

**ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO
ESCOLA MARECHAL CASTELLO BRANCO**

Maj QMB GLADSTONI **VARIZ** DA COSTA

**Blindagem da Aeronave AS550A2 “Fennec AvEx” e
consequências operacionais**



Rio de Janeiro

2024

Maj QMB GLADSTONI VARIZ DA COSTA

Blindagem da Aeronave AS550A2 “Fennec AvEx” e consequências operacionais

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Ciências Militares, com ênfase em Defesa Nacional.

Orientador: Maj Int **RICARDO DOS SANTOS SALES**

Rio de Janeiro

2024

C837b Costa, Gladstoni Variz da

Blindagem da Aeronave AS550A2 "Fennec AvEx" e consequências operacionais. / Gladstoni Variz da Costa.—2024.

52 f. : il. ; 30 cm

Orientação: Ricardo dos Santos Sales.

Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Ciências Militares com ênfase em Defesa) — Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2024.

Bibliografia: f. 47-52

1. Helicóptero. 2. Blindagem. 3. Aviação do Exército.
4. Aeronavegabilidade. I. Título.

CDD 355.163

Maj QMB GLADSTONI VARIZ DA COSTA

Blindagem da Aeronave AS550A2 “Fennec AvEx” e consequências operacionais

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Ciências Militares, com ênfase em Política, Estratégia e Administração Militar

Aprovado em 4 de outubro de 2024.

COMISSÃO AVALIADORA

Documento assinado digitalmente
 **RICARDO DOS SANTOS SALES**
Data: 18/09/2024 13:40:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Maj Int Ricardo dos Santos Sales – Presidente
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

Documento assinado digitalmente
 **FABIO RENAN AZEVEDO DE SOUZA**
Data: 19/09/2024 09:56:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Maj Eng Fábio Renan Azevedo Souza – Membro
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

Documento assinado digitalmente
 **JOEL DE OLIVEIRA ARRUDA**
Data: 19/09/2024 17:24:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Maj Cav Joel de Oliveira Arruda – Membro
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

À minha esposa Daniela, que há tantos anos me abriga em seu coração e com zelo imensurável me inspira a ser uma pessoa melhor.

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu Deus, que me tirou das trevas e me colocou em um caminho de Luz. A Ele glorifico de todo o meu coração, pois sei para onde Ele me tem conduzido.

À ECEME e a todos os civis e militares que aqui servem, os quais cooperaram para que eu progreda no aperfeiçoamento de minha carreira.

Ao meu dileto amigo Maj Ricardo Sales, com quem tenho a honra de trabalhar desde o início da minha carreira, passando pelos bons tempos na Aviação do Exército, e que neste momento cumpre o papel de orientador.

Aos companheiros de turma, do CCEM 24/25, que me auxiliam na caminhada, além de proporcionar um ambiente tão amistoso e de sincera camaradagem, que torna o labor mais frutificante e hilare.

A minha amada família, pais e irmãos, que testemunham minha caminhada e tanto deram de si para que eu chegasse até aqui.

“Conhecimento é poder” (Thomas Hobbes, o Leviatã)

“[...] a vantagem do conhecimento é esta: a sabedoria preserva a vida de quem a possui.” (Eclesiastes 7:12b)

"Voar é um exercício de verdades e certezas."
(Cel José Washington Bispo Tavares)

RESUMO

Voar é uma atividade de risco. Na aviação militar o risco é asseverado, dada a periculosidade da atividade militar, a qual expõe as tripulações a situações que podem tanto degradar a saúde, quanto causar a morte. A fim de minimizar o risco de helicópteros que operam em ambientes hostis, é possível incorporar soluções de blindagem, que conferem relativa proteção às tripulações e à máquina. O helicóptero AS550A2 “Fennec AvEx” é a aeronave de reconhecimento e ataque do Exército Brasileiro, assim é importante entender se a proteção balística aplicada a esse modelo poderia degradar a capacidade operacional da máquina, em decorrência do aumento de peso acrescentado. O trabalho, portanto, investiga se há uma relação intrínseca entre a aplicação da blindagem e o impacto na capacidade da máquina. Almeja-se que os resultados contribuam para subsidiar outros trabalhos, além de cooperar para o aumento da segurança de voo em operações militares.

Palavras-chave: helicóptero; blindagem; aviação do exército; aeronavegabilidade.

ABSTRACT/RESUMEN

Flying is a high-risk activity. In military aviation, the risk is heightened due to the dangerous nature of military operations, which expose crews to situations that can harm their health or even lead to death. To minimize the risks associated with helicopters operating in hostile environments, it is possible to incorporate armor solutions that provide relative protection to both the crews and the aircraft. The AS550A2 "Fennec AvEx" helicopter is the reconnaissance and attack aircraft of the Brazilian Army, so it is important to understand whether the ballistic protection applied to this model could degrade the operational capacity of the machine due to the added weight. Therefore, this work investigates whether there is an intrinsic relationship between the application of armor and the impact on the machine's capability. The aim is for the results to contribute to other studies, as well as to enhance flight safety in military operations.

Keywords: helicopter; armor; army aviation; airworthiness.

LISTA DE FIGURAS, QUADROS E TABELAS

Figura 1	Nível de proteção do sistema de blindagem quanto ao impacto balístico	18
Figura 2	Vitimização de policiais em aeronaves	21
Figura 3	Alegoria sobre a 1ª ascensão de um balão, em 25 setembro de 1867 em Tuiu- Cuê	23
Figura 4	Formatura de recebimento do 1º Esquilo HA-1	27
Figura 5	Helibras apresenta 34º Fennec para a Aviação do Exército	28
Figura 6	Fennec AvEx armado	37
Figura 7	Arquitetura genérica do SiAAIH e estrutura genérica do subsistema de armas para a aeronave HA-1A FENNEC	38
Figura 8	Carenagens blindadas (barca blindada)	41
Figura 9	Piso balístico	42
Quadro 1	Demonstrativo de incidentes de helicópteros alvos de disparos	21
Quadro 2	Desenho da pesquisa	31
Quadro 3	Benefícios engendrados pela modernização da frota Fennec AvEx	36
Quadro 4	Características gerais do Fennec AvEx	39
Quadro 5	Resumo das experiências de blindagem do Fennec AvEx ..	42
Quadro 6	Áreas vulneráveis de helicópteros	43
Tabela 1	Tipos de ameaças e medidas de proteção	16
Tabela 2	Materiais utilizados na construção de blindagens	17
Tabela 3	Aspectos de julgamento do edital de aquisição	25

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	PROBLEMA E OBJETIVOS	13
1.2	DELIMITAÇÃO E QUESTÕES DE ESTUDO	14
1.3	RELEVÂNCIA DO ESTUDO.....	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL	15
2.1	BLINDAGEM	16
2.2	O HELICÓPTERO EM AMBIENTES HOSTIS	19
2.3	A AVIAÇÃO DO EXÉRCITO	22
2.4	O HELICÓPTERO FENNEC AVEX	25
3	METODOLOGIA	29
3.1	DESENHO DA PESQUISA	29
3.2	ESTRATÉGIA DE PESQUISA	32
3.2.1	COLETA DE DADOS	32
3.2.2	TRATAMENTO DOS DADOS	33
4	CRONOGRAMA	34
5	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	35
5.1	O EMPREGO DO FENNEC AVEX	35
5.2	ACRÉSCIMO DA BLINDAGEM E DESEMPENHO	40
6	CONCLUSÃO	45
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

Aquele que quer aprender a voar um dia precisa primeiro aprender a ficar de pé, caminhar, correr, escalar e dançar; ninguém consegue voar só aprendendo voo. (Friedrich Nietzsche).

Como dito por Nietzsche, nas ciências aeronáuticas há um longo caminho a ser percorrido até se chegar no voo, assim, alçar aos céus é o último estágio na escalada do amadurecimento da atividade aeronáutica, tanto no que concerne ao desenvolvimento material, quanto ligado ao fator humano¹.

Nesse sentido, a busca por soluções de segurança na área da aviação, seja ela civil ou militar, trata-se de um labor constante, virtualmente infundável, no estrito sentido a fazer com que o voo se torne uma atividade menos perigosa, preservando vidas e material. De tal circunstância surgem as soluções de proteção balística para aeronaves, ou blindagem, visando reduzir as vulnerabilidades das máquinas operadas em ambientes hostis, no entanto, tais soluções podem comprometer o desempenho das máquinas.

Ao contemplar-se o passado, é possível constatar que atividade de voo é recente na história humana. Sem levar em conta alterações acerca da paternidade do primeiro aeroplano realmente funcional, capaz de decolar por si só e apresentar condições mínimas de aeronavegabilidade, segundo a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) é possível situar o nascimento da aviação moderna na primeira década do século XX (Brasil, 2023a).

Quando se analisa o helicóptero, seu surgimento é ainda mais contemporâneo. Segundo Vieira (2023), o helicóptero em sua forma clássica foi concebido na década de 1940, portanto, pode-se dizer que a máquina ainda em sua fase de evolução, mesmo decorridos mais de 80 anos desde seu aparecimento.

