

GUERRA DO GOLFO: UMA ANÁLISE SOB A PERSPECTIVA DA GUERRA ELETRÔNICA¹

GULF WAR: AN ANALYSIS FROM PERSPECTIVE OF ELECTRONIC WARFARE

Emanuel Gomes Ferreira²
José Francisco Silva Costa Júnior^{3*}
Thales Lopes De Freitas^{4**}

RESUMO

O estudo dos fenômenos eletromagnéticos remonta ao final do século XIX, quando sua utilidade para o combate foi reconhecida. Desde então, o controle do espectro eletromagnético tem sido crucial para a vitória em guerras modernas. Assim, este trabalho tem como objetivo analisar a aplicação dos recursos de Guerra Eletrônica na Guerra do Golfo de 1991, travada entre Estados Unidos e seus aliados contra o Iraque, e como eles contribuíram para o desfecho do conflito. Para isso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica do tipo qualitativa tendo como base uma busca realizada no Google Acadêmico com os descritores “Guerra do Golfo” and “Guerra eletrônica”; e “*Gulf War*” and “*Electronic Warfare*”. Por fim, foi realizada uma análise dos resultados para identificar os princípios mais relevantes de Guerra Eletrônica envolvidos. Inicialmente, foram examinadas aeronaves como o EA-6B *Prowler* e F-117 *Nighthawk*, além do míssil *Patriot*, utilizado para combater os mísseis *Scud* também empregados pelo Iraque. Também foi estudado o míssil *Scud*, de fabricação russa, e os mísseis superfície-ar (SAM) usados pelo Iraque. O objetivo foi entender como os recursos de Guerra Eletrônica foram aplicados e como esses equipamentos foram cruciais para o resultado da Guerra do Golfo. A análise visou, portanto, contribuir para o entendimento dos princípios envolvidos na Guerra Eletrônica e fornecer informações úteis que demonstrem a importância do desenvolvimento de estratégias e equipamentos de Guerra Eletrônica mais eficientes. Durante a Guerra do Golfo, ambos os lados empregaram meios de Guerra Eletrônica objetivando dominar o espectro eletromagnético do inimigo e atacá-lo. A coalizão liderada pelos Estados Unidos possuía uma grande vantagem tecnológica em relação ao Iraque, o que lhe conferiu superioridade no controle do Espectro Eletromagnético. Essa foi uma das razões cruciais que contribuíram para a vitória no conflito.

Palavras-chave: Guerra Eletrônica; Guerra do Golfo; Míssil; Aeronave; Espectro Eletromagnético.

¹Artigo de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAv) da Academia da Força Aérea (AFA).

² Cadete Aviador do 4º Esquadrão (Turma Orthrus, 2023).

^{3**} 1ª Ten QOCon Magistério Superior em Física. Doutor e Mestre em Ciências em Engenharia Biomédica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, licenciado em Física pela Universidade Metropolitana de Santos e bacharel em Física pela Universidade Estadual de Santa Cruz. Academia da Força Aérea. E-mail: francisco@sbeb.org.br.

^{4***} Cap QOAv Especialista em Análise do Ambiente Eletromagnético. Instituto Tecnológico da Aeronáutica. E-mail: freitastlf@fab.mil.br.

ABSTRACT

The study of electromagnetic phenomena dates back to the late 19th century when its military applications were recognized. Since then, controlling the electromagnetic spectrum has been vital for achieving victory in modern warfare. Therefore, the objective of this study is to analyze the utilization of Electronic Warfare resources during the 1991 Gulf War between the United States and its allies against Iraq and how they influenced the outcome of the conflict. The study begins by examining aircraft such as the EA-6B "Prowler" and F-117 Nighthawk, as well as the Patriot missile used to counter Iraq's Scud missiles. The analysis also includes a study of the Russian-made Scud missiles and surface-to-air missiles (SAM) employed by Iraq. The aim is to understand how Electronic Warfare resources were employed and how these specific equipment played a crucial role in the outcome of the Gulf War. By conducting this analysis, the study aims to contribute to a better understanding of the principles underlying Electronic Warfare and provide valuable insights for the development of more effective strategies and equipment in this field. During the Gulf War, both sides employed Electronic Warfare tactics to gain dominance over the enemy's electromagnetic spectrum and launch attacks. The coalition led by the United States of America held a substantial technological advantage over Iraq, granting them supremacy in controlling the Electromagnetic Spectrum. This proved to be a crucial factor contributing to their victory in the conflict.

Keywords: Electronic Warfare; Gulf War; Missile; Aircraft; Electromagnetic Spectrum.

INTRODUÇÃO

A descoberta dos fenômenos eletromagnéticos no final do século XIX possibilitou a criação dos sistemas de comunicação, os quais tiveram seu potencial para guerra reconhecido. Os estrategistas notaram que poderiam empregar esses recursos em ações de inteligência e contrainteligência (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2006). Estas ações deram origem ao que, atualmente, é conhecido como Guerra Eletrônica (GE), a qual representa o conjunto de medidas que utiliza ondas eletromagnéticas para neutralizar e reduzir a capacidade de ataque e/ou defesa inimiga, tirando proveito do espectro eletromagnético empregado pelo oponente, bem como assegurar o emprego eficiente das emissões próprias (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2006).

O primeiro emprego da GE relatado na literatura foi na Batalha Naval de Tsushima em 1905, onde o bloqueio de rádio fora usado como medida de ataque eletrônico (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2006).

Durante a Guerra do Golfo, os Estados Unidos da América (EUA) usaram equipamentos de Guerra Eletrônica na aeronave F-117 A, a qual foi projetada para reduzir a detecção de radares (tecnologia denominada "*stealth*"). Assim, foi invulnerável à defesa aérea iraquiana e nenhuma

delas foi abatida. Ainda que o Iraque controlasse o espectro eletromagnético e apresentasse superioridade aérea em altitudes abaixo de 10.000 pés, havia uma grande diferença tecnológica entre o Iraque e seu principal oponente, os Estados Unidos (CRESSWELL, 2000). Além disso, os EUA empregaram aeronaves EA-6B “*Prowler*” que foram projetadas para dificultar sua detecção pelo sistema de radar iraquiano e fornecia proteção a outras aeronaves enquanto estivesse presente, possibilitando que aviões F-15 “*Eagle*” atingissem os alvos pré-determinados (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2006).

