



ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA  
COORDENADORIA ACADÊMICA  
CURSO AVANÇADO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

FRANCISCO MARTIN **CRAVERO**, MajAv ONA

**Capacidades dos Sistemas Aéreos não Tripulados e suas implicações de emprego no  
conflito de Nagorno-Karabakh**

Rio de Janeiro

2024

ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA  
COORDENADORIA ACADÊMICA  
CURSO AVANÇADO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

FRANCISCO MARTIN **CRAVERO**, MajAv ONA

**Capacidades dos Sistemas Aéreos não Tripulados e suas implicações de emprego no  
conflito de Nagorno-Karabakh de 2020**

Trabalho de conclusão de curso apresentado,  
como requisito parcial para aprovação, no  
Curso Avançado de Comando e Estado-Maior.  
Linha de Pesquisa: Poder Aeroespacial.  
Orientador: Jorge MARCILLA.

Dedicado a os meus amigos que morreram no  
cumprimento do dever, aos heróis da batalha  
pelas Ilhas Malvinas e àqueles de nós que  
continuam seu legado

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a todos os efetivos da Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica da Força Aérea Brasileira, à Força Aérea Argentina que me deu uma notável oportunidade, ao meu orientador de pesquisa por sua paciência e à minha família que sempre estiveram presentes, constituindo a minha principal fonte de força.

As lições de Nagorno-Karabakh são que as forças de defesa aérea e as forças terrestres, mesmo dos exércitos que têm forças aéreas avançadas, devem levar em conta e se preparar para enfrentar uma nova ameaça que permite que forças militares mais pobres e até mesmo primitivas criem uma ameaça aérea que não existia antes. (HECHT, 2022, n.p, tradução nossa).

## RESUMO

Os vários sistemas de veículos aéreos não tripulados marcaram um ponto de virada na história da aviação mundial. A aplicação militar desses sistemas permitiu que diferentes operadores fizessem mudanças radicais em sua doutrina e forma de emprego em conflitos armados. A noção de empregar esses sistemas como substitutos de aeronaves de combate tripuladas é uma ideia recorrente em muitas Forças Aéreas. Nesse contexto, este artigo busca analisar a aplicação de diferentes capacidades de drones de combate à luz dos eventos da guerra de Nagorno-Karabakh em 2020 entre a Armênia e o Azerbaijão. Por meio de uma análise descritiva de fontes bibliográficas e documentos relacionados, é possível argumentar que os resultados alcançados pelos drones de combate azerbaijanos foram capazes de atingir os efeitos planejados de maneira vigorosa e eficiente. No entanto, este estudo determina as particularidades do ambiente operacional onde esses sistemas foram empregados, bem como as diferentes limitações das forças armênias que facilitaram o sucesso dos drones azeris. Nesse sentido, surgem considerações que devem ser observadas para entender a aplicação dos sistemas de combate não tripulados e suas implicações nos conflitos atuais.

**Palavras-chave:** Nagorno-Karabakh; Drones de Combate; Capacidades; Azerbaijão; Armênia.

## **RESUMEN**

*Los diferentes sistemas de vehículos aéreos no tripulados han marcado un punto de inflexión en la historia de la aviación mundial. La aplicación militar de dichos sistemas permitió a diferentes operadores cambios radicales en su doctrina y forma de empleo en conflictos armados. La noción de emplear este tipo de sistemas como sustitutos de aeronaves de combate tripuladas es una idea recurrente en muchas Fuerzas Aéreas. En este contexto, el presente trabajo busca analizar la aplicación de las distintas capacidades de los drones de combate, a la luz de los sucesos de la guerra de Nagorno Karabaj en 2020 entre Armenia y Azerbaiyán. Por medio de un análisis descriptivo de fuentes bibliográficas y documentos afines, es posible sostener que los resultados obtenidos por los drones de combate azeríes permitieron alcanzar los efectos planificados de manera contundente y eficiente. Sin embargo, el presente estudio determina las particularidades del ambiente operacional donde estos sistemas fueron empleados, como así también, las diferentes limitaciones de las fuerzas armadas que facilitaron el éxito de los drones azeríes. En ese sentido surgen consideraciones que deben ser observadas para entender la aplicación de los sistemas de combate no tripulados y sus implicancias en los conflictos actuales.*

**Palabras Clave:** Nagorno-Karabaj; Drones de Combate; Capacidades; Azerbaiyán; Armenia.

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Área disputada de Nagorno-Karabakh desde 2017..... | 19 |
| Figura 2 - Situação no final das hostilidades em 2020.....    | 21 |

## SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>2</b> | <b>METODOLOGIA.....</b>   | <b>11</b> |
| <b>3</b> | <b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>   | <b>12</b> |
| <b>4</b> | <b>APRESENTAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS .....</b>  | <b>13</b> |
| 4.1      | Drones de combate usados para tarefas de Inteligência, Vigilância, Aquisição de Alvos e Reconhecimento (ISTAR). ..... | 14        |
| 4.2      | Drones de combate capazes de transportar e empregar armamentos guiados. ....  | 15        |
| 4.3      | Drones Suicidas ou “ <i>Drones Kamikaze</i> ”. .....  | 15        |
| 4.4      | Histórico do conflito armado. ....  | 16        |
| 4.5      | Visão geral das operações de combate em Nagorno-Karabakh 2020. ....   | 16        |
| 4.6      | Supressão das defesas aéreas Armênicas.....   | 18        |
| 4.7      | Apoio de fogo aéreo aproximado e interdição tática.....   | 19        |
| 4.8      | Análise das operações de combate realizadas pelos drones do Azerbaijão. ....  | 20        |
| 4.9      | Análise dos pontos fortes e fracos dos sistemas aéreos não tripulados. ....   | 22        |
| 4.9.1    | Pontos fortes (Com base na análise de diferentes fontes).....   | 22        |
| 4.9.2    | Pontos Fracos .....   | 23        |
| 4.9.3    | Comparação com aviação de combate tripulada. ....   | 25        |
| <b>5</b> | <b>CONCLUSÃO .....</b>  | <b>29</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS .....</b>  | <b>32</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Desde os primeiros usos de veículos aéreos em combate, o risco e o custo-benefício sempre foram fatores influentes na decisão de seu emprego. Em toda a história da aviação militar, os projetistas têm se esforçado para criar aeronaves que atinjam seus alvos, protejam suas tripulações e sobrevivam às ameaças do ambiente operacional. Uma tripulação ou piloto abatido resulta em baixa moral e perda de poder de combate, mas ainda mais graves são as consequências das informações mantidas por esses tripulantes em mãos inimigas. Portanto, pode-se afirmar que o risco de perder recursos humanos tem um peso maior durante o planejamento e determinará as decisões sobre como empregar os vetores aéreos (Marshall, 2011).

Durante muito tempo, as forças aéreas aperfeiçoaram estratégias para garantir a capacidade de sobrevivência em combate de seu valioso pessoal, mas o surgimento do conceito de sistemas aéreos de combate não tripulados mudou radicalmente a forma como determinadas missões eram planejadas. Graças à evolução das tecnologias de controle remoto e à miniaturização dos componentes elétricos, as aeronaves não tripuladas tornaram-se uma ferramenta extremamente valiosa e eficiente disponível para muitas forças aéreas (Easthope, 2015).

O conflito de Nagorno-Karabakh é um ponto de inflexão no uso de drones de combate, tanto os tripulados remotamente quanto aqueles com intervenção humana limitada, chamados de modo informal "*drones kamikaze*" cujo uso implica sua própria destruição. Entre 27 de setembro e 10 de novembro de 2020, as forças armadas da Armênia e do Azerbaijão entraram em confronto na região de Nagorno-Karabakh. O conflito foi caracterizado pelo uso intensivo de uma tecnologia crescente que é uma ferramenta acessível e eficaz para planejadores militares: os veículos aéreos de combate não tripulados ou drones de combate. O uso desses sistemas contribuiu significativamente para a vitória azeri e gerou valiosas lições no campo de batalha que precisam ser consideradas. Os meios azeris foram empregados efetivamente na ampla gama de tarefas que esses sistemas podem realizar, enquanto as forças armênias empregaram recursos semelhantes, embora em número significativamente menor e em menos tarefas (Shaikh & Rumbaugh, 2020).