Não há escassez de trabalhos em torno das ciências aeronáuticas, mas, opostamente, há carência de material de pesquisa relacionando o artifício a

¹ Fator humano é o estudo da interação humana em suas situações de trabalho e de vida: entre as pessoas e as máquinas e equipamentos utilizados, os procedimentos escritos e verbais, as regras que devem ser seguidas, as condições ambientais ao seu redor e as interações com as outras pessoas (Brasil, 2015, p 13).

blindagem em aeronaves de asas rotativas², principalmente combinado com questões de desempenho das máquinas.

Assim, o trabalho será também prospectivo, no encaço de informações que permitam traçar uma relação entre a aplicação de blindagem e as consequências operacionais no modelo AS550A2 – Fennec AvEx, contribuindo para outros trabalhos na área e na segurança nas operações com a aeronave.

1.1 PROBLEMA E OBJETIVOS

Um dos fatores mais cruciais à atividade aérea é o peso a ser transportado nas máquinas, assim, embarcar qualquer equipamento extra, além do mínimo necessário ao voo, deve ser ponderado. Peso acrescentado significa alterações no planejamento do voo, como autonomia, manobras ou condições de decolagem e pouso, dentre outros. Assim, a decisão acrescentar proteção balística na aeronave deve ser judiciosa, uma vez que isso influenciará parâmetros de aeronavegabilidade e, conseqüentemente, poderá influenciar parâmetros da própria missão.

No encaço de informações acerca do tema, a falta de pesquisas específicas sobre a questão da blindagem em helicópteros acaba por dificultar a solução. É fundamental que haja mais investigação e estudos para abordar essa lacuna e avançar no entendimento e resolução do problema em tela.

Logo, este trabalho se esforça em verificar se a aplicação balística nos helicópteros de reconhecimento e ataque HA-1A³, do Exército Brasileiro (EB), interferem nas capacidades operacionais da máquina, ou seja, **a blindagem da**

² Segundo definição do RBAC nº 133, aeronave de asa rotativa significa uma aeronave mais pesada que o ar que depende principalmente da sustentação gerada por um ou mais rotores para manter-se no ar (Brasil, 2019a).

³ HA-1A: Helicóptero de Ataque 1A. São os helicópteros destinados a missões de ataque e reconhecimento aeromóvel em benefício do escalão enquadrante (Brasil, 2015), bem como capazes de neutralizar e destruir ameaças com precisão e letalidade, contribuindo com o aumento da dissuasão da Força Terrestre (Silveira, 2020), sendo, portanto, aeronaves de ataque. A letra “A” acrescida ao final da designação HA-1 é para referenciar a frota modernizada.

aeronave AS550A2 “Fennec AvEx” traz consequências operacionais ao modelo?

Assim, no problema sobre o qual debruça-se a pesquisa, foi traçado o objetivo geral de **investigar se a aplicação de blindagem da aeronave HA-1A AS550A2 – Fennec AvEx é fator de degradação da capacidade operacional e limitar funcionalidades do modelo.**

Por sua vez, do objetivo geral decorrem os objetivos específicos, os quais conduzirão a pesquisa na elucidação do problema:

- a. Identificar os conceitos de blindagem aeronáutica;
- b. Apresentar a aeronave (Anv) HA-1A Fennec AvEx e identificar as capacidades operacionais básicas da máquina;
- c. Identificar as características da blindagem disponível para o modelo
- d. Identificar outros tipos de proteção à tripulação de helicópteros que possam ser utilizadas na operação do modelo;
- e. Investigar como a blindagem aplicada no helicóptero pode impactar a capacidade operacional da máquina.

1.2 DELIMITAÇÃO E QUESTÕES DE ESTUDO

O trabalho se limitará à aplicação da blindagem no AS550A2 – Fennec AvEx, abordando os impactos no desempenho do modelo, uma vez que é o modelo mais propício a empregos em ambientes hostis. Quanto ao tempo, a pesquisa parte do ano de 2011, por ser o ano da assinatura do contrato de modernização das aeronaves, que tornaram os antigos modelos AS355 - Esquilo e AS550 – Fennec no atual Fennec AvEx.

No intuito de delinear melhor o caminho a ser percorrido pela pesquisa, questões como aplicabilidade de blindagem em helicópteros das Forças Auxiliares, como a Polícia Militar, não serão tratados no trabalho, uma vez que a pesquisa não rocará forças para estudar a performance de soluções de blindagem. Da mesma forma, ficarão apartados do escopo do trabalho temas que se prestam a analisar o desempenho de modelos distintos de helicópteros

dalém do Fennec AvEx, uma vez que a pesquisa se presta a estudar a questão do desempenho desta máquina.

1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

O trabalho intenta contribuir para a área de segurança aeronáutica em atividades militares, construindo conhecimento em favor de um campo de alta relevância para o EB e para a Nação, que é a preservação da vida das tripulações dos helicópteros da instituição, além, obviamente, da manutenção da integridade do material, que é tão custoso ao País.

Assim, espera-se que os conhecimentos construídos por este estudo possam colaborar com as futuras soluções quanto a blindagem da aeronave HA-1A Fennec AvEx e, por analogia, para outros modelos operados pela Aviação do Exército (AvEx).

2 REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL

A existência de um capítulo dedicado a abordar o referencial teórico-conceitual enriquece o trabalho de pesquisa científica, pois robustece sustenta a investigação, já que permite transparecer o conhecimento sobre o tema indagado. Ademais, visa criar conexão entre o trabalho atual e os outros já realizados no mesmo campo.

De acordo com Azevedo (2016, p. 5) o referencial teórico “representa a base teórica a partir da qual será feita a análise de dados da pesquisa e sua construção evidencia o domínio que o pesquisador tem sobre o tema”. Assim, revisar a literatura existente é essencial para validar a relevância da pesquisa, evitando a repetição de estudos anteriores

Assim, o capítulo irá cooperar com a pesquisa de forma significativa, uma vez que se debruçará na investigação de trabalhos na área de blindagem

aeronáutica de helicópteros e seus possíveis impactos no desempenho das máquinas, aumentando o arcabouço de conhecimento na área.

O capítulo foi dividido em subseções conforme alguns objetivos específicos e palavras chaves identificados na fase prospectiva do trabalho, o que facilitará a condução da pesquisa e entendimento do assunto.

2.1 BLINDAGEM

Seria incoerente tratar de blindagem em helicópteros em um trabalho científico sem antes elucidar o que é a blindagem em si. Abordar o conceito de blindagem então se faz extremamente necessário a fim de proporcionar a compreensão devida ao estudo.

No entanto, antes mesmo de tratar da blindagem, é importante identificar as principais ameaças que possam acometer um helicóptero operando em ambientes hostis. Isso é importante, pois cada medida de proteção implementada nas máquinas decorre justamente das ameaças a que as aeronaves estão sujeitas. A seguir, a Tabela 1 reúne as principais ameaças identificadas e as respectivas medidas protetivas:

TABELA 1. Tipos de ameaças e medidas de proteção

Tipo de ameaça	Tipo de proteção
Guerra Eletrônica (GE)	<i>Sistemas de autoproteção contra GE, os quais detetam e neutralizam ameaças eletrônicas, como radares inimigos, interferência de comunicação e mísseis guiados por infravermelho.</i>
Armas guiadas (mísseis)	<i>Sistemas de alerta de mísseis, que detetam e alertam sobre a presença de mísseis guiados por infravermelho. Esses sistemas também podem lançar chaffs ou flares⁴ para</i>

⁴ *Chaff* e *flares* são contramedidas defensivas embarcadas em aeronaves militares, que evitam e/ou confundem ataques realizados por sistemas de defesa aérea. O *chaff* é usado para confundir mísseis guiados por radar, enquanto os *flares* são usados para confundir mísseis de busca de calor.

	<i>confundir os sensores dos mísseis.</i>
Projeteis e estilhaços	<i>Blindagem balística em áreas críticas, como o cockpit e os tanques de combustível para proteção contra projéteis de armas de fogo e estilhaços de explosões.</i>
Outras ameaças do campo eletromagnético	<i>Pintura especial ou cobertura de materiais absorventes que reduzem a assinatura de radar, tornando a máquina menos detectável.</i>

Fonte: elaborado pelo autor, adaptado de Macedo (2012) e A importância [...] (2024).

A partir da tabela anterior há uma melhor compreensão a respeito das ameaças que podem recair sobre um helicóptero que atua em situação de combate.

Da mesma forma, o conceito de blindagem toma uma forma mais definida, sendo possível resumir-lo na combinação de técnicas, como design, e materiais para prover proteção contra diferentes tipos de avarias decorrentes de impactos balísticos.

Agora, tratando especificamente de blindagem, os materiais mais usuais de construção das proteções balísticas, na atualidade, podem ser explicitados na Tabela 2:

TABELA 2. Materiais utilizados na construção de blindagens

Tipo de material	Conceito
Materiais compósitos	<i>Materiais leves e resistentes, como fibras de aramida e fibras de carbono, a exemplo do Kevlar, os quais ofertam proteção balística com menor impacto no peso final.</i>
Cerâmica	<i>Utilizada na construção de soluções de proteção balística contra projéteis de alta velocidade.</i>
Aço	<i>Utilizado para proteção contra estilhaços de explosões e projéteis de armas de fogo de maior calibre. Agrega mais peso aos projetos de blindagem.</i>
Reativa	<i>A blindagem reativa não se trata de um material em si, mas um conceito que emprega placas explosivas que detonam quando atingidas por projéteis, neutralizando o impacto por</i>

meio da dissipação da energia recebida do impacto dos projéteis ou das explosões, reduzindo os danos.