É apoiado nesses fatos que esta pesquisa investigou como os recursos de GE utilizados durante a Guerra do Golfo, influenciaram o resultado do conflito.

Diante disso, a seguinte indagação foi formulada: Como os diversos meios de Guerra Eletrônica utilizados pelo Iraque e Estados Unidos afetaram o resultado desse conflito? Diante desta problemática, o objetivo geral deste estudo foi identificar como os recursos de Guerra Eletrônica contribuíram para o resultado do conflito da Guerra do Golfo. Para atingir o objetivo geral desta pesquisa, foram elencados os seguintes objetivos específicos: expor uma explicação sobre a Guerra do Golfo e sobre a Guerra Eletrônica, abordar os principais meios de GE utilizados pelos Estados Unidos e debater sobre os meios de autodefesa basilares utilizados pelo Iraque.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 GUERRA DO GOLFO

Após a anexação do Kuwait pelo regime do presidente Saddam Hussein, houve uma série de tentativas de negociações diplomáticas, bem como a imposição de sanções econômicas e a elaboração de diversas resoluções pela ONU com o objetivo de dissuadir o presidente de manter a ocupação do território kuwaitiano. No entanto, a ação mais crucial foi a última, que determinava o uso de todos os meios necessários para restaurar a soberania do Kuwait, o que acabou por exigir ações militares. De acordo com Verde *et al.* (1992), o governo iraquiano alegou que invadiu o Kuwait por causa do suposto roubo de petróleo perpetrado pelo Kuwait e da inundação do mercado internacional, juntamente com os Emirados Árabes e a Arábia Saudita, com o óleo produzido, resultando na queda contínua da cotação do produto. No entanto, o verdadeiro motivo do Iraque era garantir livre acesso às águas do Golfo Pérsico e, conseqüentemente, ao Oceano Índico, e o fato de o Kuwait ter sido parte do seu território

anteriormente (VERDE *et al.* 1992). O conflito teve início em 17 de janeiro de 1991, com os Estados Unidos liderando uma coalizão de vinte e oito países (VERDE *et al.* 1992). Os armamentos utilizados pelo Iraque durante a luta eram de origens soviéticas, como os mísseis SCUD, SA-2 e SA-6. Além disso, o exército do país fora treinado pelas forças soviéticas no período compreendido entre os anos de 1970 e 1980 (MORAIS, 2010).

Desde os preparativos para a Guerra do Golfo, o domínio do espectro eletromagnético já se revelava um elemento crucial para as forças aliadas. A habilidade de captar e decodificar as ondas eletromagnéticas transmitidas pelas tropas iraquianas permitiu a obtenção precisa da ordem de batalha do inimigo e garantiu o completo controle dos meios eletrônicos durante as operações de combate. Ademais, a execução das operações de guerra eletrônica pelas forças aliadas também foi favorecida pelo fato de que a maioria dos sistemas utilizados pelo Iraque era composta por equipamentos soviéticos, cujas características técnicas já eram amplamente conhecidas pelas forças da Organização do Tratado do Atlântico Norte, OTAN (VERDE *et al.* 1992).

Segundo Verde *et al.* (1992) a atuação da Força Aérea aliada foi precedida da saturação do espectro eletromagnético inimigo, a qual deixou o Iraque incomunicável e incapaz de utilizar o espectro a seu favor. Ademais, a tecnologia militar de Guerra Eletrônica mais moderna em posse dos aliados, até então existente, foi de suma importância para o conflito (MOSSI, 2019). Trinta e oito dias após o ataque aéreo, quando a ofensiva aliada por terra foi lançada, as forças iraquianas já estavam praticamente derrotadas (VERDE *et al.*, 1992).

1.2 ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Uma onda eletromagnética é uma onda que consiste em campos elétricos e magnéticos oscilantes e que se propagam em alta velocidade através do espaço, transportando energia e informação sem a necessidade de um meio material para se propagar (RAMOS, 2016; SILVA *et al.* 2014; YOUNG e FREEDMAN, 2014). Essas ondas são geradas por cargas elétricas em movimento, como elétrons, e são caracterizadas por suas frequências e comprimentos de onda (RAMOS, 2016; SILVA *et al.* 2014; YOUNG e FREEDMAN, 2014). A energia transportada por essas ondas é parcialmente absorvida por objetos localizados em sua direção de propagação e o restante da energia é espalhada em várias direções do espaço (RAMOS, 2016). Essas ondas são classificadas de acordo com sua frequência, que determina a energia eletromagnética transportada pela onda. A faixa de frequência das ondas eletromagnéticas é chamada de espectro

eletromagnético e inclui, em ordem crescente de frequência, as ondas de rádio, microondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios-X e raios gama (RAMOS, 2016). Essas ondas são amplamente utilizadas em tecnologias modernas, como comunicações sem fio, televisão, rádio, telefonia celular, radar, imagens médicas, entre outras aplicações (RAMOS, 2016; SILVA *et al.* 2014; YOUNG e FREEDMAN, 2014). Como na Guerra do Golfo foram utilizadas apenas as ondas rádio e infravermelho segue uma explicação um pouco mais detalhada sobre elas.

As ondas de rádio são um tipo de onda eletromagnética que são usadas para transmissão de sinais de rádio, televisão, telefonia celular, *Wi-Fi*, satélites, entre outras aplicações de comunicação sem fio. Elas são caracterizadas por suas baixas frequências (tipicamente entre 3 kHz e 3 GHz) e longos comprimentos de onda, o que permite que elas se propaguem facilmente através do espaço e penetrem em edifícios e outros obstáculos (RAMOS, 2016; SILVA *et al.* 2014).