Os resultados da Armênia incluíram grandes perdas de recursos terrestres devido à incapacidade de seus sistemas de defesa aérea para neutralizar os drones azeris e fornecer o controle efetivo do espaço aéreo. As causas que levaram à derrota armênia se concentraram

em sistemas de guerra eletrônicos desatualizados, táticas falhas diante da tecnologia de drones e a obsolescência de seus sensores de defesa aérea (Hecht, 2022).

O uso de drones de combate não é novo, embora na última década a evolução tecnológica tenha levado essas plataformas a um nível de refinamento que as torna rivais dos aviões de combate tripulados e gera uma mudança radical no campo de batalha atual. Basta acompanhar os eventos atuais no conflito Rússia-Ucrânia para testemunhar como essas plataformas, em suas diferentes versões, são protagonistas de os principais eventos de combate.

A identificação dos efeitos alcançados pelos drones de combate em relação ao seu custo operacional e o crescente interesse de vários países, que identificam nessa tecnologia uma solução sustentável, torna necessária uma análise de suas capacidades e aplicações. Isso levanta a questão se esses vetores são apenas mais uma ferramenta militar ou se são verdadeiros revolucionários na guerra aérea atual. Considerando a relevância de determinar as causas da questão, é feita a seguinte pergunta: Como as capacidades dos drones de combate foram aplicadas no teatro de operações de Nagorno-Karabakh?

Para obter uma resposta à questão colocada foi delineado um trabalho de pesquisa com base na hipótese de que as capacidades dos drones de combate foram mais bem aplicadas pelo lado azeri, devido ao estudo minucioso do ambiente operacional do teatro de operações e à implementação antecipada desse tipo de plataforma aérea em sua doutrina de emprego.

Com base no exposto acima e considerando a hipótese, o Objetivo Geral foi analisar as implicações e os resultados do uso de sistemas aéreos não tripulados no conflito de Nagorno-Karabakh em 2020.

Para orientar o trabalho em direção ao Objetivo Geral, foram estabelecidos Objetivos Específicos. O primeiro deles é baseado na identificação dos diferentes tipos de drones de combate de acordo com sua tarefa, na contextualização da história do conflito e também uma visão geral das operações de combate. O segundo objetivo específico descreve as aplicações das capacidades dos drones de combate nas operações de supressão da defesa aérea, apoio de fogo próximo e interdição tática. O terceiro e último objetivo específico analisa as operações de combate dos sistemas aéreos não tripulados no conflito, seus pontos fortes e fracos e os compara com aviões de combate tripulados.

## 2 METODOLOGIA

Inicialmente, foi realizada uma compilação de dados e informações dos meios e métodos utilizados, bem como das experiências documentadas dos participantes do conflito. Os objetivos estabelecidos foram alcançados por meio da análise bibliográfica de publicações relacionadas ao conflito, documentos e artigos de revistas de aviação militar e *sites*. Não foi feito juízo de valor sobre os fatos, mas foram coletados resultados e informações sobre as operações aéreas com drones de combate no conflito. É por isso que o presente estudo pode ser enquadrado na estrutura de pesquisa documental de natureza qualitativa.

Além disso, também foram realizadas entrevistas com pessoal militar especializado em veículos aéreos não tripulados, enfatizando as aplicações em operações de combate desses sistemas, sendo seus argumentos complementares à investigação documental.

Retornando ao Objetivo Geral de analisar as implicações e os resultados do uso de sistemas aéreos não tripulados no conflito de Nagorno-Karabakh em 2020, são descritos os Objetivos Específicos e como foram atingidos.

-Primeiro Objetivo Específico (identificação dos diferentes tipos de drones de combate de acordo com sua tarefa, contextualização da história do conflito e visão geral das operações de combate): Para atingir esse objetivo foi necessária uma coleta de informações em sites da Internet para classificar os diferentes tipos de drones em três grupos principais, com base nas diferentes operações que eles podem realizar. Além disso, também foi produzido um compêndio da história do conflito, seu contexto e as operações cinéticas de combate.

-Segundo Objetivo Específico (descrever as aplicações das capacidades dos drones de combate nas operações de supressão da defesa aérea, apoio de fogo próximo e interdição tática): Para atingir esse objetivo as tarefas executadas pelos sistemas aéreos não tripulados foram especificadas, bem como seus resultados (especialmente contra os meios militares armênios), procurando entender como as capacidades foram usadas nesse tipo de operações típicas das forças aéreas. Os dados foram coletados de diferentes documentos disponíveis na Internet e em revistas especializadas.

-Terceiro Objetivo Específico (análise das operações de combate dos sistemas aéreos não tripulados no conflito, seus pontos fortes e fracos, e sua comparação com aviões de combate tripulados): Para alcançar o terceiro objetivo foi descrita uma visão geral das operações aéreas, principalmente do ponto de vista do Azerbaijão. Em seguida, foi realizada uma análise das vantagens e desvantagens desses sistemas no ambiente operacional, e por fim, uma comparação com as capacidades das aeronaves de combate tripuladas. Para isso, além da

busca de informações em sites, foram realizadas entrevistas com especialistas em drones militares.

Como limitação do trabalho, o mesmo analisou apenas um conflito específico, a guerra entre a Armênia e o Azerbaijão entre 27 de setembro e 10 de novembro de 2020, sem considerar os confrontos anteriores entre os dois países. As relações internacionais com outros estados em nível diplomático ou as implicações ético-legais do uso de plataformas não tripuladas em cenários de guerra não foram abordadas. Tampouco foi analisada a influência da Inteligência Artificial nos sistemas aéreos não tripulados.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Vários autores abordaram o tema dos drones de combate sob diferentes perspectivas. Alguns autores focam seu trabalho nos aspectos jurídicos e nas incógnitas que o uso desse tipo de plataforma apresenta em relação ao direito internacional. Os autores analisam o contexto jurídico geral e os aspectos legais dos ataques de drones nos conflitos contemporâneos no Afeganistão, Iraque, Iêmen e Paquistão a partir de uma perspectiva jurídica (Krasňasky & Rossi, 2014).

Outros autores lançam luz sobre o uso de drones de combate sob a perspectiva do nível operacional e argumentam:

“Drones ou Sistemas Aéreos Não Tripulados são utilizados em um Teatro de Operações por todos os seus componentes para realizar diversas tarefas, ativas e passivas, tais como inteligência, vigilância, reconhecimento, retransmissão de informações, detecção e/ou iluminação de alvos, interferência de sinais, ataques a alvos fixos ou móveis, cujos efeitos contribuem para a consecução de objetivos não apenas no nível tático, mas em todos os níveis” (Campanelli, 2014, p. 2).

A outra abordagem, mais próxima do conflito em questão, é a análise do Dr. Paulo Botta em seu artigo “*El uso de drones em el conflicto entre Armenia y Azerbaiyán*”. Nesse estudo aprofundado do uso de drones de combate em Nagorno-Karabakh, o autor se aprofundou na influência das relações internacionais entre Israel e a Turquia sobre o Azerbaijão, dando a este último uma vantagem tecnológica substancial na forma de drones de combate. Os modelos *Harop/Harpy* israelenses e os poderosos TB-2s *Bayraktar* turcos fortaleceram as capacidades ofensivas do Azerbaijão e foram fundamentais para a vitória sobre a Armênia (Botta, 2018).

Alguns artigos explicam as operações aéreas por meio da conversão de aeronaves convencionais em drones pilotados remotamente. Aeronaves de transporte antigas *Antonov*

An-2 mantidos pelo Azerbaijão foram convertidos em aeronaves remotamente pilotadas em operações para a supressão dos sistemas de defesa aéreos armênios (Dubois, 2020).

Posteriormente, os drones *Bayraktar* ajudaram a neutralizar um grande número de unidades blindadas e de artilharia, permitindo que as forças azeris penetrassem profundamente nas linhas de suprimento armênias (Spencer & Ghoorhoo, 2021).