Fonte: elaborado pelo autor.

A Tabela 2 não esgota os materiais que podem utilizados na construção de blindagens, mas agrupa os mais habituais no ramo. Se analisarmos a evolução da blindagem a partir do século XX, verificamos como ocorreu uma revolução do conceito. Obviamente, tal melhora é decorrente da própria escalada das tecnologias balísticas.

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) regulamenta a questão de blindagem, em especial sobre os requisitos mínimos para projetos, instalação e manutenção de sistemas de blindagem. De acordo com a Figura 1, é possível identificar os níveis de proteção balística segundo os calibres de projeteis, e quantidade disparada. Desse modo, uma blindagem de Nível III é capaz de suportar até 5 impactos, no mesmo ponto, de uma munição 7,62x51mm, encamisada (*full metal jacket* - FMJ), que é a munição de dotação do EB, que está sendo substituída pela munição 5,56mm.

FIGURA 1 - Nível de proteção do sistema de blindagem quanto ao impacto balístico

		g	m/s	
I	.22 LRHV Chumbo	2,6 ± 0,1	320 ± 10	5
	.38 Special RN Chumbo	10,2 ± 0,1	254 ± 15	5
II-A	9 FMJ	8,0 ± 0,1	332 ± 12	5
	357 Magnum JSP	10,2 ± 0,1	381 ± 12	5
II	9 FMJ	8,0 ± 0,1	358 ± 15	5
	357 Magnum JSP	10,2 ± 0,1	425 ± 15	5
III-A	9 FMJ	8,0 ± 0,1	426 ± 15	5
	.44 Magnum SWC GC	15,6 ± 0,1	426 ± 15	5
III	7.62 x 51FMJ (.308 – Winchester)	9,7 ± 0,1	838 ± 15	5
IV	.30 – 06 AP	10,8 ± 0,1	868 ± 15	1

Legenda:
 LRHV – Long Rifle High Velocity
 RN – Round Nose
 FMJ – Full Metal Jacketed
 JSP – Joint Soft Point
 SW GC – Semi WadCutter Gas Check
 AP – Armor Piercing

Fonte: Associação (2005).

Então o tema é vasto e em constante evolução, uma vez que existe uma corrida tecnológica contínua para o melhoramento de armamentos, o que incitará o melhoramento das blindagens. Não é errado pensar que a ameaça e a respectiva solução mitigadora são temas indissociáveis e que se retroalimentam.

Posto isso, podemos então entender a blindagem como o artifício que visa conceder proteção balística quando incorporado ao ente que se deseja dotar de proteção, seja uma pessoa, uma instalação, veículo ou aeronave.

Enfim, foi necessário percorrer o conceito de blindagem a fim de permitir o prosseguimento da pesquisa, o que nos levará ao próximo conceito a ser explorado que é o helicóptero operado em ambientes hostis.

2.2 O HELICÓPTERO EM AMBIENTES HOSTIS

A Essência do trabalho repousa em entender como a blindagem pode interferir no desempenho do helicóptero quando incorporada à máquina. Contudo, a aplicação da blindagem não é um fim em si mesma, mas decorre da necessidade de proteção, tal como explorado no item anterior. Portanto, os cenários mais propícios ao uso da blindagem são aqueles que ocorrem em ambientes hostis. Daí a importância do termo para a pesquisa.

O helicóptero se configura em uma plataforma versátil e potente em operações beligerantes. Suas características de voo como decolagem e pouso verticais permitem o emprego em áreas onde aeronaves de asa fixa não alcançariam, tornando-o ideal para missões de reconhecimento, resgate, evacuação aeromédica e operações aeromóveis⁵. Segundo Mischie (2018), as vantagens do uso de helicópteros em operações especiais justificam seu emprego:

Eles são usados em toda a gama de missões, desde a mobilidade aérea até o apoio de forças para operações especiais ou a recuperação em combate de indivíduos que foram isolados atrás das linhas inimigas (MISCHIE, 2018, p. 9, tradução do autor).

⁵ Operações Aeromóveis: segundo o manual EB70-MC-10.218, são operações realizadas por forças de aviação, no cumprimento de diversas tarefas aeromóveis. Podem acontecer de forma isolada ou em conjunto com forças de superfície, com as quais são realizados os assaltos aeromóveis, infiltrações e incursões realizadas à retaguarda de posições inimigas. (Brasil, 2023b)

Apesar das vantagens destacadas, o uso de helicópteros em situações de combate à criminalidade em ambiente urbano também atrai críticas, como resumido por Correa (2020, p. 36) que afirma que aeronaves pilotadas apresentam as desvantagens do alto custo e da baixa discricção.

Além disso, existe o risco às tripulações das aeronaves, que ficam vulneráveis ao atuarem em ações de combate, uma vez que são alvos de armas de fogo, inclusive de grosso calibre. As polícias militares brasileiras que operam helicópteros produzem material acerca do assunto:

Diante de tais dados que mostram que o alcance efetivo de um disparo de fuzil (conforme comprimento do cano) pode chegar em alturas próximas de 1.000ft/1.200ft ou mais, verifica-se quão vulnerável é uma aeronave policial. Achar que mantendo um perfil alto de voo a aeronave estará segura de disparos de armas de fogo é um erro. Potencializado pela característica que as aeronaves em voo não possuem cobertas nem abrigos (Ramos, 2015).

Ainda tratando de Brasil, há escassez de informações sobre helicópteros de forças de segurança que foram atingidos por impactos de alta energia oriundos de disparos de armas de fogo. Os dados não são amplamente divulgados e falta de uma base de dados oficial consolidada. Muitos desses incidentes não são alvos de investigações aeronáuticas, portanto, não constam da base de dados do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA)⁶.

À guisa de exemplo, a Figura 2, apresenta situações em que já ocorreram embates de policiais embarcados em helicópteros, com vitimização de tripulantes. O quadro oferece não somente situações ocorridas no Brasil, mas também no exterior.

⁶ CENIPA é um órgão do Comando da Aeronáutica responsável por investigar e prevenir acidentes aéreos no Brasil. Atua na análise de causas e circunstâncias de acidentes, buscando identificar fatores contribuintes e recomendar medidas de prevenção.

FIGURA 2 - Vitimização de policiais em aeronaves

ANO	EVENTO
1983	Morte de tripulante da Polícia Estadual do Alaska durante busca de homicida na localidade de Manley Hot Springs, alvejado por disparos de fuzil quando embarcado em um helicóptero Bell Jet Ranger.
2003	Morte de Policial Federal a bordo de helicóptero da corporação em confronto com assaltantes de banco na Bahia.
2004	Ferimentos em dois tripulantes do helicóptero Fênix da Polícia Militar do Rio de Janeiro, incluindo oficial posicionado no banco dianteiro esquerdo, durante operação policial, causados por disparos de fuzil.
2007	Morte de tripulante da Polícia Civil do Rio de Janeiro, pertencente à CORE ^o , alvejado a bordo de um Esquilo B2 durante operação policial em resgate a colegas sitiados por traficantes.
2009	Morte de três tripulantes da Polícia Militar do Rio de Janeiro, quando uma aeronave Esquilo B2 foi abatida por grupo de traficantes durante operação policial.

Fonte: Machado e Cota (2012).

Após 2009, no Brasil, ocorreram outros incidentes envolvendo helicópteros em ações contra criminosos. O Quadro 1 oferece um panorama resumido de pesquisas ostensivas na internet sobre o tópico. Salienta-se que o quadro é apenas um demonstrativo e não abarca todos os incidentes que possam ter ocorrido no País a partir de 2009:

QUADRO 1 – Demonstrativo de incidentes de helicópteros alvos de disparos

Local	Ano	Matéria	Fonte
Rio de Janeiro	2009	Helicóptero da Polícia Militar é derrubado a tiros no Rio de Janeiro	Helicóptero [...] (2009)
Rio de Janeiro	2010	Criminosos disparam contra helicóptero da polícia no Alemão	Criminosos [...] (2010)
Rio de Janeiro	2018	Helicóptero da Polícia Civil é alvo de tiros em operação no Complexo do Alemão	Helicóptero [...] (2018)
Rio de Janeiro	2022	Helicóptero da Polícia Militar é atingido por tiro durante operação no RJ	Araújo e Tortella (2022)
Rio de Janeiro	2023	Dois helicópteros da polícia são atingidos por tiros em operação para prender chefes da maior facção do RJ	Leitão; Nascimento; Monteiro (2023)

Fonte: elaborado pelo autor.

Portanto, existem tanto vantagens quanto desvantagens no uso de helicópteros em ambientes hostis. A decisão de emprego da aeronave em tais

ambientes deve ser sempre muito bem pesada, pois se trata uma plataforma de valor extremamente elevado e, mais ainda, com risco às tripulações.

Desse modo, caso se decida na adjudicação do helicóptero em operações em que haja ameaça de alvejamento, sempre que a missão e os meios permitirem, é muito bem-vinda a ideia de incorporação de proteção balística na máquina.

