coordenadas do alvo: - em azimute, m rad - em elevação, m rad - em alcance, m - em velocidade, m / s	0,2 0,3 3,0 2,0
Faixa de medição de velocidades radiais, m / s: - por alvo - por mísseis	10-1100 30-2100
Acompanhamento automático simultâneo: - metas - SAM	até 3 a 4
Faixa de trabalho	K
Míssil guiado antiaéreo 57E6-E	

Peso, kg - mísseis no contêiner - lançamento de mísseis - ogiva	94 74,5 20
Calibre, mm - estágio de lançamento - etapa de marcha	170 90
Comprimento do míssil, mm	3160
Comprimento TPK, mm	3200
Velocidade máxima do foguete, m / s	1300
Velocidade média de voo, m / s: - a uma distância de 12 km - a uma distância de 18 km	900 780
<b>Máquina automática de cano duplo 2A38M</b>	
Calibre mm	30
O número de máquinas	2
Peso do projétil kg	0,97
Velocidade do focinho, m / s	960
Taxa de fogo, rds / min	1950-2500
Peso, kg - máquina automática sem água - sistema de refrigeração de água	não mais que 195 não mais que 28
Força de recuo, kN	62
Comprimento da máquina, mm	3478
Tensão de alimentação do acionador elétrico e contator de uma fonte de corrente contínua, V	24
Cooldown	pirotécnico e manual
Número de abortos, peças	3
Gerenciamento de tiro	remoto
Condições de funcionamento, ° C	± 50

Fonte: Catálogo de vendas Rosoboron Export, 2018.

### 5.1.3 Tor M1

Figura 18 - Sistema Tor



Fonte: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e4/Tor-M1\\_SAM\\_%28%29.jpg/300px-Tor-M1\\_SAM\\_%28%29.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e4/Tor-M1_SAM_%28%29.jpg/300px-Tor-M1_SAM_%28%29.jpg), disponível em 20/07/2019 às 11:30.

Segundo Aminova (1999), o "Tor M1" (Original - 9K330, classificação da OTAN - Gauntlet SA-15) é um sistema de mísseis antiaéreos (SAM) tático projetado para resolver os problemas de defesa antiaérea e defesa antimísseis no nível de divisão.

O sistema Tor foi projetado para cobrir importantes instalações administrativas, econômicas e militares, primeiros escalões de forças terrestres contra-ataques antirradares e de mísseis de cruzeiro, aeronaves pilotadas remotamente, bombardeiros, aviões e helicópteros, incluindo com tecnologia stealth. Ele pode trabalhar tanto manualmente, com a participação de operadores, como totalmente automático. Além disso, o próprio sistema Tor controla o espaço aéreo designado e derruba independentemente todos os alvos aéreos que não são reconhecidos pelo sistema IFF.

O sistema de mísseis de defesa aérea Tor-M1 inclui três componentes:

1 - A unidade principal do complexo Tor é um veículo de combate. A composição do veículo de combate inclui uma estação de detecção de alvo, uma estação de orientação, um computador, um lançador e outros equipamentos (automação inicial, um sistema topográfico e de navegação, uma unidade de energia de turbina a gás para alimentação autônoma e um sistema de suporte vital). Todo o equipamento do veículo de combate é instalado no chassi rastreado "Objeto 355", unificado com o chassi do veículo de combate 2S6 ZPRK 2K22 "Tunguska". O veículo de combate é equipado com 8 mísseis 9M330. O lançamento dos mísseis é realizado verticalmente, por analogia com o sistema de defesa antiaérea S- 300, para proteger contra fatores climáticos, bem como dos efeitos de fragmentos de bombas e projéteis;

2 - Estação de Detecção de Alvos – A estação está equipada com um sistema de IFF. Ele funciona na faixa de onda centimétrica com controle de frequência pelo ângulo de elevação do feixe. Simultaneamente, um levantamento do ângulo de elevação de uma só vez por três raios pode ser realizado, a ordem é estabelecida usando um computador. Cada feixe tem uma largura de 4 ° em elevação e 1,5 ° em azimute. Um feixe é capaz de sobrepor um setor a 32 ° de elevação. No modo principal, a velocidade de varredura da zona de detecção é de três segundos, enquanto a parte inferior da zona é digitalizada duas vezes. Além disso, há um modo de visualização de três feixes com um ritmo de 1 segundo. Possibilita o traqueamento do alvo, criando também um rastro de percurso do alvo. No total, a estação de detecção de alvo pode amarrar 10 rastros em 24 alvos detectados.

São exibidos no indicador do comandante do veículo de combate, alvos com vetores de velocidade, números de pista, grau de perigo e o número do feixe no qual o alvo está localizado. Na presença de forte interferência passiva, é possível apagar a área problemática do levantamento e inserir as coordenadas do alvo no computador usando a sobreposição de marcador manual e a aquisição manual de coordenadas. Os erros máximos na determinação das coordenadas não excedem metade da resolução da estação de detecção de destino. Resolução: não pior que 1,5-2° em azimute, 4° em elevação e 200 metros em alcance. Para a detecção oportuna de alvos, é usada proteção contra mísseis antirradar.

3 - Estação de Orientação - Estação de radar de pulso contínuo, projetada para detectar e rastrear automaticamente um alvo em três coordenadas usando o método de pulso único e apontar um ou dois mísseis para o alvo após o lançamento. Funciona na faixa de comprimento de onda centimétrica. O design do radar é uma antena de baixo faseamento capaz de formar um feixe de 1 ° de largura em elevação e azimute. A estação de orientação fornece varredura eletrônica e pesquisa de alvo com um setor de 3 ° em azimute e 7 ° em elevação. Através de um único transmissor do conjunto de antenas, os comandos de orientação são transmitidos a bordo, além disso, as coordenadas do alvo e os mísseis apontados para ele são simultaneamente determinados. Resolução: não pior que 1 ° em azimute e elevação, 100 metros em alcance

## 5.2 SISTEMAS DE DEFESA ANTI-AÉREA DA SÍRIA

Segundo O'Connor (2009), a defesa antiaérea síria está equipada militarmente com armas soviéticas e russas. Mais de 900 sistemas de mísseis antiaéreos e mais de 4000 canhões antiaéreos de calibre entre 23-100 mm estão em serviço.