Com base no histórico acima, pode-se resumir que há excelentes estudos sobre o uso de drones de combate de diferentes perspectivas. Da mesma forma, a pesquisa buscou-se elucidar as formas de emprego mais eficientes dos meios aéreos não tripulados dentro do teatro de operações em Nagorno-Karabakh. Com foco nas capacidades, podemos observar que Azerbaijão teve a vantagem durante o conflito, pois foi pioneira no uso de drones de combate, modificou sua doutrina de uso e teve uma influência significativa no planejamento das operações (Botta, 2018).

O estado atual deste estudo envolve a abordagem do contexto no qual o conflito Armênia-Azerbaijão se desenrolou a partir de uma perspectiva operacional aérea e, especificamente, como as capacidades dos drones de combate foram empregadas nas operações. Apesar de os drones de combate são uma ferramenta flexível, barata e que pode salvar vidas das tripulações aéreas, sua aplicação nem sempre é eficaz e exige um nível moderado de superioridade aérea para operar livremente em um cenário de ameaça média a baixa (Shaikh & Rumbaugh, 2020).

Do ponto de vista das operações aéreas e, especialmente, do nível operacional, pôde-se confirmar que as forças do Azerbaijão operaram os drones de combate e os armamentos inteligentes mais letais da atualidade (Botta, 2018).

Contudo, os registros ou documentos que mostram exatamente como, para que finalidade e em que proporções as capacidades dos sistemas aéreos de combate não tripulados em Nagorno-Karabakh foram usados não são abundantes. Em vista do exposto, a pesquisa é conveniente para complementar o tópico.

#### **4 APRESENTAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS**

É necessário entender o que significa drones de combate ou plataformas aéreas não tripuladas de uma perspectiva puramente militar, para respeitar a metodologia previamente estabelecida.

Existem tipos diferentes de drones de combate, embora, basicamente, eles possam ser agrupados em três categorias principais de acordo com sua tarefa: de um lado, aqueles usados

para inteligência, vigilância e reconhecimento (ISR) <sup>1</sup>, de outro, aqueles capazes de transportar e lançar armas (principalmente mísseis e bombas) e, por fim, aquelas plataformas conhecidas como *LOITERING MUNITIONS* ou “drones kamikaze”, cuja operação não exige pilotagem remota, mas que seguem um padrão de voo autônomo pré-carregado e atacam um alvo designado, destruindo-se no processo. As duas primeiras categorias operam de forma semelhante, exigindo instalações de controle via satélite e pilotos em terra que compartilham a carga de trabalho para pilotar a aeronave, adquirir o alvo e atacá-lo. Já as munições de espera são sistemas com um alto grau de autonomia em relação à intervenção humana, com a capacidade de seguir uma navegação predeterminada e aguardar em voo (espera) até que o alvo apareça (Campanelli, 2014).

#### 4.1 Drones de combate usados para tarefas de Inteligência, Vigilância, Aquisição de Alvos e Reconhecimento (ISTAR).<sup>2</sup>

A primeira categoria é de vital importância em termos da capacidade de gerar consciência situacional para os planejadores militares, sua autonomia para permanecer no ar por um longo período e a capacidade de seus sensores fornece uma imagem preferencial para o nível tático e operacional, o que se traduz em um ciclo de decisão mais curte e mais eficiente, com a consequente economia de meios e recursos. Nos estágios iniciais das operações, as informações coletadas por essas plataformas aumentam consideravelmente a qualidade da inteligência que chega aos diferentes níveis de planejamento. Durante as operações e por meio do uso de diferentes tipos de sensores, os drones fornecem uma imagem real do que está acontecendo no campo de batalha e proporcionam flexibilidade tática à célula de operações em desenvolvimento, que pode detectar alvos de oportunidade <sup>3</sup> para engajamento. Após a conclusão das operações, os drones são uma ferramenta essencial para a avaliação de danos e efeitos, proporcionando uma visão em nível operacional de como a campanha está progredindo (Shaikh & Rumbaugh, 2020).

---

<sup>1</sup> As siglas ISR vêm do inglês *Intelligence, Surveillance and Reconnaissance*.

<sup>2</sup> As siglas ISTAR vêm do inglês *Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance* (Inteligência, Vigilância, Aquisição de Alvos e Reconhecimento).

<sup>3</sup> Os alvos de oportunidade são aqueles que exigem uma resposta imediata porque representam (ou representarão) um perigo para as forças amigas ou são alvos fugazes e altamente lucrativos.

#### 4.2 Drones de combate capazes de transportar e empregar armamentos guiados.

Com relação à segunda categoria, pode-se dizer que é a que produz os efeitos exigidos pelos níveis de planejamento graças à sua capacidade de adquirir alvos e fornecer armamento ar-superfície de precisão. Os drones de combate geralmente têm uma baixa capacidade de carga, embora essa carga útil reduzida seja equilibrada pela precisão das armas que empregam, na maioria dos casos mísseis guiados e bombas que pesam de 47 a 227 kg (Cole & Jim, 2010). O equilíbrio entre carga útil e precisão significa que o tipo de efeito que pode ser causado em um alvo é limitado, portanto, seu uso é limitado a determinados alvos. Não seria adequado usar a carga útil de um drone de combate contra um abrigo subterrâneo coberto por concreto reforçado, embora fosse aceitável usá-lo contra uma peça de artilharia ou um diretor de tiro de um sistema antiaéreo. As capacidades ofensivas dos drones de combate estão em constante desenvolvimento, assim como a variedade de armamentos que podem ser utilizados por eles e os tipos de ligação com as forças terrestres que geralmente são os usuários mais frequentes.

#### 4.3 Drones Suicidas ou "*Drones Kamikaze*"<sup>4</sup>.

Esse tipo de sistema é um desenvolvimento avançado que não exige pilotagem a partir de estações remotas e requer apenas uma intervenção humana mínima. Ao contrário dos mísseis que são guiados até o alvo, esses sistemas permanecem em vôo nas proximidades do alvo até que ele seja detectado e prossigam para atacá-lo. A única intervenção humana necessária é durante o lançamento e o carregamento dos dados de navegação para a área designada. Se o alvo não for detectado ou adquirido, o dispositivo pode ser reutilizado, dependendo se possui um sistema de recuperação ou se é autodestrutivo, e algumas variantes têm a capacidade de abortar o ataque momentos antes de atingir o alvo. Entre as versões mais usadas estão as otimizadas para afetar os radares de defesa aérea, que permanecem em órbita em um nível designado e iniciam seu ataque quando os radares ativam sua emissão. Além de sua função puramente ofensiva, eles também são eficazes para uso como chamarizes (Eversden, 2022).

---

<sup>4</sup> Não há uma tradução literal para o português, sua definição formal em inglês é *LOITERING MUNITION*, cujo significado implica uma munição que executa um padrão de vôo programado.

#### 4.4 Histórico do conflito armado.

O conflito de independência de Nagorno-Karabakh começou em 1988, quando a Armênia e o Azerbaijão ainda eram repúblicas socialistas soviéticas. Após a dissolução da URSS, a maioria da população de etnia armênia, com o apoio do país de mesmo nome, decidiu criar um movimento pela autonomia da região (veja a Figura 1) em relação ao Azerbaijão, o que levou a um referendo e a uma declaração de independência (Tomasevic, 2021). Os conflitos resultantes dessa declaração lançaram as bases para o que viriam a acontecer quatro anos depois. A incorporação de drones de combate no arsenal do Azerbaijão foi um produto das relações com Israel e a Turquia, que forneceram às suas forças os drones *Hermes*, *Heron* e *Bayraktar* desde o início de 2009. Essa incorporação antecipada permitiu a mudança de doutrina de emprego e treinamento com esse novo tipo de plataforma aérea na Força Aérea do Azerbaijão (Botta, 2018).