Dos conhecimentos angariados até aqui, pode-se alcançar a ideia de que a blindagem é a combinação satisfatória de métodos de proteção balística, aplicada ao helicóptero que atua em situações de combate, para prover segurança à tripulação e potencializando a eficácia da missão.

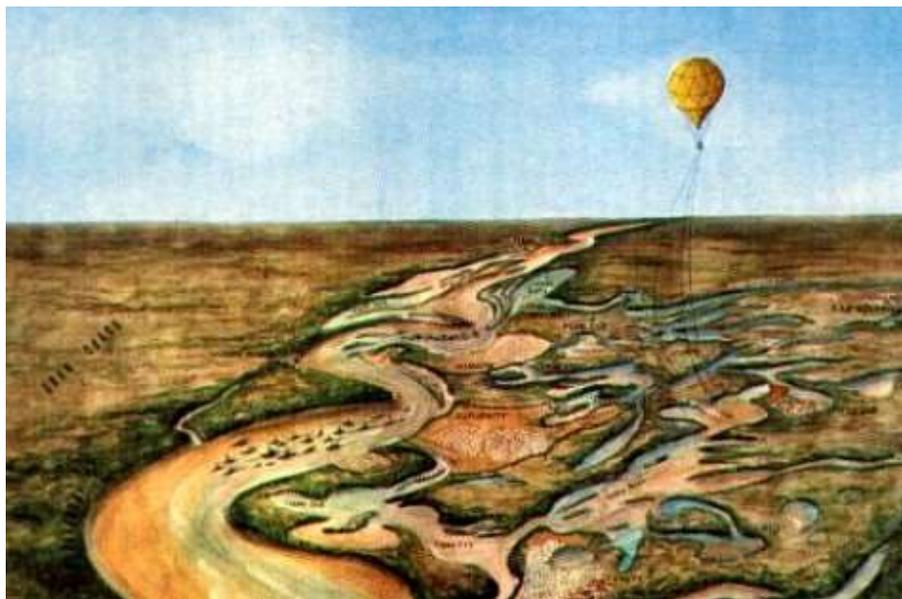
2.3 A AVIAÇÃO DO EXÉRCITO

A pesquisa repousa na premissa de emprego de uma aeronave da Aviação do Exército, logo é necessário conhecer a AvEx e algumas de suas características, o que dará mais luz e entendimento ao trabalho.

A gênese da AvEx repousa na Guerra da Tríplice Aliança (1864-1870), uma vez que “em 24 de junho de 1867, deu-se o primeiro emprego militar de balão na América Latina” (Wiltgen, 2020):

O primeiro brasileiro a fazer uso da terceira dimensão, em campanha, foi o Capitão Francisco Cesar da Silva Amaral, que subiu com o balão no dia 12 de julho de 1867. Contabilizaram-se, ao todo, vinte ascensões, de junho a setembro de 1867. (Wiltgen, 2020).

As ascensões dos balões permitiram a observação e reconhecimento do terreno, o que levou a retificação de cartas topográficas, identificando-se vias de acesso dentro do território de batalha. Além disso, a visão aérea facilitou a busca de posições inimigas, movimentos de tropas, fortificações, linhas de trincheiras, dentre outros.



Fonte: Bento, [s. d.].

Da Guerra do Paraguai, a próxima referência na história do Brasil sobre o emprego militar de um meio aéreo aconteceu na Guerra do Contestado (1912 – 1916), quando aconteceu o acidente e morte primeiro aviador do Exército Brasileiro, o Ten Ricardo Kirk, conforme pode ser encontrado na página da Diretoria do Patrimônio Histórico e Cultural do Exército (DPHCEX) (Ricardo [...], [s.d.]).

Naquele mesmo período, em 1913 foi fundada a Escola Brasileira de Aviação, a qual foi instalada no Campo dos Afonsos, no Rio de Janeiro, RJ, com a aquisição dos primeiros aviões do exército, fabricados pela Itália. Em 1927 aconteceu a reorganização da aviação militar no Brasil e foi criada a arma de Aviação do Exército (Brasil, 1927).

O Decreto-Lei número 2.961, assinado pelo então presidente Getúlio Vargas, criou o Ministério da Aeronáutica em 20 de janeiro de 1941 (Brasil, 1941). A Aeronáutica recebeu servidores civis, soldados militares, aviões e instalações da Marinha, do Exército, do Ministério da Aviação e Obras Públicas para uso da Aeronáutica, dessa forma, a arma Aviação do Exército foi extinta.

Pastore (2020) discorre que após a 2ª Guerra Mundial e a Guerra do Vietnã, o EB constatou o quão importante e necessário é ter mobilidade tática para as tropas terrestres e aumentar sua capacidade de combate. Por causa disso, o EB não poderia deixar de ter sua própria aviação militar e decidiu recriar

a AvEx.

Ademais, a carência de meios aéreos orgânicos do EB criava um laço de dependência com a Força Aérea nesse quesito. Além do que, a Guerra das Malvinas, de abril a junho de 1982, demonstrou o impacto do uso do helicóptero nas operações, como em missões de reconhecimento, patrulhamento, desembarque de tropas e logísticas, levadas a cabo pela Argentina e Reino Unido. Este último, se valeu das aeronaves de asa rotativa, inclusive, para desferir ataques noturnos contra belonaves platinas (Giordani, 2018).

Da análise da Guerra das Malvinas, o EB constatou a necessidade inequívoca de adquirir a capacidade de aeromobilidade, e se debruçou a buscar uma solução para o preenchimento dessa lacuna estratégica:

O estudo do conflito realizado pelo EME aponta, na sua parte final, a necessidade de estudos para produção e adoção, dentre outros materiais, de helicópteros orgânicos para apoio de fogo e transporte de pessoal e material, inclusive artilharia e viaturas de combate (Campos, 2011).

Assim, a recriação da AvEx foi concebida na esteira do Plano de Estruturação da Força Terrestre (FT-90)⁷, especificamente em 1985, quando a proposta tomou forma no Estado-Maior do Exército (EME) e passou a constar no projeto:

O projeto da FT-90, por sua importância para a modernização da Força Terrestre, foi principal motivação e exigiu dedicação plena, capacidade criadora e tenacidade para vencer os desafios que se apresentavam. De grande dimensão e alcance ambicioso, era composto por muitos subprojetos importantes, como a criação dos grandes comandos militares, em substituição aos exércitos; a reestruturação das brigadas; a **criação da Aviação do Exército**; a criação do Centro de Guerra Eletrônica; a aquisição e repotencialização de blindados; a compra de foguetes de saturação de área Astros; a construção de quartéis, entre outras ações. (Maia, 2020, p. 85-86. Grifo nosso).

Portanto, idealizada e planejada a partir da FT-90, em 1986 é recriada a AvEx, que proporcionará aeromobilidade à Força Terrestre (F Ter), assim como o almejado efeito multiplicador ao poder de combate, inserindo o EB na terceira

⁷ O projeto Força Terrestre 90 (FT-90) foi um projeto de reestruturação da F Ter, que tinha por objetivo diminuir a defasagem tecnológica do Exército, por meio de aquisição de novos meios e equipamentos militares, visando à obtenção de novas capacidades, principalmente com a implantação da Aviação do Exército e meios de guerra eletrônica. (Rodrigues, 2020)

dimensão do espaço de batalha de forma decisiva, potencializando o alcance tático por intermédio da sinergia interarmas e da sincronização das ações (Brasil, 2019b).

2.4 O HELICÓPTERO FENNEC AVEX

Do ressurgimento da AvEx nascia a óbvia necessidade de aquisição dos meios aéreos que viriam dotar a F Ter. O processo de aquisição dos helicópteros foi estruturado em: edital, avaliação das propostas das empresas (entenda-se fabricantes) e a celebração de um contrato com o consórcio vencedor do certame.

Há de se destacar que para execução do processo, os militares do EB receberam pleno assessoramento de elementos especializados da Marinha do Brasil e da Força Aérea Brasileira, por meio da Diretoria de Aeronáutica da Marinha (DAerM) e da Diretoria de Material da Aeronáutica (DIRMA), que já detinham expertise no assunto.

Em 1987 foi lançado o edital de Concorrência Internacional nº 01/87 Departamento de Material Bélico (DMB), que previa a aquisição de 16 aeronaves de asa rotativa de reconhecimento e ataque. Os principais aspectos para escolha da melhor proposta baseavam-se em aspectos estritamente técnicos, alinhavados com a legislação de licitações da época, cujos elementos básicos podem ser vistos na Tabela 3:

TABELA 3. Aspectos de julgamento do edital de aquisição

Elementos do edital	Descrição
Especificações técnicas	<i>Requisitos Operacionais Básicos (ROB)⁸</i>
Ferramental	<i>Dados referentes ao ferramental, equipamentos para manutenção e plena possibilidade de aquisição.</i>

⁸ ROB são elementos essenciais que devem ser atendidos para garantir que sistemas, projetos ou processos funcionem corretamente. Abrangem características funcionais e técnicas, bem como restrições logísticas e operacionais.