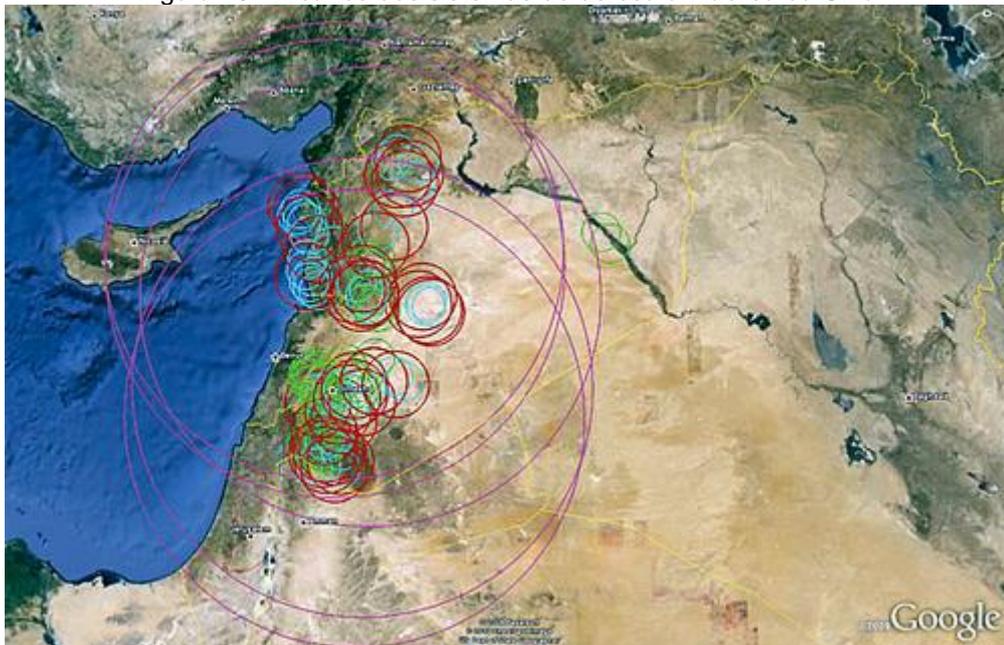
Um impedimento significativo para o exército sírio é a manutenção da capacidade de combate da força aérea e da defesa antiaérea para conter os maciços ataques, enquanto essencialmente ignora o ataque aéreo de pequeno porte para esconder as capacidades de combate real.

Durante a Operação Militar Russa na Síria , em 2017, a defesa aérea síria e o grupo de defesa aérea russo na área da base principal das Forças Armadas russas na Síria, nas proximidades do campo de pouso de Khmeimim, criaram um sistema unificado de defesa aérea na Síria. O sistema unificado fornece informações e o

emparelhamento técnico do reconhecimento do espaço aéreo russo e sírio, e todas as informações sobre a situação do ar nas estações de radar da Síria são enviadas para os pontos de controle do grupo de forças russo.

A defesa aérea da Síria atual está basicamente estruturada em 3 regimentos de defesa aérea com sistemas de defesa aérea S-200 e 4 divisões de defesa aérea com S-125, 2K12 Kub e S-75 Dvina.

Figura 19 - Alcance dos sistemas de defesa antiaérea da Síria



Fonte: <https://www.ausairpower.net/APA-Syria-SAM-Deployment.html>, disponível em 20/07/2019 as 11:30 às 11:30.

Na figura acima, está exposta a cobertura radar de área feita pelo sistema de defesa antiaérea da Síria. As zonas de defesa aérea S-75 são indicadas em vermelho, S-125 em azul, S-200 em roxo, 2K12 “Quadrado” em verde.

### 5.2.1 S -200

Figura 20 – Sistema S - 200



Fonte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/ru/f/c/C200.gif>, disponível em 20/07/2019 às 11:30.

Segundo Aminova (1999), o Hangar C-200 / Vega / Dubna (classificação da OTAN - SA-5 Gammon) – é um sistema soviético de defesa superfície-ar antimísseis (SAM). Ele foi projetado para a defesa de grandes áreas de bombardeiros e outras aeronaves estratégicas.

Figura 21 – Radar 5N62



Fonte: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/75/5N62\\_in\\_TLT-5235.jpg/300px-5N62\\_in\\_TLT-5235.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/75/5N62_in_TLT-5235.jpg/300px-5N62_in_TLT-5235.jpg), disponível em 20/07/2019 às 11:30.

O radar de vigilância de alvo do sistema S-200 é o 5N62 (OTAN: Square Pair), a zona de detecção é de cerca de 400 km de distância. Consiste em duas cabines, uma das quais é na verdade um radar, e na segunda há um ponto de controle e um computador digital “Flame-KV”. Usado para rastrear e destacar alvos. O principal ponto fraco do complexo é que tendo um desenho parabólico, ele é capaz de acompanhar apenas um alvo, no caso de detectar um alvo de separação, ele alterna manualmente para ele. Possui um alto poder contínuo de 3 kW, que está associado a casos frequentes de interceptação incorreta de alvos maiores. Na luta contra alvos em distâncias de até 120 km, ele pode alternar para o modo de serviço com uma potência de sinal de 7 W para reduzir a interferência.

A captura do alvo é realizada no modo normal por um comando da unidade de controle do regimento, que dá informações sobre o azimute e alcance para o alvo com referência antena. Neste caso, a antena automaticamente gira na direção certa e, em caso de não detecção do alvo, muda para o modo de busca por setor. Depois de detectar o alvo, a antena determina o alcance para ele usando o sinal de chave de mudança de fase e acompanha o alvo no alcance, em caso de captura do alvo, um comando de lançamento é emitido. No caso de interferência, o míssil é direcionado para a fonte de radiação, enquanto a estação pode não destacar o alvo (trabalho no

modo passivo), o alcance é ajustado manualmente. Nos casos em que a potência do sinal refletido não é suficiente para capturar o alvo com um foguete em uma posição, um lançamento com uma captura de alvo no ar (na trajetória) é fornecido.

Dentro do complexo montado, podem estar presentes outros radares aumentar a probabilidade de detecção, para fornecer alerta mais antecipado ou diminuir as áreas de sombra radar, tais como:

- P-14 / 5N84A (Dubrava) / 44Zh6 - radar de alerta antecipado (alcance de 600 km, 2-6 rotações por minuto, altitude máxima de busca de 46 km)
- 5H87 / 64Ж6 - radar de alerta antecipado (com detector especial de baixa altitude, faixa de 380 km, 3-6 rotações por minuto, 5N87 foi equipado com 2 ou 4 Altímetros PRV-13 e 64Zh6 equipados com PRV-17)
- 5N87M - radar digital (acionamento elétrico em vez de hidráulico, 6-12 rotações por minuto)
- P-35/37 - detecção e rastreamento de radar (alcance de 392 km, 6 rotações por minuto)
- P-15M - detecção de radar (alcance 128 km)

O sistema S-200 já foi utilizado em combate. Como em 6 de dezembro de 1983, controlados por cálculos soviéticos, derrubaram três UAVs MQM-74 israelenses com dois mísseis.