A radiação infravermelha é um tipo de radiação eletromagnética com frequências entre 300 GHz e 400 THz (RAMOS, 2016). A radiação infravermelha é emitida por objetos com temperatura acima do zero absoluto (-273,15 °C) e é usada em uma ampla variedade de aplicações (USAMENTIAGA *et al.*, 2014). Os seres humanos emitem radiação infravermelha, o que torna possível a tecnologia de imagens térmicas, que é usada em segurança, detecção de incêndios, diagnóstico médico, pesquisa científica e muitas outras aplicações. As câmeras de imagens térmicas captam a radiação infravermelha emitida pelos objetos e produzem uma imagem que representa a temperatura da superfície do objeto (USAMENTIAGA *et al.*, 2014). A radiação infravermelha é usada em comunicações sem fio, como em controles remotos e em sistemas de comunicação entre dispositivos próximos (SILVA *et al.* 2014).

A Figura 1 ilustra o espectro eletromagnético e destaca a faixa do espectro correspondente à luz visível pelos seres humanos.

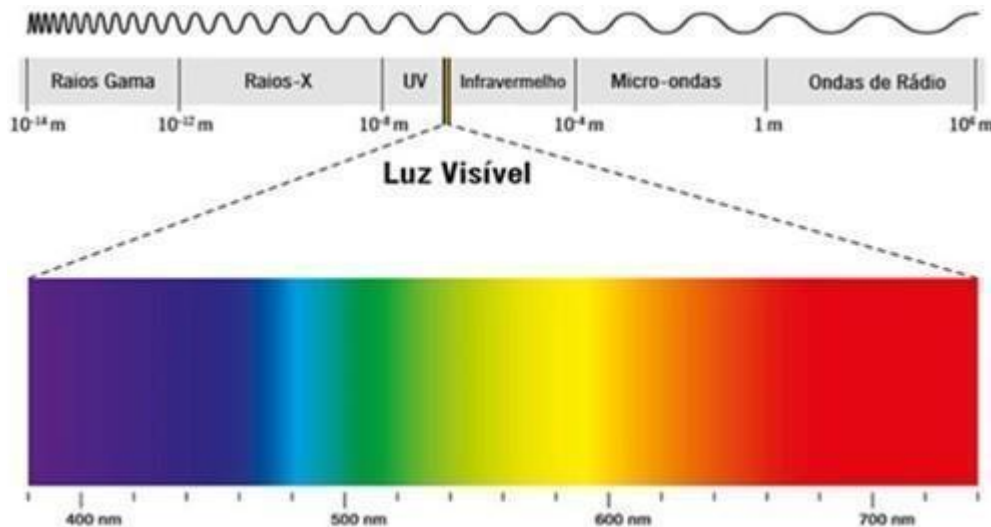


Figura 1 Espectro eletromagnético com as classificações das ondas que o compõem.

Fonte: recuperado de Santos (2019)

1.3 SISTEMA RADAR

A sigla RADAR é amplamente utilizada para se referir ao termo “*Radio Detection and Ranging*”, que pode ser traduzido como "Detecção e Medição de Rádio". Esse sistema foi amplamente usado e aperfeiçoado durante a Segunda Guerra Mundial. Sua principal função é determinar a localização de um alvo por meio da propriedade de reflexão das ondas eletromagnéticas. Essa tecnologia envia feixes de ondas eletromagnéticas (rádio ou microondas) em todas as direções, e na presença de um objeto, ocorre a reflexão desse feixe, o qual é detectado pelo RADAR. Esta informação indica a presença de um objeto na área de varredura do sistema supracitado (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2006).

Além de detectar a presença de um objeto, a maioria dos sistemas de RADAR também permite a medição de distância, ângulo relativo e o sentido de deslocamento do alvo. Isso é possível porque as ondas eletromagnéticas refletidas pelo objeto são analisadas para determinar o tempo que levam para retornar ao sistema. Com base nessa informação, é possível calcular a distância entre o emissor e o alvo, determinando a posição deste objeto (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2006).

A medição do ângulo relativo é realizada ao comparar os sinais recebidos por diferentes antenas do sistema. Essa comparação permite determinar a direção do objeto em relação à posição do RADAR. Além disso, o deslocamento do alvo também pode ser determinado ao analisar a mudança na frequência das ondas refletidas causada pelo movimento relativo entre o RADAR e o objeto (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2006).

1.4 GUERRA ELETRÔNICA

Ao longo dos últimos 20 anos ocorreu uma evolução tecnológica e, conseqüentemente, o homem passou a explorar o espectro eletromagnético e suas possíveis aplicações, inclusive no âmbito militar. De acordo com Mahabob (2021), a introdução dos rádios bidirecionais nas Forças Armadas causou uma dependência militar crescente do espectro eletromagnético. Ao longo do último século, essa dependência se estendeu para praticamente todos os sistemas de armas, com aplicações em frequências de rádio para comunicação com forças amigas, microondas para links de dados táticos, radares e satélites de comunicações, infravermelho para inteligência e localização de inimigos, além do uso de lasers em todo o espectro para comunicação, transmissão de dados e, possivelmente, destruição de alvos.

Desta forma surgiu a Guerra Eletrônica (GE), a qual é uma técnica militar que utiliza ondas eletromagnéticas com o objetivo de detectar, neutralizar e/ou reduzir a capacidade de ação de forças adversárias, incluindo a inibição de suas próprias capacidades de emissão (NETO, 2017).

Segundo Mahabob (2021), os equipamentos de comunicação que utilizam amplas porções do espectro se tornaram essenciais para as operações militares das Forças Armadas modernas. Eles permitem que as forças se comuniquem, transmitam dados, obtenham informações de navegação e tempo, e comandem e controlem tropas em todo o mundo. Além disso, tais equipamentos são cruciais para a identificação e localização de inimigos, monitoramento de suas atividades e de forças aliadas, bem como para avaliar os efeitos das armas utilizadas. Como resultado, a Guerra Eletrônica é uma estratégia adotada pelos militares modernos para assegurar a dominação do espectro.