Capacitação de pessoal	<i>Disponibilização de estágios e cursos para capacitação de pessoal.</i>
Suprimento	<i>Aquisição de suprimentos não apoiados pelo Depósito Alfandegado para dois anos de operação.</i>
Publicações técnicas	<i>Fornecimento acesso para aquisição às publicações técnicas para manutenção e operação das máquinas.</i>
Financeiro	<i>Financiamento de longo prazo, com dois anos de carência.</i>
Cláusula de compensação (Off-set)	<i>Contrapartida assegurada de aquisição de equipamentos brasileiros, que significará uma exportação de valor idêntico ao do valor dos helicópteros adquiridos.</i>
Transferência de tecnológica	<i>Transferência de tecnologia, com perspectiva de desenvolvimento de uma aeronave, de asas rotativas, nacional.</i>
Depósito Especial Alfandegado (DEA) ⁹	<i>A cláusula do Depósito Alfandegado exigia que o consórcio vencedor mantivesse uma instalação perto do local de operação das aeronaves para armazenar os suprimentos destinados à manutenção das aeronaves. Esses suprimentos pertenceriam à contratada até que fossem comprados pelo EB.</i>

Fonte: elaborado pelo autor, adaptado de Maia (2014, p. 329-339)

De acordo com Maia (2014), em novembro de 1987 ocorreram ritos previstos no edital de Concorrência Internacional nº 01/87 DMB, concedendo a vitória do certame ao consórcio Helibras-Engesa-Aerospatiale, representado pela Helibras, que culminou com a aquisição de 16 helicópteros HB 350 L1 – Esquilo (HA-1):

⁹ O DEA se tratava de um regime especial aduaneiro que foi substituído pelo regime de Depósito Especial (DE), o qual permite a admissão de mercadoria importada para fins de estocagem, com suspensão do pagamento de impostos, de partes, peças, componentes e materiais de reposição ou manutenção de aeronaves militares, dentre outros, por até cinco anos (Brasil, 2004). As instalações do DE da AvEx encontram-se no interior do Comando de Aviação do Exército (CAvEx).

O resultado da Concorrência Internacional nº 01/DMB representou o desfecho de um longo e minucioso processo de avaliação de cada proposta apresentada. Foi declarado vencedor o consórcio integrado pela Helibras-Engesa-Aerospatale, representado pela Helibras. (Maia, 2020, p. 359).

Como características gerais, o HB 350 L1 é equipado com turbinas Arriel 1D1, que produzem aproximadamente 732 HP, podendo atingir 287km/h e alcance de cerca de 650km. As aeronaves podem ser equipadas com lança-foguetes SBAT-70 nacionais, metralhadoras axiais calibre.50 e metralhadoras laterais calibre 7,62 mm.

A Figura 4 registra a primeira aeronave entregue, em 21 de abril de 1989:

FIGURA 4 - Formatura de recebimento do 1º Esquilo HA-1



Fonte: Histórico [...] ([s.d.])

Mais tarde, o EB viria a adquirir mais vinte unidades do helicóptero AS550A – Fenec, por meio da aditivação do contrato de aquisição para robustecer os meios aéreos da AvEx. O Fenec que é uma máquina de características semelhantes ao HB350L1 – Esquilo, divergindo em atualizações de aviônica e capacidade de peso máximo de decolagem.

Em 2011, a Diretoria de Material de Aviação do Exército (DMAvEx) assina com a Helibras o contrato de modernização¹⁰ das frotas Esquilo e Fenec,

¹⁰ Modernização: modificação introduzida no material ou sistema, ou sua total substituição, com

levando a assumirem uma configuração padronizada e moderna, convergindo ambos os modelos para o AS550A2 – Fenec AvEx, que passaria a ser designado como HA-1A.

O trabalho de parceria entre a Helibras e o Exército concretizou um projeto que buscou retomar a capacidade operacional de manobra da aeronave e incorporar modificações técnicas necessárias para cumprir as novas capacidades operacionais almejadas no projeto de modernização. (Franklin, 2019).

Ainda, Franklin (2019) explica das melhorias e capacidades agregadas pelo novo modelo de helicóptero concebido, que, dentre outros, teve renovado seu ciclo de vida, de no mínimo mais 25 anos, ao custo unitário médio de 30% a 40% do preço de um novo helicóptero de concepção semelhante, caracterizando importância do desafio econômico para o programa.

Além do mais, o Fenec AvEx foi equipado com sistemas aviônicos modernos, de concepção *glass cockpit*¹¹, iluminação externa e interna compatibilizada com equipamentos de visão noturna, além de modernos rádios com capacidade de criptografia de dados, portanto, um significativo ganho tecnológico.

FIGURA 5 - Helibras apresenta 34º Fenec para a Aviação do Exército



Fonte: Helibras [...] (2021)

a finalidade de atualizá-lo ou readequá-lo às necessidades operacionais. (BRASIL, 2024, p. 39)

¹¹ O *glass cockpit* é um conceito de equipagem de cabine baseado em telas e displays de LCD, além de outros displays eletrônicos para representar as informações de voo. Substituem os mostradores e indicadores analógicos e cooperam para manutenção do foco dos pilotos nas informações mais relevantes.

3 METODOLOGIA

Em um trabalho científico, o capítulo de metodologia é fundamental para descrever os métodos utilizados na pesquisa. Seu objetivo é fornecer detalhes sobre o processo desde o início até a conclusão do trabalho, fornecendo informações essenciais que permitam a compreensão e avaliação dele. Assim, a metodologia é essencial para realizar a investigação da questão da blindagem no Fenec AvEx e seus efeitos na aeronavegabilidade, a fim de legar validação à pesquisa desenvolvida.

Assim, o capítulo será estruturado em subdivisões que facilitarão o entendimento e conduzirão o raciocínio de forma a elucidar a metodologia aplicada à pesquisa, se iniciando pelo desenho do trabalho, passando à estratégia, por meio da coleta e tratamento de dados e, enfim, um cronograma.

3.1 DESENHO DA PESQUISA

Para consecução de uma pesquisa científica é mister estruturá-la de forma a obter o melhor roteiro para abordar o problema central do estudo e, acima de tudo, respondê-lo. Para tanto, o trabalho necessita de um desenho de pesquisa que “direciona o planejamento e implementação de um estudo para que se possa responder a perguntas ou testar as hipóteses colocadas para investigação” (Driessnack; Sousa; Mendes, 2007).

Assim, a o trabalho trilhará pela senda da pesquisa exploratória, no sentido de coletar e analisar os dados no encalço de se encontrar algo novo acerca do assunto, esperando descobrir informações importantes, além de buscar explicar fenômenos ou elementos não claros. Então, a investigação assimilará um caráter dedutivo, permeando pesquisas, artigos, manuais e outros meios que possam elucidar o problema de forma satisfatória.

No que tange ao método procedimental, a via mais óbvia para se alcançar os resultados será por meio da pesquisa documental, uma vez que tal procedimento é notável no momento em que podemos organizar as informações que se encontram dispersas, tornando-a uma nova fonte de consulta. Segundo

Beuren et al. (2006) “a pesquisa documental baseia-se em materiais que ainda não receberam um tratamento analítico ou que podem ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa”, produzindo material útil à investigação.

Acerca da natureza da investigação, a pesquisa será aplicada, objetivando desenvolver conhecimentos que possam ser aplicados na vida real para resolver problemas específicos. Inclui verdades e preocupações locais, envolvendo verdades e interesses universais. Assim, os conhecimentos produzidos sobre a questão da blindagem do Fennec AvEx poderão ser úteis a outros campos de pesquisa, com aplicabilidade real.

No processo de sondagem sobre a aplicação de blindagem da aeronave AS550A2 Fennec AvEx, buscando encontrar relação com a aeronavegabilidade da máquina, a pesquisa exploratória se apresenta como o melhor caminho para se alcançar tal objetivo.

Logo, para oferecer melhor compreensão do trabalho, bem como apresentar o melhor traçado para a investigação, segue o Quadro 2, o qual expõe o desenho da pesquisa, organizando o tema, trazendo à luz as principais questões de pesquisa levantadas, da mesma forma que elenca procedimentos de pesquisa, seus insumos e produtos.

QUADRO 2 - Desenho da Pesquisa

PROBLEMA	OBJETIVO GERAL	OBJETIVO ESPECÍFICO	PROCEDIMENTO	INSUMO	PRODUTO
A aplicação de blindagem da aeronave AS550A2 Fenec AvEx poderia influenciar a aeronavegabilidade da máquina a ponto de degradar sua capacidade operacional e limitar funcionalidades do modelo?	Investigar se a aplicação de blindagem da aeronave AS550A2 Fenec AvEx é fator de degradação da capacidade operacional e limitar funcionalidades do modelo.	Identificar os conceitos de blindagem aeronáutica	Pesquisa documental	- Artigos Científicos - Pesquisa ostensiva na internet	Conhecimento acerca das soluções para blindagem aeronáutica
		Apresentar a AS550A2 Fenec AvEx e identificar as capacidades operacionais básicas do modelo	Pesquisa documental	- Manual da avn - Manuais do EB - Relatórios técnicos - Artigos Científicos	Conhecimento acerca do helicóptero e sua empregabilidade básica
		Identificar as características da blindagem disponível para o modelo	Levantamento de dados	- Relatórios técnicos - Artigos Científicos - Pesquisa ostensiva na internet	Identificar a blindagem para o modelo utilizada pela Aviação do Exército
		Identificar outros tipos de proteção à tripulação de helicópteros que possam ser utilizadas na operação do modelo	Pesquisa documental	- Artigos Científicos - Pesquisa ostensiva na internet	Identificar outras concepções de proteção das tripulações em contraposição ao conceito de blindagem da máquina
		Investigar como a blindagem aplicada no helicóptero pode impactar a capacidade operacional da máquina	Análise de dados	- Artigos Científicos - Relatórios técnicos	Verificar se a blindagem é capaz de impactar a aeronavegabilidade do modelo a ponto de limitar a operacionalidade

Fonte: elaborado pelo autor.