Em 16 de outubro de 2017, o complexo Syrian S-200 disparou um foguete contra um avião israelense acima do vizinho Líbano. Segundo o comando sírio, o avião foi abatido. De acordo com dados israelenses, o radar de iluminação do alvo foi desativado por um ataque de retaliação.

Em 10 de fevereiro de 2018, um F-16 da Força Aérea de Israel foi abatido e caiu no norte do Estado judeu. De acordo com representantes das Forças de Defesa de Israel, o avião foi abatido pelo S-200 e Buk.

Em 14 de abril de 2018, o governo sírio usou o S-200 para combater um ataque de mísseis dos Estados Unidos, Grã-Bretanha e França em 2018. Oito foguetes foram disparados, mas os objetivos não foram atingidos.

Em 10 de maio de 2018, o sistema de defesa aérea sírio usou os sistemas S-200, juntamente com outros sistemas de defesa aérea, para combater ataques israelenses. De acordo com Israel, um dos complexos S-200 foi destruído pelo fogo de retorno.

Em 17 de setembro de 2018, a Força Aérea israelense tentou atacar alvos iranianos na Síria, mas caiu no Instituto Sírio de Setores Industriais, nenhuma informação é conhecida sobre os iranianos feridos, um avião russo foi erroneamente abatido pela defesa aérea síria do complexo S-200. Ao mesmo tempo 15 pessoas morreram.

### 5.2.2 S-125

Figura 22 – S-125



Fonte: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d9/SA-3\\_system.jpg/250px-SA-3\\_system.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d9/SA-3_system.jpg/250px-SA-3_system.jpg), disponível em 20/07/2019 às 11:30.

Segundo Aminova (1999), o S-125 "Neva" (OTAN - SA-3 Goa) – é um sistema soviético de mísseis antiaéreos de pequeno raio de ação. Ele foi desenvolvido como um complexo para combater alvos tripulados e não tripulados de baixa altitude na faixa de altitude de 20-18.000 metros, em intervalos de 3,5 a 25 km.

Ao projetar o S-125, a principal tarefa era a necessidade de se obter precisão suficiente da orientação dos mísseis sob condições de reflexos da superfície da Terra. Para isso, a varredura espacial é usada em dois planos perpendiculares entre si para receber eco de sinais do alvo e sinais de mísseis, e um feixe estreito formado por uma antena separada é usado para sondar o alvo, o que assegura o uso do método "diferença" de guiar mísseis.

O sistema S-125 já foi utilizado em combate, como em 17 de março de 2015, quando abateu um UAV americano Predator MQ-1, que invadiu o espaço aéreo sírio.

Também foi utilizado para se contrapor ao ataque de mísseis dos Estados Unidos, Grã-Bretanha e França em 2018.

### 5.2.3 Buk-M2

Segundo Aminova (1999), o "Buk-M2" (9K317, OTAN - SA-17 Grizzly) – é um sistema de mísseis antiaéreos (SAM). O Buk-M2 é um sistema de médio alcance altamente móvel, sendo projetado para destruir aeronaves estratégicas e táticas, helicóptero, mísseis de cruzeiro, mísseis táticos balísticos e de aviação, bombas aéreas de GE, bem como para disparar contra alvos de superfície. O SAM pode ser usado para defesa aérea de tropas (instalações militares) em várias formas de operações militares, instalações administrativas e industriais e territórios do país.

O sistema é composto por: Armas de combate SAM 9M317, SOU 9A317 e ROM 9A316; e Controles KP 9S510, SOC 9S18M1-3 e RPN 9S36.

#### 5.2.3.1 KP 9S510

Figura 23 – Posto de comando do Buk



Fonte: <http://www.vitalykuzmin.net/?q=node/353>, disponível em 20/07/2019 às 11:30.

O posto de comando móvel faz parte do sistema de defesa aérea 9K37 Buk e é projetado para receber, processar e exibir informações sobre os alvos. A informação vem das instalações de detecção, estação e direcionamento. Além disso, informações sobre alvos podem vir de postos de comando mais altos. O posto de comando é capaz de selecionar os alvos mais perigosos e distribuí-los entre instalações de disparo subordinadas. Existem dois modos de distribuição: manual e automático. A máquina organiza o trabalho do sistema de defesa aérea 9K37 Buk sob as condições do uso de mísseis antirradar e com grande interferência.

No total, para cada ciclo de revisão da estação de detecção, o sistema processa mensagens sobre 46 alvos em uma zona com um raio de até 100 km e em altitudes de até 20 km, enquanto gera até 6 alvos para o sistema de armas. Precisão de indicação até 1 ° em azimute e elevação. A precisão da faixa alvo é de 400 a 700 metros.

### 5.2.3.2 SOC 9S18M1-3

Figura 24 - Estação de designação de alvo e detecção



Fonte: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/49/Buk-M1-2\\_9S18M1-1.JPG/220px-Buk-M1-2\\_9S18M1-1.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/49/Buk-M1-2_9S18M1-1.JPG/220px-Buk-M1-2_9S18M1-1.JPG), disponível em 20/07/2019 às 11:30.

É uma estação de designação de alvo e detecção de três coordenadas para transmitir informações sobre a situação do ar para o sistema de defesa aérea 9K37 Buk. A estação opera na faixa de centímetro de ondas de rádio.

Possui digitalização de dois tipos: eletrônica e mecânica. A varredura eletrônica é realizada por um feixe em um ângulo de elevação de 30 °, 40 ° e 55 °. A varredura mecânica é realizada girando a antena em azimute. A antena gira com a ajuda de um acionamento hidráulico, o acionamento elétrico foi utilizado como auxiliar. O SOC é capaz de detectar e identificar objetos aéreos a uma distância de 110-120 km, o alcance de reconhecimento de alvos em voo baixo (até 30 m) é de até 45 km. Dependendo do setor de visualização estabelecido e da presença de interferência, a taxa de visualização da estação é: em uma visão setorial de 30 ° - 2, 5 a 4.5 s, em uma visão circular - 4.5 a 18 s.