Figura 1. Em vermelho, a área disputada de Nagorno-Karabakh, desde 2017 conhecida como República Armênia de ARSTAJ, cuja capital é Stepanakert. **Fonte:** <https://buendianoticia.com/nota/10564>

#### 4.5 Visão geral das operações de combate em Nagorno-Karabakh 2020.

No final de setembro de 2020, a ofensiva azeri começou com um esforço principal que consistia em formações blindadas, apoiadas por artilharia e drones de combate *Harop* e *Bayraktar*. Os sistemas *Harop* do Azerbaijão foram usados com sucesso contra os sistemas de defesa aérea de curto alcance da Armênia, especialmente os dos tipos SA-8 (9K33) e o mais

moderno SA-15 (Tor-M2). Esses sistemas móveis foram desenvolvidos para escoltar formações mecanizadas contra aeronaves de apoio aéreo aproximado ou helicópteros. No entanto, eles se mostraram ineficazes para conter a ameaça dos drones de combate, principalmente devido à altitude em que esses sistemas não tripulados operam e ao seu pequeno tamanho, o que dificulta a detecção pelos radares de controle de fogo. Mesmo assim, foram obtidos abates quando as condições climáticas forçaram os sistemas não tripulados a voar em altitudes mais baixas do que o normal (Shaikh & Rumbaugh, 2020). No início de outubro, as forças armênicas iniciaram um contra-ataque e recuperaram terreno no setor norte, mas sofreram pesadas perdas quando suas unidades blindadas e de artilharia foram expostas a drones de ataque do Azerbaijão, e drones de reconhecimento que regulavam o fogo de artilharia do Azerbaijão enquanto manobravam sem oposição aérea ou ameaças terra-ar (Spencer & Ghoorhoo, 2021).

No início de novembro, as condições meteorológicas se deterioraram bastante, a densa neblina reduziu a visibilidade e limitou significativamente o uso dos drones azeris. As missões de observação aérea foram canceladas e a detecção de alvos armênicos foi ineficiente, e alguns dos drones de ataque que lhes deram tanta vantagem durante os estágios iniciais foram perdidos por fogo antiaéreo. O mau tempo impediu o uso dos TB-2 *Bayraktars*, permitindo que as forças armênicas maximizassem o uso de seus veículos blindados para contra-ataques. Apesar disso, as forças azerbaijanas mantiveram-se firmes, formando uma linha defensiva e, após repelir três contra-ataques armênicos, voltaram à ofensiva, capturaram o prédio do Executivo na cidade de Shusha e começaram a expulsar as forças armênicas. Em 9 de novembro, o presidente do Azerbaijão, Ilham Aliyev, declarou vitória e controle total sobre Shusha, um movimento que foi inicialmente contestado pela Armênia, mas no dia seguinte o primeiro-ministro armênio *Nikol Pashinyan* assinou um acordo de paz patrocinado pela Rússia que incluía a entrega de todas as áreas de Nagorno-Karabakh que haviam sido tomadas pelo Azerbaijão (veja Figura 2) durante o conflito (Spencer & Ghoorhoo, 2021).



Figura 2. Situação no final das hostilidades. **Fonte:** Revista da *Escuela Superior de Guerra Aérea*, RESGA 242 da FAA, pág. 20.

Até este ponto foram descritos os tipos de drones de combate, o contexto onde o conflito se desenrolou e um panorama geral de suas operações, respondendo assim ao primeiro objetivo específico. Agora é possível focar nos pontos em que os drones de combate foram relevantes e na eficácia comprovada de suas operações.

#### 4.6 Supressão das defesas aéreas Armênicas.

A partir de uma concepção estratégica marcadamente defensiva, as forças armênicas concentraram esforços para neutralizar os drones azeris por meio de seus sistemas de defesa aérea baseados principalmente em mísseis de fabricação russa, desde modelos obsoletos como o SA-4 e o SA-8 até os mais recentes SA-10, SA-15 e MANPADS. Nas primeiras operações para suprimir as defesas aéreas armênicas no início da guerra, as aeronaves de transporte médio Antonov AN-2 foram convertidas em sistemas não tripulados. A função dessas aeronaves era sobrevoar diretamente as posições armênicas e agir como “isca” para detecção por parte dos sistemas terra-ar armênicos que lançaram seus mísseis e revelariam sua posição. Embora algumas aeronaves Antonov tenham sido abatidas por mísseis, os *Hermes 450/900* azeris detectaram a posição de lançamento e os *TB-2 Bayraktars* foram usados para neutralizar os lançadores no solo. Paralelamente, os sistemas *Harop/Harpy* e *Orbiter-3* estavam orbitando em vôo acima do alcance efetivo dos mísseis armênicos enquanto esperavam que os radares de controle de fogo começassem a transmitir. Assim que a frequência e a posição do radar eram detectadas, os drones se lançavam sobre seus alvos e deixavam os defensores armênicos sem

sensores para detecção, anulando a capacidade de defesa aérea das unidades terrestres restantes (Brahms, 2020). Vale ressaltar que várias unidades do sistema antiaéreo mais poderoso da Armênia, o S-300PS, foram derrubadas pelos *Harop/Harpy*, pois são altamente furtivas e dificilmente detectáveis devido ao seu RCS semelhante ao de um pássaro e à assinatura infravermelha extremamente baixa (Marin Delgado, 2021). Em relação ao custo-benefício de seu uso, pode-se afirmar que foi extremamente alto se compararmos o custo de um drone *Harpy* (US\$ 70.000) com o de uma bateria S-300PS, que é de cerca de US\$ 120 milhões.

A neutralização das defesas aéreas armênicas, juntamente com a falta de oposição aérea representada por aeronaves de combate, significou que o Azerbaijão obteve um grau considerável de superioridade aérea e direcionou os esforços aéreos para apoiar o avanço de suas forças terrestres.

#### 4.7 Apoio de fogo aéreo aproximado e interdição tática.

Um dos principais veículos de apoio aéreo aproximado empregado pelos azeris foi o *Bayraktar TB-2*, um drone de combate de fabricação turca com baixo custo e alta eficiência em condições climáticas favoráveis. O segredo de sua eficiência são as munições micro-inteligentes do tipo MAM desenvolvidas pela empresa turca ROCKETSAN, cujo sistema pode transportar até quatro unidades em suas diferentes versões, diferindo principalmente no alcance e na ogiva em cada versão (veja a Tabela 1).

|                              | <b>MAM-C</b>     | <b>MAM-L</b>     | <b>MAM-T</b>               |
|------------------------------|------------------|------------------|----------------------------|
| <b>Alcance</b>               | 8 km             | 15 km            | +30 km                     |
| <b>Ogiva</b>                 | 6.5 kg           | 22 kg            | 94 kg                      |
| <b>Sistema de Orientação</b> | Láser semi-ativo | Láser semi-ativo | Láser semi-ativo y GPS/INS |

Tabela 1. Fonte: Elaboração própria.

À medida que os elementos terrestres azeris avançavam, os TB-2s destruíram ou neutralizaram cerca de 80 tanques armênicos, 30 veículos blindados, 25 sistemas de lançamento múltiplo de foguetes, 155 tipos diferentes de veículos militares e 30 peças de artilharia (Kay, 2020). Embora a capacidade ofensiva desses sistemas seja surpreendente, o mesmo acontece com sua capacidade de detectar e rastrear alvos em tempo real, o que facilita consideravelmente o processo de seleção de alvos. Nesse sentido, os sensores que os drones de combate possuem e sua capacidade de transmitir as informações que coletam foram vitais

para esse processo. Assim, um grande número de alvos armênios foi atingido por fogo de artilharia, aeronaves de ataque SU-25 e helicópteros de combate MI-24, que receberam as coordenadas dos alvos e passaram a atacá-los (Kasapoglu, 2020). Além da detecção e do rastreamento de alvos, a autonomia dos drones permitiu pesquisas em tempo real sobre os efeitos das armas após o ataque, o que se traduziu em informações valiosas para avaliar e medir os resultados da campanha em nível operacional.

Paralelamente ao apoio de fogo (e graças à sua considerável autonomia e alcance), os drones de combate conseguiram penetrar atrás das linhas armênias para cortar as cadeias de suprimentos e as redes logísticas das posições armênias (Tomasevic, 2021). Os comboios de veículos de carga militar sofreram grandes perdas devido ao planejamento ineficiente da proteção do comboio, juntamente com a baixa eficiência anti-drone dos sistemas de defesa aérea discutidos acima.