3.2 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

O levantamento de informações realizado no capítulo de referencial teórico-conceitual foi importante para atingir alguns objetivos propostos, como a identificação de blindagem aeronáutica, além de realizar uma apresentação sumária do modelo AS550A2 Fennec AvEx e seu processo de compra, além de abordar algumas das características da blindagem disponível para o modelo.

Os demais objetivos propostos serão diligenciados no decorrer da coleta e análise de dados.

3.2.1 Coleta de Dados

Na coleta de dados reside a etapa basilar de uma pesquisa acadêmica. Nesta fase do trabalho são desdobrados esforços para a obtenção de informações relevantes para responder às perguntas de pesquisa e atingir os objetivos do estudo. Marconi e Lakatos (2008) discorrem com propriedade sobre as características da coleta de dados:

A coleta de dados é a etapa da pesquisa em que se inicia a aplicação dos instrumentos elaborados e das técnicas selecionadas, a fim de se efetuar a coleta de dados previstos. São vários os procedimentos para a realização da coleta de dados, que variam de acordo com as circunstâncias ou com o tipo de investigação. A seleção do instrumental metodológico está diretamente relacionada com o problema a ser estudado; a escolha dependerá de vários fatores relacionados com a pesquisa, ou seja, a natureza dos fenômenos, o objeto da pesquisa, os recursos financeiros, a equipe humana e outros elementos que possam surgir no campo da investigação (Marconi e Lakatos, 2008).

Portanto, a coleta de dados por meio da pesquisa exploratória se configurará como a estratégia mais acertada para o tema proposto, dada a especificidade técnica da matéria, além de parca publicação científica sobre o assunto, visando alcançar qualidade na pesquisa.

Apesar do método estipulado ser o mais propício a responder ao problema da pesquisa, verifica-se que o tema é pouco explorado em trabalhos científicos, o que pode se configurar como uma limitação ao trabalho, uma vez que fica reduzida seara em que se pode buscar informações relevantes, o que por sua vez pode se refletir numa possível deficiência ao se buscar uma resposta ao tal problema.

3.2.2 Tratamento de Dados

Por meio do tratamento dos dados é possível fazer com que as informações coletadas sejam precisas e consistentes, subsidiando o desenvolvimento da pesquisa e a obtenção de resultados relevantes. Destarte, a sistematização, a análise e a interpretação dos dados coletados conferem confiabilidade à pesquisa.

Neste trabalho a partir da técnica da pesquisa documental, a análise será qualitativa, buscando inferências no que tange a aplicação de blindagem do AS550A2 e os impactos na aeronavegabilidade e funcionalidades, buscando extrair conceitos concretos dessa correlação.

Percebe-se uma carência de material que trata do assunto em motores de busca de trabalhos científicos como Google Scholar, PubMed, Scopus, Web of Science, Among Others, o que restringe a quantidade de informação disponível, o que pode limitar a produção satisfatória de conclusões relacionadas ao assunto.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A blindagem aeronáutica aplicada ao helicóptero tem por objetivo aumentar a tolerância balística¹² da aeronave no intuito de aumentar a capacidade de sobrevivência da aeronave, permitindo ao aparelho continuar a funcionar após ser atingida por sistemas de armas hostis (Cully e Boller, 1973). O efeito esperado é diminuir a vulnerabilidade de um helicóptero, que em termos de segurança balística, pode ser entendido como a incapacidade de resistir aos danos advindos de impactos de projéteis (Collins e McAulay, 2003).

Há de se considerar que a incorporação de blindagem em um helicóptero agregará peso a máquina, o que pode penalizar fatores de desempenho, como velocidade, manobrabilidade e alcance, ou tempo de operação, atuando de forma indesejada na performance final do aparelho.

5.1 O EMPREGO DO FENNEC AVEX

Como já discorrido, o Fennec AvEx é fruto da modernização dos aparelhos HB350L1 – Esquilo e AS550A – Fennec, sendo que ambos fazem parte à família *Ecureuil*, que traduzido significa Esquilo, fabricado pela Airbus Helicopters.

O Ecureuil entrou em operação em 1974 e contabiliza, pelo menos, sete mil aeronaves produzidas desde então (Airbus [...], 2022), que segundo Pereira (2012), o modelo constitui a espinha dorsal da aviação policial no Brasil, sendo a aeronave preponderante no desempenho das missões atinentes à segurança pública no País.

No Brasil, sua vocação de aeronave de uso público foi marcada já pela primeira unidade produzida, em 1978, adquirida pela Marinha do Brasil e até hoje em atividade, realizando as mais diferentes missões como aquelas desempenhadas pela Força na Antártida. [...]

¹² Tolerância balística: capacidade da blindagem de absorver e resistir ao impacto de projéteis, dentro de certos limites, sem comprometer seu funcionamento.

No segmento policial, o primeiro operador de Esquilo foi a Polícia Civil do Rio de Janeiro, que iniciou suas operações em setembro de 1980, contando hoje mais de 30 anos de atividade com este equipamento.

Já o maior operador governamental brasileiro é o Grupamento de Radiopatrulha Aérea João Negrão, da Polícia Militar de São Paulo, que conta com 21 unidades do Esquilo (AS350 [...], 2011).

Atualmente, o Fennec AvEx é o modelo central no que diz respeito à composição de uma Força de Helicópteros (F He)¹³ vocacionada às tarefas ligadas às atividades Reconhecimento e Ataque (Rec Atq) que podem ser desenvolvidas pela Av Ex. A modernização, ou *retrofit*, atualizou a frota no tocante a parte tecnológica, em especial na parte aviônica da máquina, conferindo revitalização e aprimoramento da capacidade de ataque, uma vez que o projeto priorizou tornar o helicóptero preparado para instalação de armamento aéreo e apto a receber proteção balística, avultando os atributos desejáveis para o emprego em missões de ataque (Franklin, 2019).

Sá (2020), em seu trabalho intitulado “Análise da aderência das capacidades militares terrestres entregues pela ação complementar modernização das aeronaves FENNEC AV EX aos objetivos estratégicos do Exército”, aborda uma séria de vantagens que o modelo entrega ao EB, das quais pode-se isolar algumas de alta relevância para este trabalho, conforme o Quadro 3:

QUADRO 3 – Benefícios engendrados pela modernização da frota Fennec AvEx

Aspectos	Descrição
Segurança e eficácia	Aprimoramento das capacidades de desempenho e segurança de voo, permitindo que as aeronaves, correspondendo a uma geração mais recente de helicópteros, o que contribui para a eficácia das operações militares.
Versatilidade e flexibilidade	A modernização proporcionou o aumento da capacidade de atuação em diferentes funções e cenários, como reconhecimento, ataque e ligação de comando, colaborando para a flexibilidade e a capacidade de resposta do Exército.
Economicidade	A modernização da frota se sagrou como via mais econômica, se comparada com a aquisição de aeronaves novas, permitindo ao EB explorar as capacidades operativas contornando o problema de restrições orçamentárias

¹³ Força de Helicópteros (F He): elemento da Av Ex, constituído adequadamente por pessoal, aeronaves de asa rotativa e material de apoio destinados a execução de operações de combate, de apoio ao combate e ou de apoio logístico (Brasil, 2019b).

Aspectos	Descrição
Prontidão e Mobilidade	A modernização contribui para o aumento da pronta resposta estratégica, projeção da F Ter em operações de amplo espectro, em qualquer parte do território nacional e no entorno estratégico, com oportunidade e capacidade de resposta à demanda militar.
Apoio a Órgãos Governamentais	A modernização da frota colabora para o incremento da capacidade de apoio a órgãos governamentais, contribuindo para a segurança e a proteção de estruturas estratégicas, além de cooperar para o desenvolvimento nacional e o bem-estar social.

Fonte: elaborado pelo autor, adaptado de Sá (2020).

Presentemente, o Fennec AvEx pode ser equipado com uma plataforma de armas axiais constituída por um conjunto de dois braços de armamento, sob os quais podem ser montados o Lançador Múltiplo de Foguetes AV - LM 70/7 - SF M9B ou o casulo de metralhadora “.50 pol”. A aeronave pode ser configurada para portar dois casulos de metralhadora ou dois lançadores de foguetes, ou ainda, intercalar a metralhadora com o lançador de foguetes, numa configuração mista.