### 5.2.3.3 RPN 9S36

Essa plataforma destina-se ao uso na obtenção de alvos para o sistema de defesa aérea Buk-M2 em conjunto com dois lançadores 9A316 e sistemas de carregamento, proporcionando disparo em até 4 alvos simultaneamente em terreno arborizado e montanhoso com uma altura de alívio de até 20 metros. O destaque de alvos e a orientação dos mísseis são realizados devido ao poste de antena, que pode ser avançado para uma altura de 21 metros. A antena tem um arranjo de fases com um scanner eletrônico. A estação pode procurar alvos na área de  $\pm 45^\circ$  em azimute e  $70^\circ$  em elevação, a uma distância de até 120 km. O rastreamento de alvos é realizado no setor  $\pm 60^\circ$  em azimute e de  $-5$  a  $+ 85^\circ$  em elevação, incluindo alvos voando em altitudes baixas e muito baixas. A estação é capaz de detectar simultaneamente até 10 alvos

## 6 OS RADARES NA AAAe BRASILEIRA

### 6.1 EQUIPAMENTO DE DIREÇÃO DE TIRO FILA

Figura 25 – Estação Diretora de Tiro - FILA



Fonte: <https://www.redteam.com.br/fotos/Soldado2005/Bofors.htm>, disponível em 20/07/2019 às 11:30.

O EDT-FILA (Fighting Intruders at Low Altitude – invasores atacantes a baixa altura) é um projeto da empresa nacional AVIBRAS AEROESPACIAL.

Montado sobre um chassi de reboque, possui perfil de desempenho compatível para combater vetores aeroespaciais que realizam seu voo à baixa altura e com

elevada manobrabilidade. Opera em condições meteorológicas adversas e foi projetado para fazer parte de um sistema de defesa antiaérea. É empregado com o sistema de armas com Canhão 40mm c/70 BOFORS.

O Sistema Antiaéreo 40 mm EDT FILA BOFORS é formado por dois canhões 40mm C/70 e um Radar FILA. O equipamento possui a possibilidade de comandar até 3 Can Au AAe 40 mm C/70 BOFORS ou 3 Can Au AAe Gem 35 mm OERLIKON e um lançador de mísseis solo-ar.

Segundo Curvelo (2014), o sistema destina-se à busca, detecção, identificação e acompanhamento de alvos aéreos com o objetivo de fornecer elementos de tiro para canhões, além da designação inicial (direcionamento do feixe do radar de tiro para o alvo) para lançadores de mísseis solo-ar ou outro EDT.

O EDT pode ser transportado via terrestre, aquática ou aérea. Possui rapidez de entrada e saída de posição. Realiza simultaneamente busca e acompanhamento de alvos, podendo realizar, com limitações, a vigilância do espaço aéreo. Possui reduzido tempo de reação de 5,5 segundos, alta precisão no comando dos canhões, com tecnologia compatível para se contrapor às modernas ameaças aéreas. Possui ainda MPE eficientes, sistema de supervisão e testes automáticos para a indicação de panes e simulador embutido para treinamento da guarnição.

O EDT FILA utiliza duas antenas para a detecção e acompanhamento dos alvos. O sistema compreende dois equipamentos distintos, que operam em duas diferentes faixas de frequência, configurando o subsistema da banda "I" (8,6 a 9,5 GHz) e subsistema da banda "K" (34,0 a 34,5 GHz).

O subsistema da banda "K" tem como objetivo principal complementar a função de acompanhamento do radar "I", particularmente quanto à capacidade e precisão no acompanhamento dos alvos a baixa altura, supressão de ecos fixos e características de medidas de proteção eletrônica (MPE).

O radar de busca e acompanhamento, que opera na banda "I", tem capacidade de detecção em todas as direções e pode realizar busca instrumentada a uma distância de 300 até 20.250 metros a partir do EDT.

Sua antena de busca pode operar com uma polarização vertical ou horizontal, que pode ser alternada manualmente a fim de um melhor rendimento. É do tipo cossec<sup>2</sup> modificado e realiza uma rotação de 01 rps. Possui uma resistência ao vento de até 120 Km/h e uma amplitude vertical do lóbulo de 88 até + 880".

Sua antena de acompanhamento é do tipo cassegrain e opera com polarização vertical. Realiza acompanhamento em todas as direções, com um feixe cônico com amplitude de 2,4o, através de uma discriminação angular de monopulso e em sítios de 170 a 1500", já em direção pode atuar em 6400".

Seu transmissor do tipo pulso doppler totalmente coerente com uma potência de pico de 25 KW utiliza vinte frequências de transmissão, com comutação automática, em uma faixa de frequência de 34,0 a 34,45 GHz; com uma frequência de repetição escalonada de 3,5 a 45 KHz; uma potência de pico de 75 W; e uma largura de pulso de 0,53 MS (busca) ou 0,13 (aquisição). Como medida de proteção eletrônica tem a possibilidade de realizar agilidade de frequência pulso a pulso aleatório.

Sua alimentação pode ser obtida por duas formas, através de um grupo gerador ou por um conversor estático de frequência ligado na rede elétrica comercial.

Possui o subsistema de televisão que tem a finalidade de permitir a observação do espaço exterior à cabine, orientar o sistema de armas, acompanhar o alvo engajado em direção e sítio juntamente com o sistema de acompanhamento e realizar a identificação visual do vetor aéreo. Facilita, ainda, a mudança de alvo dentro de uma formação aérea.

Possui um radar secundário com a finalidade de realizar a identificação de amigo ou inimigo (IFF - Identification Friend or Foe).

Para o acompanhamento visual dos alvos, o EDT FILA dispõe de uma câmera de TV de alta precisão com um zoom de 8x, podendo seu controle ser manual ou automático; um foco que vai dos 14 m ao infinito.

Com a finalidade de realizar a orientação da seção, dispõe-se de um telêmetro infravermelho com filtros de diodo Ga As, com precisão de 1/300, que atua numa faixa de 40 a 500 m em um tempo máximo de medida de 60 s.

Conta com um Apontador Ótico Auxiliar para complementar a observação do espaço aéreo com a detecção de vetores aeroespaciais inimigos, particularmente nas direções onde o radar de busca possua menores condições de detecção, fornecendo ao EDT direção e sítio aproximado de maneira automática.

Uma característica de elevada tecnologia deste material é a possibilidade de realizar uma verificação mais precisa de distância usando o telêmetro laser de alvos acompanhados em 3D, cujo alcance atinge até 7 km.

## 6.2 RADAR SABER M-60

Figura 26 – Radar Saber M60



Fonte: [https://3.bp.blogspot.com/-urcNJK7Ojd8/WBVjxWrLmil/AAAAAAAAAwLc/iaTlxt9mTm0CcjWWRrsLjJxTS8N\\_gnpAwCLcB/s640/ae381490ccde1bae881127f22b4c20ca.jpg](https://3.bp.blogspot.com/-urcNJK7Ojd8/WBVjxWrLmil/AAAAAAAAAwLc/iaTlxt9mTm0CcjWWRrsLjJxTS8N_gnpAwCLcB/s640/ae381490ccde1bae881127f22b4c20ca.jpg), disponível em 20/07/2019 às 11:30.