Nesse ponto, o segundo objetivo específico foi alcançado, pois foi descrita a maneira como as capacidades dos sistemas aéreos não tripulados foram aplicados em tarefas de combate.

#### 4.8 Análise das operações de combate realizadas pelos drones do Azerbaijão.

Embora o conflito tenha colocado duas nações com recursos limitados uma contra a outra, embora apoiadas por países poderosos, pode-se dizer, sem dúvida, que um dos motivos pelos quais o conflito foi orientado para o uso intensivo de drones de combate foi o custo da operação. Os custos materiais ou humanos são o que equilibra a decisão dos comandantes sobre a aceitabilidade das operações, juntamente com os riscos e, no caso dos drones de combate, eles são muito baixos em comparação com as aeronaves militares tripuladas. O preço de um *Bayraktar* TB-2 é de aproximadamente US\$ 5 milhões, enquanto um caça-bombardeiro moderno varia de US\$ 45 milhões a US\$ 65 milhões, e os custos de manutenção, logística e infraestrutura também variam substancialmente de um para outro (Shaikh & Rumbaugh, 2020). Com relação ao investimento em treinamento de tripulação e técnicos, fica claro que a vantagem do sistema não tripulado é significativa em relação ao modelo convencional, praticamente sem risco de perda de recursos humanos.

Os veículos blindados, juntamente com as concentrações de tropas no solo e as peças de artilharia, representavam alvos fáceis e econômicos a serem atingidos, já que os sistemas de defesa aéreos armênios se mostraram relativamente ineficazes. Sem sistemas de interferência eletrônica que poderiam ter interrompido o sinal entre os drones de combate

azeris e suas estações de controle, os armênios tiveram poucas oportunidades favoráveis para conter a ameaça aérea (Botta, 2018). Os sistemas de defesa aéreos mais modernos disponíveis para o lado armênio eram o S-300PS e o Buk M-1, mas eles se mostraram ineficazes na detecção, identificação e aquisição de alvos pequenos, de baixa velocidade e alta altitude, como os drones de combate (Dubois, 2020).

A chave para o sucesso dos ataques de drones azeris foi o uso eficaz de munições inteligentes guiadas a laser, cujo uso desempenhou um papel importante na supressão das defesas aéreas armênias e na neutralização de um grande número de tanques e veículos. As bombas guiadas a laser, dependendo de sua versão, têm a desvantagem de não poderem ser usadas quando há densas camadas de fumaça ou nuvens sobre o alvo, pois o próprio laser designador perde potência ao tentar penetrar na camada e a bomba sofre desvios de trajetória (Browne, 1991). No entanto, em Nagorno-Karabakh, as condições meteorológicas predominantes no ambiente operacional funcionaram a favor dessas armas, pois não houve predominância de períodos de clima adverso.

Além do desempenho em operações cinéticas, os azeris foram muito hábeis no uso das imagens produzidas pelos drones de combate em suas diferentes versões, o que teve um efeito devastador sobre o moral das tropas armênias. Os vídeos e as imagens coletados pelos drones durante os combates foram gravados em alta resolução e cuidadosamente editados para divulgação em sites oficiais pelo governo do Azerbaijão (Dixon, 2020). Uma característica particular das imagens divulgadas pelo Ministério da Defesa do Azerbaijão é a tendência de primeiro divulgar os ataques às defesas aéreas e depois focar em vídeos que mostram o ataque a todos os tipos de equipamentos militares em campo aberto ou em trincheiras, o que para o olhar analítico do militar profissional é entendido como um maior grau de liberdade de ação aérea sobre a Armênia. As capacidades dos sensores instalados nos drones e a grande autonomia de voo permitem, em nível operacional, a exploração de todas as informações visuais, fotográficas e de vídeo para fins de guerra psicológica e propaganda.

Neste ponto, pode-se observar que a particularidade do conflito e seu ambiente operacional permitiram que a eficácia dos sistemas não tripulados parecesse indiscutível, no entanto, e como será explicado a seguir, existem métodos e contramedidas que podem enfrentar efetivamente esse tipo de sistemas aéreos e equilibrar o poder de combate relativo.

#### 4.9 Análise dos pontos fortes e fracos dos sistemas aéreos não tripulados.

O conflito de Nagorno-Karabakh teve um impacto surpreendentemente forte sobre os equipamentos e as doutrinas militares em todo o mundo (Botta, 2018). O Azerbaijão não apenas investiu durante anos em armamentos modernos, principalmente drones de combate, mas também atualizou sua doutrina e estratégia para empregar esses sistemas de forma eficaz. A assistência nesse sentido de seus principais fornecedores (Turquia e Israel) alcançou os resultados que levaram à vitória azeri e incentivou a pesquisa e o desenvolvimento locais dessa tecnologia. A Armênia, confiante em suas relações com a Rússia, continuou com estratégias conservadoras e meios obsoletos que, embora poderosos, não conseguiram deter e conter as forças de seu vizinho (Botta, 2018).

Depois de examinar as operações e os efeitos produzidos pelos drones de combate nesse conflito, fica demonstrado até que ponto esses sistemas podem ser cruciais para o resultado dos conflitos atuais. No entanto, diante disso, agora é hora de analisar o que torna os drones de combate uma ferramenta poderosa e quais são as deficiências presentes neles que podem neutralizar sua ameaça.

##### 4.9.1 Pontos fortes (Com base na análise de diferentes fontes)

**Baixos custos monetários:** esses sistemas são relativamente baratos para comprar e operar, com um TB-2 Bayraktar custando cerca de US\$ 5 milhões para comprar e aproximadamente US\$ 3.000 por hora para operar, incluindo manutenção e treinamento do operador. Em comparação com um caça multifuncional moderno, como o F-18E Super Hornet, cujo custo estimado é de US\$ 67 milhões e US\$ 10.000 por hora de voo, a vantagem sobre um caça tripulado é lógica (McFadden, 2022).

**Baixo risco humano e político:** a capacidade de atacar alvos ou realizar reconhecimento, vigilância, aquisição de alvos e inteligência remotamente (mesmo em qualquer lugar do mundo) sem colocar em risco a vida de um piloto humano gera uma extraordinária redução de risco, já que, no caso da queda de uma aeronave tripulada, não apenas a vida da tripulação está em jogo, mas também o custo diplomático e a opinião pública nacional e internacional (Marshall, 2011).

**Diversidade de tarefas:** Os drones de combate podem realizar uma ampla gama de missões, incluindo ataque a alvos de superfície, apoio de fogo aéreo aproximado e tarefas ISTAR. As características técnicas distintivas dos drones incluem uma longa autonomia de

vôo de até 42 horas no caso do MQ-9 Reaper, resultante de um motor com baixo consumo de combustível, longa envergadura e design de baixo arrasto. Além disso, um teto de serviço médio de 50.000 pés e uma baixa assinatura de radar (RCS) dificultam a eficácia das defesas aéreas em sua aquisição (Campanelli, 2014).

**Ferramenta eficaz de guerra psicológica ou propaganda:** as publicações de imagens e vídeos de alta resolução obtida por drones de combate podem ser orientadas por meio de edição delicada para a realização de operações não cinéticas. Graças ao envelope de vôo (principalmente altitude e velocidade), os drones de combate tornam-se as melhores plataformas para obter imagens de todos os ângulos, tanto de dia quanto de noite, se seus sensores e as condições climáticas permitirem. Vídeos que mostram a destruição de equipamentos militares inimigos geram uma queda no moral e transmitem a mensagem de que não há proteção eficaz, ao mesmo tempo em que aumentam a motivação das próprias forças e da opinião pública (Marín Delgado, 2021).

**Desenvolvido internamente:** os países que adquirem sistemas de drones de combate e os operam por um período de tempo percebem que há uma oportunidade de desenvolver seus próprios sistemas. Em muitos casos, os componentes que formam um drone podem ser comprados sem restrições e estão disponíveis no mercado civil, permitindo que os modelos nacionais sejam projetados e, ao mesmo tempo, usando esse conhecimento para melhorar os sistemas existentes e até mesmo competir no mercado (Botta, 2018).