FIGURA 6 - Fennec AvEx armado



Fonte: Wiltgen (2017)

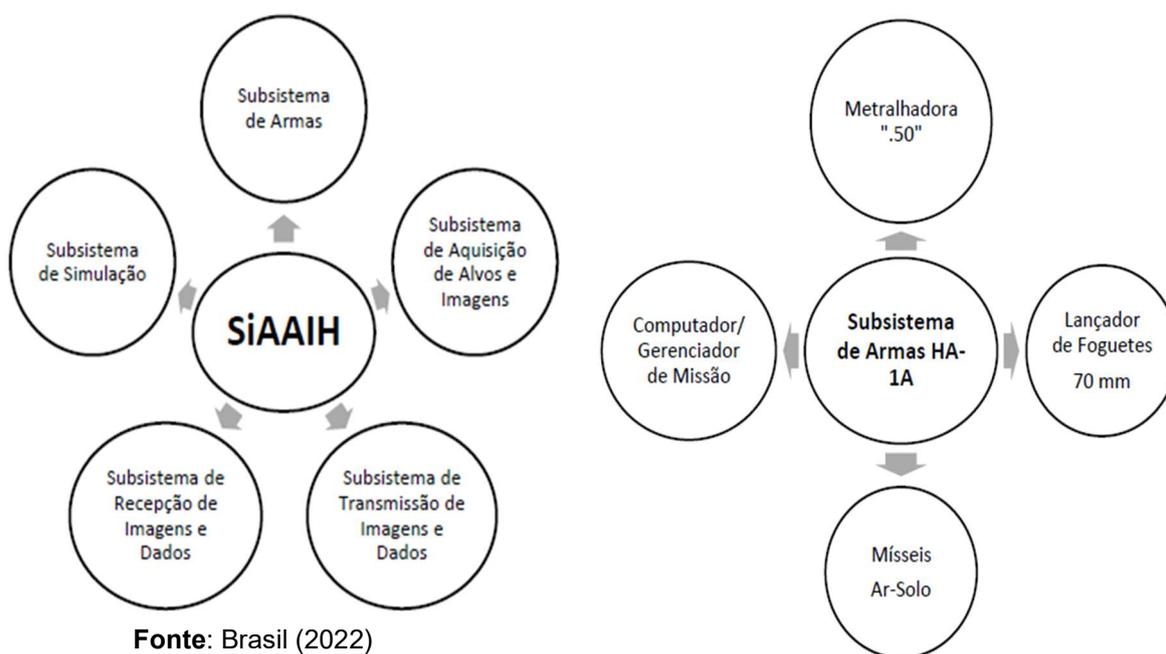
Além do lançador de foguetes e da metralhadora “.50 pol”, o Fennec AvEx ainda poderá receber um Sistema de Armamento Axial e Imageamento de Helicópteros (SiAAIH), concebido pelo Programa Aviação, que integra o portfólio de Programas Estratégicos do Exército.

Segundo a página na internet do Escritório de Projetos do Exército

Brasileiro (EPEX), o Programa Aviação do Exército objetiva garantir a modernidade e eficiência operacional da Aviação do Exército. O aprimoramento do sistema de aviação acontece por meio da modernização da frota existente e da aquisição de novas aeronaves de ataque, apoiando missões de combate, reconhecimento e segurança. O programa também inclui ações para melhorar a infraestrutura e modernizar as organizações militares de aviação, além de buscar prolongar a vida útil da frota de helicópteros (Programa [...], [s.d]).

Em simples palavras, o SiAAIH é um sistema que proporcionará aumento da aptidão combativa do helicóptero, em especial com capacidade de ataque noturno, além do aumento da capacidade Comando e Controle, que convergirá para a ampliação da consciência situacional do ambiente de operacional. O sistema conjuga cinco subsistemas, conforme pode ser verificado na imagem mais à esquerda da Figura 7.

FIGURA 7 - Arquitetura genérica do SiAAIH e estrutura genérica do subsistema de armas para a aeronave HA-1A FENNEC



Spíndola (2023) defende que a implementação do SiAAIH permitirá que o EB adquira novas capacidades e aprimore as atuais existente, multiplicando o poder de combate da F Ter quando empregar o módulo especializado Aviação do Exército junto às forças de emprego estratégico.

Quanto ao emprego da máquina, Silveira (2020) resume bem o papel do helicóptero Fennec AvEx, ao dizer que a aeronave é utilizada para missões de Rec Atq tanto em operações de guerra quanto de não-guerra, podendo ser equipada com diferentes configurações de armamento e equipamentos, conforme a necessidade. Para missões de comando e controle em situações de não-guerra, o HA-1A pode ser aparelhado com o Sistema Olhos da Águia¹⁴ (SOA) e um sistema de transmissão e comunicação via micro-ondas.

As principais informações a respeito das características gerais do helicóptero podem ser verificadas no Quadro 4:

QUADRO 4 - Características gerais do Fennec AvEx

Parâmetro	Valor
Alcance	614 Km (330 MN)
Autonomia	03:00h
Velocidade de Cruzeiro	110 Kt 100 Kt se Anv estiver com SOA ou armamento axial instalado
Peso Máximo de Decolagem	2.250 Kg
Carga útil	1.020 kg
Capacidade de Carga Externa	750 Kg
Capacidade do Guincho	136 Kg
Tripulação	1P ¹⁵ , 2P e 01 Mecânico de voo 1P e 2P se a Anv estiver com armamento axial
Capacidade Máxima de Passageiros	03 passageiros (PAX)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Portanto, pontuada a relevância do Fennec AvEx para as operações militares, em especial como a aeronave apta a compor uma F He para cumprimento de missões de Rec Atq, surge a necessidade de aprofundar os estudos acerca de proteções balísticas para a máquina.

¹⁴ O SOA é um sistema de aquisição e transmissão de imagens. O principal equipamento do sistema é uma câmera externa, que dispõe de sensores infravermelhos de alta resolução (Forward Looking Infrared - FLIR) e uma câmera de vídeo colorida. O sistema proporciona capacidade de observação diurna e noturna, o que favorece operações de Inteligência, Reconhecimento, Vigilância e Aquisição de Alvos (IRVA), cooperando com o aumento da consciência situacional do ambiente operacional.

¹⁵ 1P e 2P são designações para pilotos, conforme previsto na Norma Operacional da Aviação do Exército nº 05/17 – Níveis operacionais, requisitos e funções para tripulantes na Aviação do Exército, aprovada pela Portaria – COTER/C Ex Nº 043, de 20 de maio de 2021 (Brasil, 2021).

5.2 ACRÉSCIMO DA BLINDAGEM E DESEMPENHO

Segundo Collins e McAulay (2003), o uso de medidas de proteção balística, como a blindagem, podem resultar em penalidades de peso significativas, o que pode afetar o desempenho e a capacidade de voo da aeronave. Diante disso, urge a necessidade de equilibrar a proteção balística com a imposição de se manter o peso do helicóptero dentro de limites aceitáveis para garantir sua eficácia operacional. Não respeitar tal equação pode ocasionar problemas relacionadas à manobrabilidade da máquina e, até mesmo, criar um risco para a tripulação.

Além peso em si, um outro complicador notório é a sua má distribuição no helicóptero, que pode ocasionar problemas relacionados ao desbalanceamento do Centro de Gravidade (CG) do helicóptero:

Se esse peso extra for distribuído deficientemente, as mudanças na posição do CG da aeronave podem até desestabilizá-la. Assim, é essencial projetar uma blindagem não apenas para proteger a aeronave, mas também para não entrar em conflito com as restrições de projeto, como o peso máximo permitido e a posição do centroide da aeronave. (Santos et al, 2007 p. 1, tradução do autor).

Corroborando com as ideias anteriores, Rêgo (2022) aprofunda o assunto dizendo que o peso é um fator crítico, pois qualquer acréscimo de peso, seja por passageiros, carga ou blindagem, deve ser cuidadosamente considerado, pois influencia diretamente na velocidade, estabilidade e consumo de combustível da aeronave.

A AvEx buscou ao longo do tempo soluções de blindagem para aumentar a tolerância balística da família Ecureuil, tanto absorvendo produtos propostos pelo fabricante quanto buscando o desenvolvimento de soluções autóctones, se valendo da Tríplice Hélice¹⁶.

Antes da modernização, os helicópteros Esquilo e Fennec contavam

¹⁶ Tríplice Hélice é um modelo que representa a interação entre a academia, apoiada nas instituições de pesquisa e universidades, a indústria, como setor produtivo, e o governo, por meio das agências governamentais e políticas públicas. Esse modelo enfatiza a colaboração e a sinergia entre esses três setores para promover o desenvolvimento tecnológico, a inovação e o avanço econômico.

apenas com a opção de um conjunto de carenagens e placas de proteção, constituídas em tecido de aramida, blindadas contra impactos de projéteis (Manual, 2017). Após montadas, essas carenagens performavam uma estrutura conhecida como barca blindada, que cobria a parte inferior da aeronave, exceto a cauda, cuja representação pode ser visualizada na Figura 8. Essa concepção de blindagem é desenvolvida pelo fabricante do helicóptero e é disponível também para o Fenec AvEx.