De acordo com o Departamento de Defesa dos EUA (JOINT, 2012), a guerra eletrônica é formada por três subdivisões: Ataque Eletrônico (AE), Proteção Eletrônica (PE) e Apoio à Guerra Eletrônica (AGE).

AE é a subdivisão responsável pelo uso das ondas eletromagnéticas com finalidade de atacar pessoas, instalações ou equipamentos inimigos, com o objetivo de danificar, neutralizar ou destruir a capacidade de combate das forças armadas adversárias. Essa forma de ataque visa causar danos aos recursos do inimigo por meio de interferência eletromagnética ou uso de armas antirradiação. As principais ações dessa divisão incluem: prevenir ou reduzir o uso efetivo do espectro eletromagnético por parte de um inimigo empregando sistemas ou armas que usam energia eletromagnética; e empregar sistemas ou armas que usam energia eletromagnética irradiada (energia direcionada) como seu principal mecanismo disruptivo ou destrutivo. Os exemplos incluem lasers, armas eletro-ópticas, infravermelhas, microondas de alta potência e aquelas que empregam um pulso eletromagnético (JOINT, 2012).

A subdivisão de PE é incumbida de ações relacionadas à proteção de pessoal, instalações e equipamentos de quaisquer efeitos de uso inimigo ou não do espectro eletromagnético. Além disso, ela busca desenvolver e utilizar mecanismos de proteção contra fenômenos naturais que degradam, neutralizam ou destroem a capacidade de combate de seus militares (JOINT, 2012).

Por fim, AGE é a subdivisão da Guerra Eletrônica que consiste em ações designadas pelo comandante operacional ou realizadas sob seu controle direto, com o objetivo de procurar, interceptar, identificar, localizar ou rastrear fontes de energia eletromagnética irradiada, tanto intencional quanto não intencional, a fim de reconhecer ameaças imediatas, selecionar alvos, planejar e conduzir operações futuras (JOINT, 2012).

Como já mencionado anteriormente, as principais atividades de Guerra Eletrônica foram desenvolvidas ao longo do tempo com o propósito de explorar as oportunidades e vulnerabilidades inerentes à física da energia eletromagnética. Embora a teoria eletromagnética tenha sido consolidada por James Clerk Maxwell na década de 1860, o desenvolvimento e aplicação de tecnologias que empregam energia eletromagnética são contínuos.

2 MÉTODOS

Realizou-se uma pesquisa bibliográfica do tipo qualitativa que consistiu na coleta de dados em documentos, artigos científicos nacionais e internacionais, livros, dissertações, trabalhos de conclusão de curso e materiais de doutrina militar (PRODANOV e FREITAS, 2013), com o objetivo de identificar se os recursos de guerra eletrônica empregados pelo

Iraque e pelos Estados Unidos durante a Guerra do Golfo foram um fator determinante para o desfecho do conflito.

Inicialmente foi realizada uma busca no *Google Acadêmico* com os seguintes descritores: “Guerra do Golfo” *and* “Guerra eletrônica”; e “Gulf War” *and* “Electronic Warfare”. Além disso, este estudo incorporou trabalhos adicionais obtidos por meio das referências bibliográficas dos estudos encontrados na base de dados supracitada. Como critério de exclusão, foram considerados os trabalhos que não estavam relacionados com os objetivos propostos neste artigo (geral e específicos) e equipamentos que exigissem acesso a material reservado ou sigiloso.

3 RESULTADOS

Durante as operações aéreas, as forças aliadas utilizaram caças e caças-bombardeiros equipados com mísseis ar-ar e ar-terra que contavam com sensores térmicos (infravermelhos) ou de iluminação por feixe *laser*, proporcionando uma precisão excepcional e minimizando danos colaterais (VERDE *et al.* 1992). As aeronaves das forças aliadas, ao serem detectadas pelos sistemas de defesa aérea inimigos através de sensores de aeronaves ou satélites de busca de radiações, eram capazes de desativar esses sistemas por meio do lançamento de mísseis antirradiação ou da neutralização através do uso de ondas eletromagnéticas emitidas por aeronaves de contramedidas eletrônicas. Além disso, os helicópteros das forças aliadas também empregaram mísseis guiados por feixes de *laser*, disparados a baixa altitude, que eram direcionados por outro helicóptero de escolta ou por um observador no solo (VERDE *et al.* 1992).

3.1 PRINCIPAIS MEIOS DE GUERRA ELETRÔNICA UTILIZADO PELOS ESTADOS UNIDOS

Durante o conflito, os Estados Unidos utilizaram equipamentos de Guerra Eletrônica, como as aeronaves EA-6B “*Prowler*”, bem como o bombardeiro F-117A, que possuíam tecnologia “*Stealth*”. Além dessas aeronaves, o emprego dos mísseis antimísseis “*Patriot*” foi de fundamental importância para reduzir as avarias causadas pelos mísseis “*Scud*”, de fabricação russa (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2015).

3.1.1 EA-6B “Prowler”

O EA-6B é um avião de guerra eletrônica que desempenhava uma função vital na defesa das unidades de superfície e de aeronaves da Marinha dos Estados Unidos em missões de combate. Trata-se de uma versão modificada do A-6 *Intruder*, um avião bombardeiro que foi adaptado para bloquear temporariamente os radares e comunicações inimigas, com o objetivo de proporcionar uma vantagem tática às forças americanas (KOVÁCS, 2009).

O funcionamento do EA-6B era baseado em receptores de ondas de rádio, os quais coletavam sinais de radiofrequência emitidos por equipamentos hostis. Esses sinais eram analisados por um computador a bordo da aeronave, que identificava as frequências e características dos sinais inimigos. Com base nessas informações, o avião podia bloquear os sinais utilizando uma forma de energia eletromagnética capaz de interferir nas transmissões inimigas (KOVÁCS, 2009).