Fonte: [https://3.bp.blogspot.com/-urcNJK7Ojd8/WBVjxWrLmil/AAAAAAAAAwLc/iaTlxt9mTm0CcjWWRrsLjJxTS8N\\_gnpAwCLcB/s640/ae381490ccde1bae881127f22b4c20ca.jpg](https://3.bp.blogspot.com/-urcNJK7Ojd8/WBVjxWrLmil/AAAAAAAAAwLc/iaTlxt9mTm0CcjWWRrsLjJxTS8N_gnpAwCLcB/s640/ae381490ccde1bae881127f22b4c20ca.jpg), disponível em 20/07/2019 às 11:30.

O Radar SABER M60 (Sensor de Acompanhamento de Alvos Aéreos Baseado na Emissão de Radiofrequência) destina-se a integrar um sistema de defesa antiaérea de baixa altura visando à proteção de infraestruturas críticas, como indústrias, usinas e instalações governamentais. É integrável a sistemas de armas baseados em mísseis ou canhões antiaéreos. Também é capaz de integrar-se ao Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA) e ao Sistema de Controle de Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB), assim como a outros sistemas de interesse. (Manual técnico de operação do RADAR SABER M60)

O radar SABER M60 teve início em 2006, com um protótipo sendo previsto para entrega em agosto do mesmo ano. O projeto se concluiu em 2010 com a avaliação pelo Centro de Avaliações do Exército.

O Radar SABER M60 faz parte de um conjunto de radares de defesa antiaérea. O desenvolvimento é feito com tecnologia 100% nacional pelo Centro Tecnológico do Exército (CTEx) em parceria com a empresa OrbiSat.

Pode-se destacar, dentre as principais características do radar SABER M60, as seguintes:

- a) informações tridimensionais (distância, azimute e elevação) sobre os alvos aéreos, além de informações derivadas, tais como: velocidade e direção de voo (proa);
- b) capacidade de classificação de alvos em helicópteros ou aviões, identificação do tipo de helicóptero e identificação amigo-inimigo (IFF);
- c) baixa probabilidade de interceptação (LPI – Low Probability of Interception) resultante de uma baixa potência média de transmissão e de avançados meios de proteção eletrônica;

- d) reconfigurável e atualizável facilmente, por ser construído com tecnologia de “hardware definido por software”;
- d) elevada mobilidade e transportabilidade, podendo ser montado ou desmontado em menos de 15 minutos por uma guarnição de três homens e transportado em qualquer viatura de capacidade superior a 1 t ou por helicópteros;
- e) logística simplificada, pela disponibilidade de suprimento e manutenção de todos os escalões em território nacional; e
- f) representação gráfica de medidas de coordenação, tais como: Volume de Responsabilidade de Defesa Antiaérea, Estado de Alerta, Corredores de Segurança, entre outros, segundo o estabelecido na doutrina, podendo ser atualizado ou modificado, de acordo com a necessidade.

<b>Dados Gerais</b>	
Designação	Sensor de Acompanhamento de Alvos Aéreos Baseado na Emissão de Radiofrequência
Abreviatura	SABER M60
<b>Condições de Transporte</b>	
Peso Total Bruto	848,85 kg
Peso Total Líquido	357,85 kg
Comprimento total na Posição de Marcha	3,18 m
Largura total na Posição de Marcha	0,88 m
Altura total na Posição de Marcha	1,64 m
Comprimento total na Posição de Operação	3,20 m
Largura total na Posição de Operação	3,20 m
Altura total na Posição de Operação	2,85 m
Temperatura de Operação	- 25° a + 45° C
Temperatura de Armazenamento	-40 a + 65° C
<b>Alimentação</b>	
Alimentação da Rede Comercial	110 a 230 V – CA / 50 a 60 Hz
Gerador Externo	Toyama T4000CX com modificações feitas pela ORBISAT
Alimentação da Caixa de Bateria	28 V - CC
<b>Radar</b>	
Alcance Útil	60 km (alvo de 20 m <sup>2</sup> )
Alcance Mínimo	1750 m
Direção	6400 <sup>'''</sup>
Teto Máximo Aproximado	5000 m

Quadro 4 – Características do Radar SABER M60

<b>Transmissor</b>	
Tipo	Estado sólido - Pulso Doppler Coerente
Faixa de Frequência	Banda L
Nr de Canais de Frequência	40 canais
Banda	80 MHz
Frequência de Repetição de Pulsos (FRP)	Variável, em conjuntos de 04 valores com algoritmo pseudo-aleatório
Largura de Pulso	22 $\mu$ s
Potência de Pico	< 700 w
Potência Média	< 50 w
<b>Receptor</b>	
Tipo	Super-heterodino
Canais	02 Canais
<b>Antena</b>	
Tipo	Guia de Ondas com Fendas
Peso	64,25 kg
Largura	3,1 m
Polarização	Horizontal
Ganho	26 dBi
Inclinação	-2° a +10°
3 dB Azimute	4,5° $\pm$ 1°
3 dB Elevação	34° $\pm$ 5° (17° c/ soma 2 canais)
Rotação	7,5 -15 RPM programável
Vento Máximo	60 km/h
<b>Processamento de Sinais</b>	
<i>Moving Target Indicator (MTI)</i>	Digital
Intervalo de Detecção	1750 m e 60 km
Resolução (Poder Separador)	75 m em alcance
Informações dos Alvos	3D (azimute, elevação e distância)
Acuidade (Azimute)	2°
Acuidade (Elevação)	1°
Acuidade (Alcance)	50 m
Nr de Alvos Simultâneos	40 alvos
Classificação de Aeronaves	Asa Fixa e Asa Rotativa
Identificação de Aeronaves	Asa Rotativa
Velocidade Mínima para Detecção	36 km/h para Asa Fixa 38 km/h para Asa Rotativa
<b>IFF</b>	
Modos	1, 2, 3A e C
Alcance Máximo	82 km
Ganho	17 dB
Potência de Pico	80 W
Potência Média	0,8 W
Inclinação da Antena de IFF	5° a 27°

Fonte: Manual do Radar SABER M60, 2014.

### 6.3 SISTEMA GEPARD

Figura 27 – VBC Gepard 1A2



Fonte: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Gepard#/media/Ficheiro:Gepard\\_1a2\\_overview.jpg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Gepard#/media/Ficheiro:Gepard_1a2_overview.jpg), disponível em 20/07/2019 às 11:30.

Segundo o manual de operador do Sistema Gepard (2014), para executar a detecção, localização, identificação e acompanhamento, a VBC GEPARD 1A2 dispõe de um conjunto de sensores eletromagnéticos com alta supressão de ecos fixos, além de optrônicos que asseguram ao equipamento as condições necessárias para operar em qualquer tempo e em ambiente adverso de guerra eletrônica (GE). Tais sensores se caracterizam pela recepção de dados que serão processados pelo sistema de computação, proporcionando à VBC a trabalhar com informações altamente precisas e permitindo à guarnição designar e acompanhar o alvo escolhido com a máxima eficiência e segurança, podendo acompanhar aviões e mísseis.