#### 4.9.2 Pontos Fracos

**Capacidades limitadas em comparação com aeronaves tripuladas:** na maioria dos casos, os drones de combate têm uma unidade de propulsão que restringe seu envelope de vôo e só permite que eles carreguem um determinado tipo de armas e sistemas. Sua carga de guerra é muito menor em comparação com caças ou helicópteros de combate, e eles também são limitados em termos de peso e tamanho de seus sensores, que, embora muito capazes, não são páreo para o radar de longo alcance ou a abertura sintética que equipa modernos aviões de combate. A velocidade é outro fator desvantajoso; os drones não atingem altas velocidades e produzem um ruído característico que facilita sua detecção em determinadas circunstâncias, de modo que podem ficar expostos ao fogo inimigo, dependendo da altitude de operação. As missões de transporte, assalto e mobilidade aérea são, por enquanto, de domínio exclusivo de aeronaves tripuladas e helicópteros.

**Limitações climáticas:** Os drones de combate não podem operar em condições meteorológicas, ou seja, a capacidade de voar e lutar em todas as condições climáticas, de dia ou de noite. Todo sistema aéreo tem limitações operacionais em termos de vento, temperaturas extremas, condições de formação de gelo, chuva ou tempestades e, no caso dos drones, essas limitações são ainda maiores devido ao seu tamanho e à potência do motor. Embora um drone de combate possa voar em condições de visibilidade reduzida, suas capacidades de sensor são gravemente prejudicadas por condições de neblina espessa, garoa ou fumaça pesada sobre a superfície do solo, apesar da tecnologia de infravermelho (Rajawat, 2021)<sup>5</sup>.

**Contra medidas contra drones:** As medidas que muitas forças militares tomam com relação à ameaça dos drones de combate diferem de acordo com o tipo de efeito buscado. As contra medidas que buscam destruir o dispositivo variam de mísseis (ar-ar ou superfície-ar), fogo antiaéreo, armas a laser e até mesmo "caçadores de drones". Outras medidas tomadas tentam neutralizar ou interromper o sinal que controla os drones por meio de armas de micro-ondas ou sistemas de interferência eletrônica. Os veículos aéreos não tripulados são altamente dependentes de sistemas de posicionamento global para navegação (GPS/GNSS) e de links de comunicação com estações terrestres via rádio ou satélite, portanto, quem possuir melhores recursos de guerra eletrônica provavelmente conseguirá conter a ameaça dos drones de combate.

**Contra medidas passivas:** as ações tradicionais também contribuem para reduzir a eficácia dos drones de combate. Os drones "kamikaze" geralmente usam sistemas inerciais para navegação, o que significa que os alvos designados devem ser fixos ou estacionários e, portanto, a mobilidade é uma ação eficaz contra eles, ainda mais se houver um aviso antecipado, como o ruído gerado pelos motores desses tipos de drones. O uso de iscas e dispersão também ajuda a combater o efeito dos drones de combate, assim como a blindagem protetora dos tanques para minimizar o efeito das armas lançadas por drones.

**Danos colaterais:** os drones de combate não estão isentos de causar danos a pessoas não combatentes ou à infraestrutura civil e, embora forneçam uma imagem mais precisa do campo de batalha, o que beneficia a definição de alvos, há um longo histórico de ataques de drones que resultam em vítimas civis. Existem munições que podem realizar ataques de

---

<sup>5</sup>A neblina e a chuva podem limitar severamente o alcance de um sistema de imagens térmicas devido à dispersão da luz em gotículas de água.

exame sem depender de controle humano, portanto, o risco de afetar elementos não combatentes está presente no planejamento de seu uso.

#### 4.9.3 Comparação com aviação de combate tripulada.

Desde o início, as operações de combate com drones dependem, em grande parte, de certo nível de controle do espaço aéreo pelo lado que deseja empregá-los, seja por superioridade aérea ou por domínio do ar. Nos últimos 80 anos, as forças aéreas lideraram a luta pela superioridade aérea desde o início das operações, e esse nível de controle aeroespacial proporcionou a liberdade de ação necessária para dar continuidade às campanhas militares. O nível de controle aeroespacial pode ser alcançado de várias maneiras, embora a história tenha demonstrado que a aviação de combate é um dos fatores mais importantes que moldam os modos de ação para alcançar a missão de superioridade aérea, sem diminuir a contribuição considerável dos sistemas terrestres e navais.

No caso de Nagorno-Karabakh, os dois lados não usaram intensamente suas aeronaves de combate como em outros conflitos, pois o grau de controle aeroespacial do Azerbaijão se deveu à neutralização dos sistemas de defesa aéreos armênios e ao fato de que Armênia não ter usado seus caças de superioridade aérea Sukhoi SU-30SM porque foram recebidos meses antes do início das hostilidades, de modo que seus pilotos nem sequer puderam concluir os níveis necessários de treinamento de combate e oferecer as capacidades multifuncionais dessa aeronave (Mitzer, 2022). A evolução do conflito teria sido diferente se a Armênia tivesse um esquadrão aéreo pronto para o combate no início das operações, pois os drones são altamente vulneráveis aos caças de mísseis ar-ar devido à sua falta de capacidade de autodefesa em combate aéreo (Mitzer, 2022).

Nas páginas anteriores trataram das operações de supressão de defesa aérea, que foram quase inteiramente conduzidas com drones de combate e munições de espera porque o ambiente operacional permitia isso, mas em outros conflitos em que existem sistemas de defesa aéreos modernos e totalmente integrados, os drones de combate sozinhos não seriam capazes de degradar o sistema. Nesses casos, as aeronaves de guerra eletrônica e aquelas dedicadas ao lançamento de armamento anti-radar podem ter sistemas não tripulados disponíveis para tarefas em que o risco de seu emprego é alto, de modo que, uma vez neutralizados determinados subsistemas de um sítio de mísseis terra-ar, eles possam ser completamente destruídos com cargas maiores que somente uma aeronave de ataque ou um helicóptero podem transportar.

No caso de alvos de tamanho considerável, como um bunker subterrâneo de concreto, qualquer análise física resultará na necessidade de uma arma potente da ordem de 1.000 kg ou mais. No momento, não há nenhum drone de combate que possa atingir essa capacidade de carga útil, portanto, é provável que seja necessário o uso de uma aeronave tripulada de maior desempenho. Embora a carga útil de guerra não seja o ponto forte dos drones de combate, a aquisição de alvos, a designação e a avaliação de danos pós-ataque são, portanto, nesse exemplo, a integração dos dois sistemas economiza recursos e utiliza apenas uma plataforma tripulada na fase de ataque de toda a operação. Em operações de apoio de fogo aéreo aproximado, em que é necessária a saturação da área-alvo, a munição limitada (mas precisa) que pode ser empregada pelos drones de combate seria insuficiente em comparação com o que as aeronaves tripuladas podem carregar para essa finalidade.

Atualmente, os drones não têm capacidade de combate ar-ar com outras aeronaves e, em nível operacional, não são a melhor opção para entrar em um espaço aéreo bem defendido. No entanto, eles poderiam ser usados em combinação com caças tripuladas, com os últimos fornecendo cobertura ar-ar e alguma capacidade de ataque ar-terra, enquanto os drones de combate poderiam se envolver em tarefas de ataque terrestres mais arriscadas. As capacidades dos drones de combate continuam a melhorar e seu desenvolvimento é voltado para a atuação como escolta de aeronaves de combate tripuladas. Nessas missões que utilizam ambos os sistemas, os drones agiriam como veículos de entrega que transportam armamento ar-superfície (mais pesado), enquanto os caças transportariam armamento ar-ar ou anti-radar, o que lhes permitiria maior capacidade de manobra contra ameaças aéreas e direcionaria os drones para ataques direcionados. Em suma, diferentes sistemas de combate tripulados e não tripulados se complementam.