O EA-6B era capaz de bloquear uma ampla gama de frequências, incluindo sinais de TV, rádio, telefones celulares e conexões de internet sem fio. Essa capacidade de interferir nas comunicações inimigas tornou o EA-6B uma das armas eletrônicas mais importantes da Marinha dos Estados Unidos. Com isso, é possível concluir que o EA-6B desempenhou um papel crucial na proteção das forças americanas em conflitos armados, ao bloquear temporariamente as comunicações e radares inimigos, proporcionando uma vantagem tática para seus militares (KOVÁCS, 2009).

Este avião dotado de guerra eletrônica teve um papel crucial, já que foi projetado para proteger as aeronaves americanas ao evitar que seus equipamentos fossem detectados por radares inimigos. Além disso, o avião também foi usado para coletar e analisar as irradiações eletromagnéticas emitidas pelos equipamentos hostis, com o objetivo de gerar um quadro de informações que pudesse ser utilizado para planejar futuras missões militares. Devido a sua capacidade de interferir nas comunicações e radares inimigos, o avião de guerra eletrônica foi considerado uma das armas mais importantes utilizadas pelos Estados Unidos (MOSSI, 2019).

A partir do exposto, é possível inferir que a aeronave supracitada teve múltiplas utilidades em missões militares durante o conflito tratado neste estudo, sendo empregado tanto para realizar Apoio de Guerra Eletrônica (AGE), por meio da coleta de informações e análise das irradiações eletromagnéticas emitidas pelos equipamentos inimigos, quanto para Ataque Eletrônico (AE), por meio da redução e/ou incapacitação das forças inimigas em

utilizar o espectro eletromagnético. Essa versatilidade tornou o avião de guerra eletrônica uma das armas mais importantes da Força Aérea dos Estados Unidos, capaz de desempenhar múltiplas funções em conflitos armados e oferecer uma vantagem tática às forças americanas (MOSSI, 2019).



Figura 2 EA-6B “Prowler”

Fonte: recuperado de Kovács (2009)

3.1.2 F-117 NIGHTHAWK

A aeronave F-117 *Nighthawk* foi um marco na aviação militar da época, uma vez que foi o primeiro avião furtivo, dotado com a tecnologia “*Stealth*”, a ser usado em um conflito (SILVA, 2017). As aeronaves com essa tecnologia possuíam características que as tornam menos visíveis aos radares, como, por exemplo, forma angular, superfícies planas e revestimentos absorventes das ondas empregadas em radar, o que ajudou a reduzir a assinatura de radar da aeronave, tornando-a mais difícil de ser detectada. Seu uso pelas forças aliadas no bombardeio iraquiano foi de grande importância, já que a aeronave possuía cerca de 13 metros de envergadura e 20 metros de comprimento, tornando-se facilmente detectável pelos radares inimigos. No entanto, devido ao seu formato, pintura e revestimento, o avião foi capaz de enganar inúmeras vezes os

radares iraquianos, sendo confundido com outros objetos de menor ou nenhum interesse. Esse fato demonstra a efetividade da tecnologia *Stealth* em proporcionar vantagem tática aos militares, ao permitir que a aeronave passasse despercebida pelos sistemas de detecção inimigos, aumentando suas chances de sucesso em missões de ataque (SILVA, 2017).

Durante a Guerra do Golfo, o F-117 foi uma aeronave crucial para o sucesso das operações militares dos Estados Unidos. Sua assinatura de radar e infravermelho extremamente baixa foi um fator preponderante para sua eficácia, permitindo que voasse indetectável pelos radares inimigos. Além disso, a utilização de sistemas de Guerra Eletrônica, como os mísseis HARM e antirradiação, foram essenciais para suprimir a defesa aérea iraquiana. A tripulação altamente treinada do F-117 foi capaz de utilizar esses sistemas de GE de forma eficaz, contribuindo para a superioridade aérea dos Estados Unidos no conflito (KUCUCKOZYIGIT, 2006).

Um exemplo notável da eficácia do avião furtivo F-117 em ser indetectável foi o seu emprego em uma missão para destruir o centro de operações de defesa aérea em Nukheyb. O ataque foi executado por duas aeronaves F-117, que transportavam bombas guiadas a laser GBU-27 de 2.000 libras. Após o sucesso do ataque inicial, as mesmas aeronaves atacaram outros alvos de comando e comunicação da rede de energia elétrica. O mais impressionante é que, em ambos os ataques, a defesa aérea iraquiana não detectou a ameaça furtiva antes que os ataques fossem consumados. Esse episódio ilustra a capacidade da tecnologia *Stealth* em oferecer uma vantagem tática às forças militares, permitindo que as aeronaves passassem despercebidas pelos sistemas de detecção inimigos e realizassem missões críticas de ataque com maior probabilidade de sucesso (KUCUCKOZYIGIT, 2006).

Conforme informado anteriormente, os caças F-117 *Nighthawk* foram projetados para minimizar a detecção pelos radares, fornecendo-lhes um recurso furtivo que melhorou significativamente sua capacidade de sobrevivência em combate. Graças a esse recurso, essas aeronaves eram virtualmente invulneráveis às defesas aéreas iraquianas, o que se refletiu no fato de que nenhuma delas foi abatida durante o conflito. Essa vantagem tática permitiu que 127 caças desse modelo realizassem um total de 1.270 surtidas, lançando 1.616 bombas com uma taxa de acerto impressionante de 79%. Esses números refletem a importância da tecnologia *Stealth* no cenário de conflitos modernos, onde a detecção inimiga pode significar a diferença entre o sucesso e o fracasso de uma operação militar (CRESSWELL, 2000).



Figura 3 F-117 *Nighthawk*

Fonte: recuperado de Crickmore (1999)

3.1.3 MÍSSIL *PATRIOT*

Durante a Guerra do Golfo, o míssil *Patriot* se destacou como um importante recurso de defesa antiaérea das forças americanas. Projetado para interceptar mísseis balísticos, o *Patriot* foi adaptado para combater os mísseis *Scud* lançados pelo Iraque, tornando-se fundamental para a proteção das tropas americanas e civis na região. Sua eficácia foi tão grande que, em algumas ocasiões, o míssil foi considerado o principal defensor das forças aliadas (SILVA, 2017).