#### 6.3.1 SENSORES ELETROMAGNÉTICOS

Figura 28 – Radares do Gepard



Fonte: EB60-N-23.016, pág 4-1, 2014.

- a. Sistema de RADAR - Compreende dois equipamentos distintos, que operam em diferentes faixas de frequência, configurando o subsistema da Banda S e o subsistema da Banda Ku; Subsistema da Banda S - Compreende um radar que opera na banda S (2,3 a 2,49 GHz) e combina, simultaneamente, as funções de busca e acompanhamento.
- b. Subsistema da Banda Ku - Compreende um radar de acompanhamento que opera na banda Ku (15,5 a 17,5 GHz), cujo objetivo é complementar a função de acompanhamento do radar S, particularmente quanto à capacidade e precisão no acompanhamento de alvos a baixa altura, supressão de ecos fixos e características de MPE.
- c. Funcionamento Sumário – No funcionamento normal da VBC, o radar de busca da banda S está constantemente monitorando o espaço aéreo em torno do equipamento num raio de 750 a 15750 m. Quando um objeto é detectado, seu sinal será processado e apresentado na tela PPI. A designação do alvo só pode ser realizada a partir de 8000 m e ao ser designado um alvo, a antena do radar de tiro se volta para sua direção e é iniciado automaticamente, um processo de busca para a determinação dos dados precisos do alvo (direção, sítio e distância inclinada). Ao serem obtidos esses dados, inicia-se o acompanhamento 3D por parte do radar de tiro, que em funcionamento normal, assume o acompanhamento automaticamente.
- d. Sistema de IFF - O sistema de IFF tem por objetivo executar a identificação do vetor aéreo, por meio de uma interrogação emitida e do processamento da resposta recebida.

### 6.3.2 SISTEMA OPTRÔNICO

- a. Subsistema Telêmetro LASER - Destina-se, basicamente, a medir a distância de alvos acompanhados em 3D. Trata-se de uma alternativa aos radares de busca e de tiro, substituindo-se a telemetria RADAR pela telemetria LASER.
- b. Funcionamento Sumário – Estando o carro preparado para operar a telemetria laser (chave seletora do aparelho de laser na posição LIGADO), as tampas de proteção do emissor e do receptor do laser, situadas acima do radar de tiro, estarão abertas. Depois de iniciado o acompanhamento 3D de um alvo e ele estar a uma distância menor do que 5117,5m, o subsistema LASER será utilizado automaticamente. Caberá ao Comandante do Carro optar pelo acionamento do subsistema LASER para a

obtenção das distâncias do alvo na operação contra alvos terrestres. Os radares continuam emitindo, porém o computador dará prioridade aos valores determinados pelo LASER, considerados nesse caso mais precisos.

c. Subsistema Aparelho de ajuste Óptico - São utilizados para completar a observação do espaço aéreo e terrestre, particularmente nas direções onde o radar de busca possui menores condições de detecção. Este subsistema permite ao CP ou C1, fazer a pontaria de um alvo para o VBC, com o apontador óptico auxiliar (AOA) ligado ao periscópio (parte externa da torre) e com o periscópio (parte interna da torre), fornecendo-lhe automaticamente direção e sítio. No caso de acompanhamento pelo radar de tiro, os periscópios são ajustados automaticamente para o alvo, possibilitando uma supervisão do acompanhamento dele. O periscópio possui quatro tipos de filtros de proteção para Laser, mas apenas três são reguláveis. A quarta posição não é ajustável, pois não possui nenhuma proteção, deixando passar 99% dos raios. O periscópio pode ser ajustado para ampliação da visão em 1,5 vezes ou 6 vezes.

## 7 ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS

A vantagem da defesa aérea da Síria é a sua multiplicidade e poder de fogo. Quase todas as armas de defesa aérea da Síria são de origem soviética e russa. Hoje, a defesa aérea síria inclui cerca de 900 conjuntos de defesa antiaérea e mais de 4 mil canhões antiaéreos de várias modificações. Os mais abrangentes são os sistemas de defesa aérea S-200 Angara e S-200V Vega (cerca de 50 lançadores) e o S-75 Dvina; S-75M Volga; S-300 modificados (48 SAM), e presume-se que existem também 6 modernos sistemas S-300 a serem recebidos da Rússia para cobrir o restante do território nacional da Síria. Os maiores números no sistema de defesa aérea da Síria são sistemas de defesa aérea de médio alcance, entre os quais estão os complexos modernos Buk-M1-2, Buk-M2E, bem como sistemas obsoletos de defesa aérea C-125 Neva, S -125M "Pechora" (140 lançadores), 200 SPU "Cube" ("Square"), 14 baterias do sistema de defesa aérea Osa (60 BM). Em 2006, foi assinado um contrato para o fornecimento de 50 dos mais modernos sistemas de mísseis de defesa aérea Pantsir-S1E para a Síria, dos quais 36 foram colocados em operação. As forças terrestres incluem o PU Strela-1 SAM, o BM Strela-10 (35 unidades), cerca de 4.000 MANPADS Strela-2 / 2M, Strela-3, mais de 2.000 sistemas de artilharia antiaérea ZU-23. -2, ZSU-23-4 "Shilka" (400 unidades).

A grande maioria dos sistemas de defesa aérea síria está irremediavelmente desatualizada. O número de sistemas modernos de defesa aérea não excede 12-15% do total. No caso do bombardeio, as forças da coalizão criaram uma densidade e variedade de interferências que sistemas de defesa antiaérea obsoletos simplesmente não podem funcionar. Mas qual é a utilidade de armas de fogo se elas estão desorientadas e suprimidas pelos sistemas de guerra eletrônica do inimigo? Isso também se aplica aos sistemas de reconhecimento, designação de alvos, controle e comunicações da defesa aérea da Síria, que foram desenvolvidos nos anos 60-70, último século e inadequado para a guerra moderna. As comunicações sírias estão equipadas com radares soviéticos obsoletos, dos quais 50% requerem grandes reparos. Pode-se observar que os meios sírios de detecção, controle e comunicações não são capazes de efetivamente contrapor aos modernos meios de ataque aéreo dos países ocidentais. O nível extremamente baixo de imunidade a ruído e automação não permite o controle de armas de fogo com a devida velocidade e confiabilidade. Criar um campo de radar contínuo é extremamente problemático. Assim, no caso de

uma supressão de hostilidades, a defesa aérea síria deixará muito rapidamente de funcionar como um sistema único. Além disso, mesmo a presença de sistemas modernos de defesa aérea não é capaz de mudar o quadro geral, já que qualquer arma de fogo só é efetiva quando integrada no sistema de defesa aérea correspondente. A defesa aérea será focal na natureza. Os sistemas de defesa aérea síria serão capazes de acertar apenas as armas de ataque aéreo que estão dentro do campo de visão. Provavelmente será possível organizar uma cobertura mais ou menos eficaz apenas nos centros administrativos e industriais mais importantes: Damasco, Alepo, Idlib, Hama.