Para reforçar as observações acima, faremos referência a uma tabela comparativa de entrevistas com especialistas da área, cujas experiências foram levadas em conta na presente análise, e onde seus respectivos pontos de vista são abordados com base em três perguntas idênticas para ambos.

| <b>PERGUNTA:</b>   | <b>Respostas de:</b><br><b><u>Rafael CAMPAGNA</u></b><br>Capitão aviador da Força Aérea Argentina e vice-diretor da <i>Drone Operator School</i> | <b>Respostas de:</b><br><b><u>Emilio CALIRI</u></b><br>Capitão engenheiro da Força Aérea Argentina e diretor de manutenção de drones da <i>Drone Operator School</i> |
|--|--|--|
| Quais são os principais pontos fortes e fracos de um drone de combate em | Acho que o principal ponto fraco é que, até que a  | A principal desvantagem das aeronaves tripuladas convencionais em  |

|   |  |  |
|---|--|--|
| <p><b>comparação com uma aeronave de combate tripulada?</b></p> | <p>Inteligência Artificial seja bastante desenvolvida, não será possível substituir os aviões de combate, sempre haverá uma porcentagem que não poderá ser substituída. Posso colocar centenas de sensores em cima do drone e ver no solo como se eu estivesse no avião, mas a tomada de decisão quando se está voando é muito diferente. Há sensações que o piloto percebe que o drone não pode reproduzir e isso tem um impacto sobre as decisões do piloto.</p> <p>Posso destacar como ponto forte a economia do custo da máquina em si, comparando a aeronave tripulada com um equipamento não tripulado mais barato; em segundo lugar, o custo humano de um abate; em terceiro lugar, a precisão pode ser muito maior em comparação com o que um piloto faz em uma cabine de comando, que é auxiliada por vários subsistemas, embora o drone seja tão autônomo e automático que as coisas que ele faz, ele faz perfeitamente.</p> | <p>relação a um drone é o risco de vida do piloto, porque um sistema não tripulado pode ser usado em missões arriscadas sem a preocupação de perder um piloto que custa muito dinheiro para ser treinado. Como um drone não tem piloto, ele é projetado para evitar a detecção por radar, portanto, é mais eficiente enviar um drone em missões dedicadas a degradar o radar. Outra vantagem é que um drone pode ser dispensável, portanto, posso usá-lo como um "kamikaze" e destruir alvos sem arriscar uma aeronave mais cara.</p> <p>As desvantagens são que a carga de armas é muito pequena, principalmente devido ao tipo de motor com o qual os drones são equipados. A maioria deles produz muito ruído, portanto, quando voam em baixas altitudes, são detectáveis e, se acrescentarmos a isso o fato de que eles também não têm uma velocidade muito alta, isso gera um alerta precoce para quem estiver no solo. Outro problema é a vulnerabilidade à interferência eletrônica - há equipamentos que podem interferir no sinal de controle de um drone e fazer com que ele caia ou, como aconteceu no Irã há alguns anos, aterrisse em sua própria base. Há uma gama muito ampla de ações que podem ser executadas quando se tem um sistema de guerra eletrônico bom e atualizado, e até mesmo afetar o sinal de GPS ou GNSS, dependendo da origem do drone, e afetar sua navegação.</p> |
| <p><b>Como os dois sistemas podem se complementar?</b></p>      | <p>Como exemplo de tropas terrestres, o exército costumava levar dois observadores avançados em sua coluna de patrulha para fazer o reconhecimento do terreno e decidir o que fazer com base nessas informações. Com um</p>  | <p>Acredito que os drones hoje têm recursos de que as aeronaves de combate precisam e vice-versa. Um drone substitui as tarefas arriscadas que um avião ou helicóptero costumava fazer dentro do alcance das defesas inimigas. Mas no caso de um drone estar em um ambiente onde há</p>  |

|   |  |  |
|---|--|--|
|   | <p>drone, isso não existe mais hoje em dia; a coluna fica protegida e implanta um pequeno sistema não tripulado que examina todo o terreno a 3 km de distância sem expor ninguém, enquanto seu tamanho pequeno dificulta a detecção e o abate. Com base nisso, vem a complementação com outros sistemas tripulados. Com um drone, posso usá-lo para designar um alvo por laser e fornecer coordenadas de GPS para a aeronave por meio de um tablet, bem como para o marcador de alvo no solo. Posso estar a 60 km do alvo e o drone a 1.200 m de distância marcando um alvo, o que, em conjunto, é muito eficaz para o apoio de fogo aéreo aproximado.</p> | <p>caças inimigos, ele precisará de cobertura aérea para poder realizar a tarefa.</p> <p>Depende muito do tipo de missão a ser realizada, não apenas missões de ataque, mas também missões com aeronaves de transporte que precisam aterrissar em áreas não preparadas e necessitam de um reconhecimento da área e das informações a serem transmitidas em tempo real. No passado, um equipe de controle de combate (ECCO) que saltava de para-quedas sobre a área e liberava a área para pouso, hoje essa função pode ser feita perfeitamente bem com um drone e transmitir todas as informações em tempo real.</p> |
| <p><b>Quais tarefas podem ser totalmente assumidas por drones de combate?</b></p> | <p>Hoje, em condições favoráveis, os drones podem realizar todas as tarefas que as aeronaves tripuladas realizam, talvez não na mesma medida, mas podem ser um complemento que economiza custos e pilotos. Em termos de combate aéreo, os drones estão em desvantagem atualmente, mas o avanço da Inteligência Artificial significa que os drones com os mesmos recursos ar-ar de um caça provavelmente estarão disponíveis. O transporte estratégico e as missões realizadas apenas por aviões de carga ou helicópteros pesados estão fora da comparação devido às características desse tipo de</p>  | <p>Como eu disse antes, os drones podem realizar quase todas as tarefas, mas com suas limitações, ou seja, se eu tiver que fazer uma surtida ISTAR, é mais eficiente enviar um drone, mas se eu tiver que destruir caças inimigos em vôo, não há drone que possa fazer isso, pelo menos atualmente.</p>  |

|  |          |  |
|--|----------|--|
|  | sistema. |  |
|--|----------|--|

Até este ponto, foram analisadas as diferentes operações aéreas realizadas por drones de combate, seus pontos fortes e fracos e uma comparação com aeronaves tripuladas, respondendo assim, ao terceiro objetivo específico deste trabalho. No nível operacional, as capacidades dos drones de combate com suas vantagens e limitações, possibilitam a integração com plataformas tripuladas. Essas questões devem ser levadas em conta na elaboração da campanha, pois a eficiência das operações depende da aplicação correta de todos os elementos disponíveis no ambiente operacional à luz do planejamento conjunto.

## 5 CONCLUSÃO

O conflito de Nagorno-Karabakh mostrou o domínio dos drones de combate, por um lado, e a falta de previsão e de sistemas modernos para contê-los, por outro, o que teve um impacto sobre os efeitos produzidos e, consequentemente sobre o resultado final da campanha. Conforme mencionado neste documento, o objetivo geral foi analisar as implicações e os resultados do uso de sistemas aéreos não tripulados em ambos os lados do conflito. A pesquisa apoiou a hipótese de que o lado azeri foi o usuário mais eficiente desse tipo de drones de combate, pois destruíram um grande número de veículos blindados, tanques e SAMs usando armas guiadas de precisão. No entanto, isso não significa que as formações mecanizadas sejam obsoletas no campo de batalha. Pelo contrário, nesse tipo de situação, o lado que enfrenta a tecnologia de drones de combate deve ter um sistema de defesa aérea integrada e atualizada, capacidades de guerra eletrônica contra drones e, é claro, uma doutrina que apóie as operações desses meios.

Nas primeiras seções, os tipos de drones de combate foram analisados em relação às suas tarefas, diferenciando entre drones desarmados usados para tarefas ISTAR e aqueles que carregam bombas mortais e precisas. Também foram apresentadas as novas *LOITERING MUNITIONS*, cujos efeitos foram devastadores durante as operações e infligiram pesadas perdas contra um inimigo que ficou surpreso com a ineficácia de seus sistemas de defesa aérea. Essas tarefas e operações foram analisadas dentro do contexto histórico do conflito, bem como dentro do ambiente operacional do conflito.

As operações de supressão de defesa aérea, apoio de fogo aéreo e interdição tática que alcançaram resultados surpreendentes foram analisados em particular, com base nisso as forças aéreas ficaram surpresas com o nível de controle do espaço aéreo alcançado pelo

Azerbaijão por meio do uso sistemático e bem planejado de drones de combate o que permitiu o apoio sustentado de fogo aéreo para o avanço dos elementos terrestres, como mostrado acima.