O sistema do míssil *Patriot* era altamente tecnológico para aquela época e contava com uma estrutura de radares e computadores, que eram responsáveis por guiá-lo em três fases distintas. Na primeira fase, o sistema de guiamento direcionava o míssil *Patriot* em direção ao alvo. Em seguida, o computador orientava o míssil em direção ao míssil *Scud*. Por fim, o radar presente no interior do míssil *Patriot* direcionava-o para a interceptação do míssil inimigo. É importante destacar que os Estados Unidos afirmaram ter atingido uma taxa de sucesso de 70% na Arábia Saudita e 40% na região de Israel no final do conflito. O míssil

Patriot foi fundamental para proteger as tropas americanas e civis e teve uma grande importância no combate aos mísseis *Scud* lançados pelo Iraque (FILHO, 2014).



Figura 4 Míssil *Patriot*

Fonte: recuperado de Mossi (2019)

3.2 PRINCIPAIS MEIOS DE GUERRA ELETRÔNICA UTILIZADO PELO IRAQUE

Durante a Guerra do Golfo, o Iraque possuía um Sistema Integrado de Defesa Aérea composto por mísseis superfície-ar e artilharia antiaérea, controlados a partir de diversos postos de comando. Os mísseis *Scud*, de fabricação russa, foram utilizados pelo Iraque para atacar alvos em países vizinhos, enquanto os mísseis superfície-ar (SAM) tinham como objetivo proteger os aeródromos e outras instalações estratégicas do país. Esses sistemas de defesa aérea representavam uma ameaça significativa para as forças aliadas, e foram alvos prioritários em diversas operações de ataque (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2015).

3.2.1 MÍSSIL *SCUD*

O *Scud* é um míssil balístico que foi desenvolvido pelos soviéticos na década de 1950 e podia ser adaptado para carregar ogivas com armas químicas, nucleares ou biológicas. Esses mísseis não possuíam tecnologia específica de guerra eletrônica embutida, eram considerados imprecisos e a chance de atingir o alvo desejado era de cerca de 50%. Durante a Guerra do

Golfo, em 1991, o Iraque lançou mísseis *Scuds* contra alvos em Israel e na Arábia Saudita, causando danos significativos. Esses mísseis também foram responsáveis por 21% das baixas americanas e 40% dos feridos durante o conflito. O *Scud* representou uma ameaça significativa para as forças da coalizão liderada pelos Estados Unidos e sua destruição era uma prioridade nas operações de defesa aérea (COSTA, 2011).

Apesar de terem capacidade para transportar armas de destruição em massa, os mísseis *Scuds* utilizados pelo Iraque durante a Guerra do Golfo eram menos sofisticados que outros mísseis balísticos modernos e, por isso, eram mais fáceis de serem identificados e interceptados pelo sistema de defesa antimíssil *Patriot* dos EUA. Mesmo quando os mísseis *Scuds* conseguiam atingir o solo, a maioria das explosões ocorria em áreas abertas, diminuindo o risco de baixas em comparação com explosões em áreas urbanas densamente povoadas. Após as forças lideradas pelos EUA utilizarem os mísseis *Patriot* contra o *Scud*, as baixas, tanto militares quanto civis, reduziram significativamente, demonstrando a eficácia do sistema de defesa antimíssil na proteção contra ameaças balísticas (PEDRO, 2021).

Durante a Guerra do Golfo, a Força Aérea e o Exército iraquiano enfrentaram uma grande desvantagem tecnológica e numérica em relação às forças lideradas pelos EUA. Além disso, os mísseis *Scuds* não representaram uma ameaça significativa, mesmo havendo a possibilidade de serem usados para lançar armas químicas ou biológicas. No entanto, a superioridade tecnológica e de recursos das forças lideradas pelos EUA permitiu que medidas efetivas fossem tomadas para minimizar essa ameaça, como o uso do sistema de defesa antiaérea *Patriot* e o ataque aos locais de lançamento dos *Scuds* (SILVA, 2017).



Figura 5 Missil *Scud*

Fonte: recuperado de De Castro (2018)

3.2.2 MÍSSEIS SUPERFÍCIE-AR

Os mísseis superfície-ar (SAM) são equipamentos de defesa antiaérea que utilizam radares para localizar alvos a média e grande altitude, geralmente acima de 10.000 pés. Durante a Guerra do Golfo, esses mísseis foram posicionados em torno de cidades e bases militares para protegê-las contra ataques aéreos. Na região de Bagdá, por exemplo, havia diversos lançadores de mísseis, incluindo modelos como SA-2, SA-3, SA-6/7/8/9/14. Segundo relatos, os aliados liderados pelos Estados Unidos detectaram entre 1.300 a 1.700 emissores de radares SAM na região, evidenciando a importância estratégica desses equipamentos para a defesa do Iraque (SILVA, 2017).

A radiação infravermelha teve um papel crucial no conflito. As aeronaves abatidas por mísseis superfície-ar (SAMs) com guia infravermelho representaram quase a totalidade das perdas de aeronaves em relação a outras contramedidas. Isso evidencia a ameaça significativa que os SAMs, com guia por infravermelho, representavam para as aeronaves. Portanto, a utilização de sistemas de defesa guiados por infravermelho durante o combate tornou-se essencial para a proteção das aeronaves. O uso desses sistemas se mostrou crucial para garantir a superioridade aérea e a segurança da tripulação (KUCUCKOZYIGIT, 2006).

A coalizão liderada pelos Estados Unidos enfrentou o desafio de garantir a superioridade aérea, o que implicou na necessidade de neutralizar os mísseis superfície-ar (SAM) do Iraque. Para cumprir essa tarefa, foram utilizadas aeronaves de detecção precoce, como o EA-6B “*Prowler*”, responsáveis por localizar os emissores de radares SAM. Posteriormente, os aviões F-117 *Nighthawk* foram empregados para atacar e destruir esses mísseis. Com essa ação, foi possível desarticular a rede integrada de defesa aérea do Iraque e garantir a superioridade aérea para a coalizão liderada pelos Estados Unidos (CRESSWHEEL, 2000).