De acordo com especialistas da empresa americana privada de inteligência e analítica Stratfor, os S-400s autônomos causarão sérios danos apenas a um ataque limitado, pois contra um ataque em larga escala eles são efetivos apenas como parte de um amplo sistema de defesa aérea integrado.

Trazendo a mesma linha de pensamentos para o sistema de controle e alerta da artilharia antiaérea do Exército Brasileiro, pode-se observar que não existe um sistema de detecção e alerta integrando meios de média e baixa altura, pois o exército não possui meio de defesa a Média altura. Isso compromete os fundamentos de emprego da Defesa em profundidade, da combinação de armas, e do engajamento antecipado. Visto que, a defesa em profundidade consiste na forma de atuação sobre o inimigo aéreo de maneira a mantê-lo sob engajamento gradativo pelos mísseis de média altura, pelos mísseis de baixa altura e pelos canhões antiaéreos. Quando estes forem escalonados, permitirão à DA Ae várias possibilidades de engajamento da ameaça aérea pelos diversos sistemas de armas, aumentando a probabilidade de neutralizá-la; O fundamento da combinação de armas, considera as possibilidades e limitações de cada sistema de armas, adotando, sempre que possível, uma combinação de armas de modo que um sistema recubra as limitações do outro; e o engajamento antecipado, diz respeito à ação desencadeada com o propósito de impedir ou dificultar a ação do inimigo, antes que ele empregue seu armamento contra o objetivo defendido ou que proceda ao Rec aéreo. Para isso, o sistema de controle e alerta e as U Tir devem ser desdobrados de modo a proporcionar o tempo máximo de reação ao sistema de armas.

Além disso, a maioria dos radares SABER M60 encontra-se desatualizada ou fora de serviço.

Em tempos de paz, o Exército Brasileiro faz uso de uma integração com a Força

Aérea Brasileira (FAB) quando o objetivo é detecção e alerta, concretizando-se no Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA). Porém, ameaças como a do bombardeio de Homs e Damasco, voam abaixo do limite mínimo em que as antenas e radares da FAB são capazes de detectar, assim como tinham por objetivos instalações e pontos sensíveis que não tem valor para defesa dos grupos de Defesa Antiaérea da FAB.

Caso fosse realizado um ataque similar ao de Homs e Damasco no Território Nacional Brasileiro, seria exposta toda a fragilidade dos sistemas de detecção e alerta da Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro contra ameaças aéreas. Assim como, suscitaria muitas perdas materiais e humana, para só então serem tomadas as devidas providências contra um próximo vetor aéreo hostil. No quadro a seguir, pode ser feita uma comparação entre a detecção dos radares presentes na AAAe do Exército Brasileiro e os mísseis utilizados no ataque a Homs e Damasco.

	Radares e armamentos				
Comparativos	Radar SABER M60	Sensores do sistema GEPARD	BGM-109 Tomahawk	Storm Shadow/ SCALP EG	AGM-158A JASM
Rotação de antena x Velocidade de voo	7,5 – 15 rpm (programável)	60 rpm	890 Km/h (247 m/s)	1000 Km/h (278 m/s)	1000 Km/h (278 m/s)
Detecção mínima x Seção reta radar	20m <sup>2</sup>	-	0 – 10 m <sup>2</sup>	0 – 10 m <sup>2</sup>	0 – 10 m <sup>2</sup>
Alcance de detecção x Alcance do armamento	Entre 1,75 Km e 60 Km	Entre 0,75 Km e 15,75 Km	1.600 Km	560 Km	1.000 Km
Detecção x Quantidade lançada	40 alvos simultâneos	20 alvos simultâneos	66	20	19

Fonte: O autor

Levando em consideração as comparações feitas, observa-se que o Radar SABER M60:

- Não seria capaz de detectar todas as ameaças aéreas devido a saturação do espaço aéreo.
- Não seria capaz de detectar o vetor lançador do armamento, visto que o alcance dos armamentos é maior que o alcance de detecção.
- Não seria capaz de detectar as ameaças aéreas devido a sua limitação de detecção mínima da Seção Reta Radar.

- Contra o BGM-109 Tomahawk, a cada rotação de sua antena o míssil pode estar numa posição de 988m diferente da detectada. Contra o Storm Shadow/ SCALP EG e o AGM-158A JASM os mísseis podem estar numa posição de 1112m diferente da detectada anteriormente. Com a antena em sua rotação máxima.

Levando em consideração as comparações feitas, observa-se que os sistemas de detecção do Sistema Gepard:

- Não seriam capazes de detectar todas as ameaças aéreas devido a saturação do espaço aéreo.
- Não seriam capazes de detectar o vetor lançador do armamento, visto que o alcance dos armamentos é maior que o alcance de detecção.
- Não seria capaz de neutralizar as ameaças mesmo com 4 VBC Gepard 1A2. Pois seu radar de busca engaja um alvo por vez, demorando em torno de oito segundos na designação de cada um deles.

## 8 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise de situação dos sistemas de controle e alerta da Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro frente as ameaças modernas. Além disso, também permitiu uma pesquisa bibliográfica para obter dados mais consistentes sobre outros sistemas de Defesa antiaérea existentes em países em conflitos armados recentes.

De um modo geral, os sistemas de detecção presentes no Exército Brasileiro são de detecção de ameaças que agem a baixa altura e tem pouca aplicação contra vetores aéreos de 5ª Geração. No entanto, alega-se que as ameaças aéreas, como os mísseis de cruzeiro, são vulneráveis aos sistemas de defesa antiaérea de baixa altura. Pois, pelo fato de a plataforma lançar o armamento em *stand-off*, o míssil de cruzeiro realiza a aproximação de seu objetivo a baixa altura, ficando vulneráveis a esses sistemas.

A análise do bombardeio ocorrido em 2018 em Damasco e Homs conseguiu mostrar quem realizou o ataque, quais armamentos foram utilizados e os resultados obtidos através do ataque. Para mais, também foi evidenciado que a força de coalisão composta pelos Estados Unidos, França e Reino Unido utilizou-se do ataque em *Stand-off* e da saturação dos sistemas de detecção Sírios, o que ajudou a justificar o fato de não terem sido neutralizados com eficiência.