Como foi determinado entre os pontos fortes dos drones de combate, seu custo relativamente baixo e sua alta eficiência orientaram o uso de drones de operações esporádicas para seu uso em massa em Nagorno-Karabakh. Deve-se observar, no entanto, que o sucesso das operações com drones durante o conflito se deveu em grande parte às características específicas do ambiente operacional em que as duas forças se envolveram. As condições meteorológicas em todo o teatro de operações favoreceram o uso de drones de combate que não teriam sido possíveis se as condições meteorológicas fossem menos favoráveis ao vôo, como céu limpo, pouca neblina, pouca chuva e temperaturas que não geram formação de gelo durante o vôo. Por outro lado, o poder relativo da Armênia não tinha um sistema de defesa aérea atualizado para lidar com a tecnologia desses sistemas não tripulados.

A lição mais importante para os observadores externos a esse respeito é que um sistema de defesa aérea deve estar preparado para enfrentar essas ameaças por meio de uma combinação cuidadosa de sensores de alerta antecipado, recursos de guerra eletrônica aprimorada e sistemas terra-ar que incluam o engajamento de drones de combate, especialmente se esses sistemas tiverem a responsabilidade de proteger as forças terrestres em avanço ou estacionadas.

É por isso que aqueles que planejam a campanha no nível operacional não devem cair na armadilha de pensar que, por possuir uma determinada tecnologia, têm a garantia de alcançar o ponto decisivo da superioridade aérea, mas, pelo contrário, devem ter visão suficiente para entender como maximizar o uso dessa tecnologia em conjunto com outras ferramentas com base nas vulnerabilidades críticas do inimigo detectadas. As entrevistas com militares especializados nesse tipo de sistema reforçaram o foco em suas capacidades e limitações, permitindo uma visão objetiva de sua aplicação durante o processo de planejamento operacional.

Depois de analisar cuidadosamente o conflito de Nagorno-Karabakh de 2020 e suas consequências, é seguro dizer que ele representa um ponto de virada no uso de drones de combate e certamente afetou a impressão de muitos militares sobre seu uso. Com isso em mente, os eventos atuais no teatro de operações ucraniano reforçam o sentido deste trabalho. Embora esse seja um conflito em desenvolvimento, do qual serão tiradas lições no futuro, podemos perceber que os drones de combate permitiram que a Ucrânia aumentasse suas limitações de forças enquanto, paralelamente, aeronaves de combate e de ataque (tanto de asa

fixa quanto rotativa) disputam o controle do espaço aéreo e fornecem o apoio necessário aos seus elementos de superfície em um ambiente operacional completamente diferente do de Nagorno-Karabakh.

## REFERÊNCIAS

ARIF S., *How Drones in Azerbaijan won the War against Armenia*, Centre for Aerospace & Security Studies, Rawalpindi, 2021.

ANTAL J., *Death from Above: How Secure Tactical Video Transmission Impacted the Second Nagorno-Karabakh War*. European Security and Defense College, Brussels, 2021.

Botta, P., *El uso de Drones en el conflicto entre Armenia y Azerbaiyán*. Revista de la Escuela Superior de Guerra Aérea n° 242. Buenos Aires. 2018.

Brahms, J., *Azerbaijan convert ancient AN-2 biplanes into Drones*.2020. Disponível em: <http://www.overtdefense.com/home>. Acesso em: 21 feb. 2024.

Browne, M., *Invention that shaped the gulf war the laser guided bomb*. 1991. Disponível em: <http://www.nytimes.com>. Acesso em: 05 mar. 2024.

Campanelli, H., *La utilización conjunta de los Sistemas Aéreos no Tripulados en el Teatro de Operaciones*. Ciudad de Buenos Aires, Escuela Superior de Guerra Conjunta. 2014.

Cole, C. & Jim, W., *About Drones*. 2010. Disponível em: <http://www.dronewars.net>. Acesso em: 13 feb. 2024.

Delgado, V., *Historia de los Drones*. 2016. Disponível em: <http://www.eldrone.es>. Acesso em: 5 mar. 2024.

Dixon, R., *Azerbaijan's drones owned the battlefield in Nagorno-Karabakh and showed future of warfare*.2020. Disponível em: <http://www.washingtonpost.com>. Acesso em: 5 feb. 2024.

Dubois, G., *Armenia versus Azerbaiyan, perspectiva de la guerra aérea sobre Nagorno-Karabaj*.2020. Disponível em: <http://www.aviaciononline.com>. Acesso em: 15 feb. 2024.

Easthope, J., *You can be my wingman anytime: why a UAV won't replace a fighter pilot*. Canadian Forces College. Toronto. 2015

Eversden, A. *Bigger, faster, longer: as market grows Loitering drones makers eye next evolution*. 2022. Disponível em: <http://www.breakingdefense.com>. Acesso em: 15 feb. 2024.

Jordan, J., *Drones Israelíes en la batalla del valle de Bekaa*.2012. Disponível em: <http://www.global-strategy.org>. Acesso em: 20 feb. 2024.

Hecht, E., *Drones in the Nagorno-Karabakh war:analyzing the data*. 2022. Disponível em: <http://www.militarystrategymagazine.com/article>. Acesso em: 20 feb. 2024.

Kasapoglu, C., *Five Key Military takeaways from Azerbaijani-Armenian war*. 2020. Disponível em: <http://www.aa.com.tr/en/analysis/>. Acesso em: 15 feb. 2024.

Kay, L., *Azerbaijan destroyed six S-300 systems of Armenia*. 2020. Disponível em: <http://www.defenseworld.net/>. Acesso em: 27 mar. 2024.

Kolff, D., *‘Missile Strike Carried Out With Yemeni Cooperation’ Using UCAVs to Kill Alleged Terrorist: A Professional Approach to the Normative Bases of Military Ethics*. Rygge and Rade: Journal of Military Ethics, 2003.

Krasňansky, G. & Rossi, M., *La utilización de los drones en los conflictos armados*. Revista Vision Conjunta. Buenos Aires. 2014

Marín Delgado, J., *Drones en el Cáucaso*. 2021. Disponível em: [http://www.ieee.es/galerias/fichero/docs\\_opinion/](http://www.ieee.es/galerias/fichero/docs_opinion/). Acesso em: 26 mar. 2024.

Marshall, A., *Towards a culture of risk management: pre-flight ORM worksheets*. Air Combat Command Safety Magazine: Combat Edge. Langley. 2011.

McFadden, C., *Bayraktar TB-2 Drones 3 years waiting list*. 2022. Disponível em: <http://www.interestingengineerong.com/innovation/>. Acesso em: 27 mar. 2024.

Mitzer, S., *Knights of Yerevan: Armenia’s SU-30SM*. 2022. Disponível em: <http://www.oryxspioenkop.com/>. Acesso em: 11 mar. 2024.

Rajwat, M., *Weather Conditions and its effects on UAVs*. 2021. Disponível em: [http://www.irjmet.com/uploadedfiles/paper/volume\\_3/](http://www.irjmet.com/uploadedfiles/paper/volume_3/). Acesso em: 1 mai. 2024.

Spencer, J. & Ghoorhoo, H., *The Battle of Shusha City and the missed lessons of the Nagorno-karabakh war*. 2021. Disponível em: <http://www.mwi.usma.edu/>. Acesso em: 3 jun. 2024.

Shaikh, S. & Rumbaugh, W., *The air and missile war in Nagorno-Karabakh: lessons for the future of strike and defense*. Disponível em: <http://www.csis.org/analysis>. Acesso em: 21 feb. 2024.

Tomasevic, V., *The Impact of the Nagorno-Karabakh conflict in 2020 on the Perception of Combat Drones*. 2021. Disponível em: <http://www.researchgate.net/Publication/351667276>. Acesso em: 16 feb. 2024.

González Márquez J., *La segunda guerra de Nagorno-Karabakh*. Universidad Europea del Atlántico, Santander, 2020.

Pranger B., *The political dimension of drone warfare: The use of Turkish drones in Nagorno-Karabakh*. Utrecht University, Utrecht, 2021.