Figura 6 Míssil SA-2

Fonte: recuperado de Santos (2016)

4 DISCUSSÃO

Considerando os conceitos mencionados anteriormente e a análise do conflito na Guerra do Golfo, é possível observar que ambos os lados empregaram recursos de Guerra Eletrônica com o objetivo de obter, como definiu Schleher (1999), o domínio do espectro eletromagnético e atacar o inimigo.

A Guerra do Golfo foi um exemplo pioneiro e eficaz de guerra convencional que contou com apoio de meios cibernéticos e eletrônicos. Como consequência, os Aliados conseguiram facilmente a superioridade. Durante o conflito, os Aliados usaram métodos de guerra cibernética e eletrônica para inserir vírus de computador nos sistemas integrados de defesa aérea do Iraque. Esses vírus foram ativados remotamente e causaram a queda do sistema de defesa aérea antes do ataque aéreo dos EUA. Para destruir os sistemas de defesa aérea iraquianos, os Aliados mantiveram uma contínua pressão de mísseis antirradiação de alta velocidade (HARM) sobre eles. Além disso, os aviões americanos sobrevoaram Bagdá, o que impediu a ativação do sistema de defesa aérea iraquiano. Os Aliados também coletaram informações sobre as operações coordenadas dos líderes iraquianos por meio de transmissão eletrônica e usaram essas informações para impedir as operações coordenadas do inimigo. No final, a operação foi concluída com sucesso, com perdas humanas e materiais mínimos (ASKIN, 2015).

A prioridade dos aliados era conquistar a superioridade aérea, o que foi alcançado por meio da interrupção dos sistemas de comando e controle do Iraque. Além disso, os aliados

também concentraram seus esforços em atingir a liderança, comunicação e transporte do Iraque. Essa estratégia se mostrou eficaz para garantir o sucesso das operações militares, resultando em poucas perdas humanas e materiais para os Aliados (KUCUCKOZYIGIT, 2006).

Conforme apontado por Verde *et al.* (1992), uma das principais lições aprendidas com a Guerra do Golfo foi a importância do domínio do espectro eletromagnético na condução de guerras modernas, para o qual é crucial empregar equipamentos adequados e contar com pessoal altamente capacitado para conduzir operações de guerra eletrônica com eficácia.

Durante a Guerra do Golfo, ficou evidente que o controle do espectro eletromagnético foi uma das chaves para a vitória. Isso permitiu que os Aliados implantassem suas forças de maneira mais eficiente e com maior poder de combate. Essa lição foi aprendida e tem sido levada em consideração pelos militares em todo o mundo, sendo considerada uma das principais estratégias para vencer uma possível guerra no futuro (KUCUCKOZYIGIT, 2006).

Cabe ressaltar que a tecnologia empregada pelas aeronaves americanas e de seus aliados na Guerra do Golfo possibilitaram que elas fossem invulneráveis naquela ocasião, mas com o constante avanço tecnológico esses recursos de GE vão se tornando obsoletos. Então é importante que as Forças Armadas busquem desenvolver e/ou aperfeiçoar os equipamentos de Guerra Eletrônica.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo abordou os meios de Guerra Eletrônica utilizados tanto pelo Iraque quanto pela aliança liderada pelos Estados Unidos. Com este propósito, procurou-se compreender tanto a Guerra do Golfo quanto o campo da Guerra Eletrônica, explorando os principais dispositivos empregados pelos Estados Unidos e pelo Iraque. Além disso, foram analisadas as formas como essas táticas influenciaram o desfecho ou desenlace do conflito, realçando também a relevância da importância da Guerra Eletrônica em conflitos posteriores e fornecendo valiosas lições para a Força Aérea Brasileira.

No contexto do Iraque, durante a Guerra do Golfo, o principal meio empregado de guerra eletrônica foi a utilização dos mísseis *Scuds*. Estes mísseis balísticos de fabricação russa eram notoriamente imprecisos e não possuíam incorporadas tecnologias específicas de guerra eletrônica. No entanto, representaram uma ameaça de grande relevância às forças aliadas, uma vez que podiam ser carregados com ogivas contendo armas químicas, nucleares ou biológicas. Devido ao seu potencial de causar danos, os mísseis *Scuds* tornaram-se alvos prioritários nas

operações de ataque das forças aliadas.

Por fim, torna-se evidente que a atualização dos dispositivos de Guerra Eletrônica desempenha um papel fundamental na conquista da supremacia aérea, sendo o domínio eletromagnético igualmente crucial nesse cenário. Além disso, fica evidente que uma excessiva dependência de tecnologias estrangeiras acarreta prejuízos para uma nação. Considerando esse panorama, uma sugestão para trabalhos futuros seria realizar um estudo mais aprofundado para identificar os equipamentos de Guerra Eletrônica mais adequados, em consonância com os objetivos primordiais da nação brasileira.

REFERÊNCIAS

ASKIN, Osman; IRMAK, Riza; AVSEVER, Mustafa. Cyber warfare and electronic warfare integration in the operational environment of the future: cyber electronic warfare. In: **Cyber Sensing 2015**. SPIE, 2015. p. 83-89.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **Guerra Eletrônica**. Brasília: 2006. Disponível em: https://redebias.direns.aer.mil.br/index.asp?codigo_sophia=16027. Acesso em: 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **DCA 1-1: Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira**. Brasília: 2012. Disponível em: <https://www2.fab.mil.br/unifa/ppgca/images/downloads/dca.pdf>. Acesso em: 27 set. 2022.

CANEVAROLO JR, S. V. **Técnicas de caracterização de polímeros**. São Paulo : Artliber Editora, 2003.

COSTA, Fernando Luiz Pinheiro da. **1ª Guerra do Golfo: ensinamentos para a artilharia antiaérea**. 50p. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação em Ciências Militares com ênfase na especialização em Artilharia Antiaérea) - Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, Rio de Janeiro, 2011.