A análise dos sistemas de defesa antiaérea presentes na Síria conseguiu mostrar quais radares foram utilizados e os resultados obtidos através do ataque. Para mais, também foi evidenciado que existe uma cooperação entre as Forças Armadas da Rússia e da Síria para a defesa antiaérea do espaço aéreo Sírio. Assim como, contribuiu para a constatação de que os sistemas de defesa antiaérea da Rússia e da Síria presentes, não conseguem se contrapor à misseis de cruzeiro.

A análise dos sistemas de detecção e alerta da defesa antiaérea Brasileira conseguiu mostrar quais radares estão sendo utilizados e as suas possibilidades e limitações. Para mais, também foi evidenciado que existe uma cooperação entre a Força Aérea Brasileira e o Exército Brasileiro a defesa antiaérea do espaço aéreo Brasileiro. Assim como, contribuiu para a constatação de que os sistemas de defesa antiaérea Brasileiros se encontram desatualizados no contexto de conflitos modernos, estando limitados a ameaças de baixa altura.

Ao fazer uma análise de dados, verificou-se que os radares e sistemas de detecção e alerta do Exército Brasileiro estão menos atualizados que os presentes na Defesa Aeroespacial Síria. Estes não foram capazes de neutralizar os armamentos lançados pela coalisão dos Estados Unidos, França e Reino Unido. Mostrando que a Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro não está preparada para fazer frente à uma situação semelhante à do ocorrido em Damasco e Homs. Permitindo assim, que os objetivos propostos fossem alcançados.

Dada à importância do assunto, torna-se necessário o desenvolvimento ou aquisição de meios de detecção e alerta mais atualizados, com a finalidade de possibilitar a Defesa Antiaérea uma contraposição à altura das ameaças aéreas modernas e torná-las eficazes já desde os tempos de paz para que os militares destinados a esse fim estejam familiarizados com os novos materiais. Podendo neutralizar um possível ataque antes mesmo de ser realizado, através do poder de persuasão do seu sistema

## 9. REFERÊNCIAS

AMINOVA, Said. *Вестник ПВО*, 1999. **ЗЕНИТНЫЙ РАКЕТНО-ПУШЕЧНЫЙ КОМПЛЕКС 96К6 "ПАНЦИРЬ-С1"** (em russo) Disponível em: <http://pvo.guns.ru/panzir/index.htm> Acesso em 20/07/2019 as 11:30

\_\_\_\_\_. *Вестник ПВО*, 1999. **ЗЕНИТНАЯ РАКЕТНАЯ СИСТЕМА С-400 "Триумф" (40Р6)** (em russo) Disponível em: <http://pvo.guns.ru/s400/index.htm> Acesso em 20/07/2019 as 11:30

\_\_\_\_\_. *Вестник ПВО*, 1999. **ЗЕНИТНЫЙ РАКЕТНЫЙ КОМПЛЕКС 9К330 "ТОР" (SA-15 Gauntlet)** (em russo) Disponível em: <http://pvo.guns.ru/tor/tor.htm> Acesso em 20/07/2019 as 11:30

\_\_\_\_\_. *Вестник ПВО*, 1999. **ЗЕНИТНАЯ РАКЕТНАЯ СИСТЕМА С-200 (SA-5 Gammon)** (em russo) disponível em: <http://pvo.guns.ru/s200/index.htm> Acesso em 20/07/2019 as 11:30

\_\_\_\_\_. *Вестник ПВО*, 1999. **ЗЕНИТНАЯ РАКЕТНАЯ СИСТЕМА С-125 (SA-3 GOA)** (em russo) disponível em: <http://pvo.guns.ru/s125/index.htm> Acesso em 20/07/2019 as 11:30

\_\_\_\_\_. *Вестник ПВО*, 1999. **ЗЕНИТНЫЙ РАКЕТНЫЙ КОМПЛЕКС 9К37 "БУК" (SA-11 Gadfly)** (em russo) Disponível em: <http://pvo.guns.ru/buk/buk.htm> Acesso em 20/07/2019 as 11:30

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Informação e documentação – citações em documentos – apresentação: NBR 10520. Rio de Janeiro, 2002a.

BORGER, Julian. **Syria: US, UK and France launch air strikes in response to chemical attack** (em inglês). *The Guardian*, 2018. Disponível em: <https://www.theguardian.com/world/2018/apr/14/syria-air-strikes-us-uk-and-france-launch-attack-on-assad-regime>. Acesso em 10 de julho de 2019.

BRASIL. Ministério da Defesa. **MD33-M-02: Manual de abreviaturas, Siglas, Símbolos e Convenções Cartográficas das Forças Armadas.** 3ªed. Brasília, 2008.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. **EB-70-MC-10.232: Manual de Campanha, DEFESA ANTIAÉREA.** 1ªed. Brasília, 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Força Aérea Brasileira. Comando da Aeronáutica. Comando-Geral de Operações Aéreas. (2006). **Apostila do Curso Operacional de Guerra Eletrônica. Conceitos Básicos de Sistemas Radar.** Brasília, 2006.

CURVELO, Adler Santos. **Radares da AAe Brasileira: sua história e evolução.** 2014. 18 f. Monografia (Curso de Artilharia de Costa e Antiaérea) EsACosAAe, Rio de Janeiro, 2014.

FOLEY, Sean. **World War II Technology that Changed Warfare - Radar and Bombsights**. Johnson & Wales University, 2011.

LEITÃO, Mário Jorge M. **Sistemas de radar**. Sistemas de Telecomunicações II, 2003.

O'Connor, Sean. *Air Power Australia*, 2009. **Strategic SAM Deployment in Syria** (em inglês) Disponível em: <https://www.ousairpower.net/APA-Syria-SAM-Deployment.html> Acesso em 20/07/2019 as 11:30

Presença militar russa e seu arsenal na Síria. **Estado de Minas**, 2018. Disponível em [https://www.em.com.br/app/noticia/internacional/2018/04/11/interna\\_internacional,950821/presenca-militar-russa-e-seu-arsenal-na-siria.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/internacional/2018/04/11/interna_internacional,950821/presenca-militar-russa-e-seu-arsenal-na-siria.shtml). Acesso em 20/07/2019 as 11:30

*U.S. says air strikes cripple Syria chemical weapons program*. **Reuters**, 2018. Disponível em: <<https://www.reuters.com/article/us-mideast-crisis-syria/trump-says-ordered-precision-strikes-against-syria-chemical-weapons-capabilities-idUSKBN1HJ0ZS>>. Acesso em: 10 de julho de 2019