CRESSWELL, Dugald James. **Western airborne electronic warfare from Vietnam to the Gulf War: a revolution or rediscovery of fundamental principles and practices?: a thesis presented in fulfilment of the requirements for a degree of Master of Arts in Defence and Strategic Studies at Massey University**. 128p. 2000. Doctoral thesis (Master of Arts in Defence and Strategic Studies) - Massey University, New Zealand, 2000.

CRICKMORE, Paul Crickmore Alison J. **Nighthawk F-117 Stealth Fighter**. United States: Zenith Imprint, 1999.

CRUZ FILHO, Carlos Euclides Olschowsky da. **A 1ª Guerra do Golfo: o emprego dos radares de defesa aeroespacial em vista da defesa antiaérea**. 56p. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Defesa Antiaérea) - Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, Rio de Janeiro, 2014.

DE CASTRO, Roney Ravalha; DE SOUZA, André Costa. Mísseis superfície-superfície e suas características. **Ultima Ratio**, n. 1, p. 4-20, 2018.

JOINT Publication 3-13.1. **Electronic Warfare**. Washington, DC: Joint Staff, 2012. Disponível em: <https://irp.fas.org/doddir/dod/jp3-13-1.pdf>. Acesso em: 02 maio 2023.

KOVÁCS, László. High-tech in electronic warfare: The EF-18G electronic attack fighter. **BOLYAI SZEMLE XVIII:(4) pp. 145-155.(2009)**, 2009.

KUCUKOZYIGIT, Ali Can. **Electronic Warfare (EW) historical perspectives and its relationship to Information Operations (IO)-considerations for Turkey**. 2006. Tese de

Doutorado. Monterey, California. Naval Postgraduate School

MAGALHÃES, Luciano Barbosa. **A Guerra das Malvinas sob o enfoque da guerra eletrônica**: ensinamentos para a Força Aérea Brasileira. 2006. 50 f. Rio de Janeiro.

MAHABOB, N. **Strategic invisible waves**: a review on electronic warfare. Vol 3, n.1, (2021) International Journal of Security Studies.

MOSSI, Welder. **Comparação entre o emprego da Guerra Eletrônica (GE) nas Guerras de terceira e quarta geração**: a GE na Guerra do Golfo e na Guerra Civil Síria. 2019. 36 p. Monografia (Curso de Ciências Militares) - Academia Militar das Agulhas Negras, Resende, 2012.

NASCIMENTO, Erick Patrick Aguiar do. **Possibilidades e limitações da artilharia antiaérea na Guerra de Yom Kipur e seus ensinamentos para a artilharia antiaérea do Exército Brasileiro**. 50p. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Artilharia de Costa e Antiaérea) - Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, Rio de Janeiro, 2019.

NETO, R. B. G. **Guerra cibernética / guerra eletrônica – conceitos, desafios e espaços de interação**. Revista Política Hoje - Volume 26, n. 1 (2017)

Oliveira, R., Santos, D., Ferreira, D., Coelho, P., & Veiga, F.. (2006). **Preparações radiofarmacêuticas e suas aplicações**. Revista Brasileira De Ciências Farmacêuticas, 42(2), 151–165. <https://doi.org/10.1590/S1516-93322006000200002>

PEDRO, Everaldo Paim; LINO, José Juci Alves. **Desempenho dos Mísseis e Foguetes Perante Defesas Antiaéreas**. 26p. 2021. Projeto Interdisciplinar (PI) - Centro de Instrução de Artilharia de Mísseis e Foguetes, Curso Avançado do Sistema de Artilharia de Mísseis e Foguetes para Sargentos, Rio de Janeiro, 2021.

PINO, E. S.; GIOVEDI, C. (2005) **Radiação Ionizante s suas Aplicações na Indústria**. Revista UNILUS Ensino e Pesquisa, n. 2, v. 2. <http://revista.lusiada.br/index.php/ruep/article/view/18/u2005v2n2e18>

PRODANOV, C.C.; FREITAS, E.C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo/RS: Feevale, 2013.

RAMOS, A. **Eletromagnetismo**. São Paulo: Editora Blucher, 2016

SANTOS, Itallo. **Citar as batalhas em que houve emprego de míssil e foguetes 1946 até os dias atuais**. 12p. 2016. Projeto Interdisciplinar (Estário/Curso de Operações do Sistema ASTROS) - Centro de Instruções de Artilharia de Foguetes, Formosa, 2016.

SANTOS, Fábio Pereira et al. O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO. **Cadernos Macambira**, v. 4, n. 1, p. 61-60, 2019.

SCHLEHER, D. C. **Electronic Warfare in the information age**. Norwood: Artechhouse,

1999. ISBN 0-89006-526-8.

SILVA, Nélcio Ribeiro Victor da. **O emprego de radares na 1ª Guerra do Golfo**. 47p. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação em Ciências Militares com ênfase na especialização em Artilharia Antiaérea) - Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, Rio de Janeiro, 2017.

SILVA, C. E.; SANTIAGO, A. J.; MACHADO, A. F.; ASSIS, A. S. **Eletromagnetismo: Fundamentos e simulações**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2014.

Usamentiaga, R.; Venegas, P.; Guerediaga, J.; Vega, L.; Molleda, J. & Bulnes, F. G. (2014). **Infrared thermography for temperature measurement and nondestructive testing**. *Sensors*, 14(7), 12305-12348.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física III: Eletromagnetismo**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2014.

ZARPELÃO, Sandro Heleno Morais. **A Guerra do Golfo (1991): Uma análise das operações escudo e Tempestade do Deserto**. XX Encontro Regional de História, ANPUH/SP – UNESP-Franca., set. 2010. Disponível em: <https://www.anpuhsp.org.br/sp/downloads/CD%20XX%20Encontro/PDF/Autores%20e%20Artigos/Sandro%20Heleno%20Morais%20Zarpele%20.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2022.