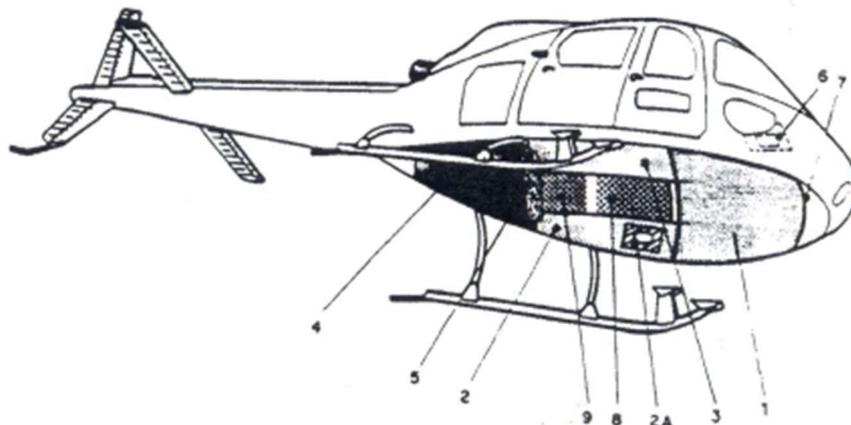
FIGURA 8 - Carenagens blindadas (barca blindada)

O conjunto de carenagens é composto por:

- Carenagem dianteira blindada equipada (1).
- Carenagem lateral esquerda blindada (2).
- Blindagem flexível do farol (2A).
- Carenagem lateral direita blindada (3).
- Carenagem traseira blindada equipada (4).
- Carenagem blindada do trem de pouso (5).

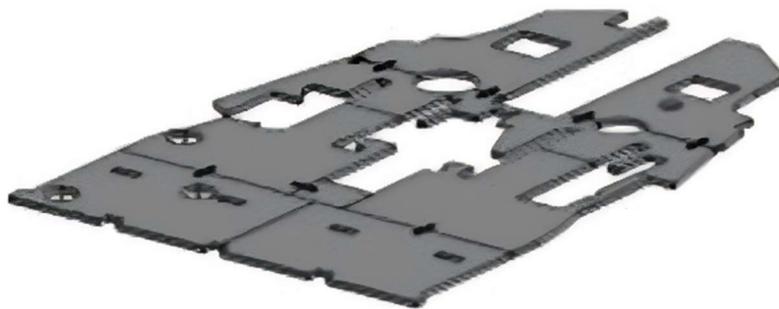
O conjunto de placas de proteção é constituído por:

- Placa blindada sob os pedais do piloto (6) e do co-piloto (7).
- Placa blindada sobre a carenagem fixa central (8).
- Placa blindada sobre a antena de ADF (9).



Fonte: Manual (2017).

Uma outra solução de proteção balística disponível para o Fenec Avex, segundo Cortes (2020), foi o piso balístico, que é obtido pela montagem de várias peças de polietileno de ultra alto peso molecular, tal como o design da Figura 9. O piso balístico é montado sobre o assoalho do helicóptero, e cobre praticamente todo interior da aeronave.



Fonte: Cortes (2020).

Outras soluções de blindagem foram prospectadas, como o desenvolvimento de um banco blindado projetado pelo Centro Tecnológico do Exército (CTEx), o que de acordo com Cortes (2020), era destinado ao piloto e ao co-piloto, o qual foi desenhado para proteção das costas, da lateral e do assento contra projéteis de 7,62 mm a 15 metros, mas que por motivos diversos a utilização operacional desses bancos foi baixa.

No tocante ao histórico de projetos de soluções de blindagem para AS550A2, a AvEx dispense grandes esforços para prover adequada proteção às tripulações e ao helicóptero. O Quadro 5 apresenta um resumo dos modelos de proteção balística já adotados pela AvEx para o Fennec AvEx.

QUADRO 5 - Resumo das experiências de blindagem do Fennec AvEx

Tipo	Peso (kg)	Aspectos Positivos	Aspectos Negativos
Barca Blindada	62,8	Proteção tripulação e sistemas	- Sem proteção lateral - Proteção apenas calibre 9 mm
Piso balístico	44,5	Proteção tripulação	- Sem proteção lateral
Banco Blindado	41	Proteção pilotos	- Não protege mecânico - Proteção lateral não efetiva - Peso e CG do banco - Incompatível com SOA
Proteção Helibras ¹⁷	37	Proteção setor à retaguarda da cabine de pilotagem	- Proteção lateral não efetiva - Não protege mecânico de voo - Incompatível com metralhadora lateral - Sem proteção no piso na região dos pedais

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Cortes (2020).

Assim, há uma convergência de pesquisas que indicam que o acréscimo de peso é um fator que penaliza a operação do helicóptero, o que pode causar

¹⁷ A proteção Helibras foi um projeto de desenvolvimento de uma parede de proteção balística, a ser instalada à retaguarda dos bancos dos pilotos. Na fase de avaliação, conduzida pela AvEx, o projeto foi considerado insatisfatório para o uso operacional (Cortes, 2020).

prejuízos e limitações quando se trata do uso da máquina em missões militares.

O aumento de peso devido a incorporação da blindagem é fator taxativo da capacidade de carga útil do helicóptero, restringindo o número de passageiros, a quantidade carga que pode ser transportada, inclusive limitando a quantidade de combustível.

Além disso, o peso excessivo pode afetar a manobrabilidade e a eficiência do helicóptero durante as operações, especialmente em situações críticas onde a agilidade e a capacidade de resposta são essenciais.

Destarte, é importante otimizar o projeto de blindagem para garantir a segurança sem comprometer o desempenho operacional do helicóptero. O ideal é que, conforme defende Law (2011) a blindagem deve ser projetada de forma a equilibrar a proteção com outras capacidades da aeronave, e que a eficácia da blindagem deve ser avaliada em conjunto com outras medidas de sobrevivência, como manobra, táticas e sistemas de defesa ativas.

Por exemplo, adicionar proteção balística pode reduzir a vulnerabilidade, mas se o peso adicional for muito alto, a suscetibilidade¹⁸ pode aumentar devido ao efeito adverso sobre a manobrabilidade ou agilidade. A eficácia geral do sistema também pode ser reduzida porque o peso adicional reduziria as capacidades de carga útil e alcance (Law, 2011 p. 12, tradução do autor).

A problemática da limitação do peso pode ser satisfatoriamente contornada incorporando à aeronave proteção balística às áreas de maior vulnerabilidade do helicóptero. Dessa forma, é possível aumentar consideravelmente a chance de sobrevivência do equipamento e, conseqüentemente da tripulação, aplicando camadas de blindagem em áreas sensíveis ao impacto de projéteis, conforme exemplificado no Quadro 4.

QUADRO 6 - Áreas vulneráveis de helicópteros

Área Vulnerável	Descrição
Motores e geração de energia	Os motores e sistemas de energia são vulneráveis a danos e comprometem a operação da aeronave em caso de serem atingidos por projéteis.
Comandos de Voo	Os componentes do sistema de comando de voo, como hastes, guinhóis e alavancas, podem ser danificados por ação de projéteis

¹⁸ A suscetibilidade é o quanto as próprias forças militares têm chance de serem encontradas, se tornarem alvos e serem atingidas por um sistema de armas usado contra elas (Law, 2011 p. 7, tradução do autor).

Área Vulnerável	Descrição
	ou estilhaços, o que impede o controle e, respectivamente, a condução da aeronave.
Sistema de Combustível	O sistema de combustível, incluindo o reservatório, é crítico pois danos podem resultar em perda de combustível, que causará apagamento dos motores ou risco de incêndio.
Sistema Hidráulico	Danos ao sistema hidráulico podem afetar o controle do helicóptero e a capacidade de manobra.
Transmissão	O sistema de transmissão da aeronave é sensível a impactos de projéteis. Desse sistema, destaca-se a caixa de transmissão principal, responsável transferir a potência do motor para o rotor principal da aeronave.

Fonte: elaborado pelo autor, adaptado de Collins e McAulay (2003).

Da mesma forma, no encaixe de soluções de blindagem que não comprometam a performance do helicóptero deve-se buscar por materiais tecnologicamente avançados, capazes de proporcionar a proteção balística satisfatória, sem degradar a operacionalidade da máquina.

Rêgo (2022) obteve resultados promissores ao trabalhar com material compósito¹⁹ polimérico, submetido a ensaio balístico, apresentando um desempenho satisfatório em termos de proteção balística. O trabalho demonstrou que, mesmo com a adição da blindagem, o CG da aeronave não ultrapassou os limites estabelecidos pelo fabricante em nenhum dos casos estudados. Importa salientar que o helicóptero foco da pesquisa é o AS350 - Esquilo, portanto, da mesma família do Fennec AvEx. O trabalho de Rêgo (2022) indica que a solução de blindagem abordada em sua pesquisa pode ser instalada de forma confiável, sem afetar negativamente a aeronavegabilidade do helicóptero, o que permite depreender que não afeta o desempenho operacional do aparelho e a segurança.

Então, ao se procurar conjugar proteção balística e desempenho, Ball (2003) resume de uma forma muito assertiva quando diz que “uma aeronave militar não pode ser eficaz se não capaz de sobrevivência²⁰. Entretanto, uma aeronave capaz de sobrevivência não é necessariamente uma aeronave eficaz”.

¹⁹ Compósito polimérico de resina de poliéster ortoftálica reforçado com tecidos de para-aramida, tecido híbrido de para-aramida/vidro e mantas de para-aramida unidirecionais, desenvolvido utilizando a técnica de moldagem por compressão a frio (Rêgo, 2022).

²⁰ Capacidade de sobrevivência, traduzido de *survivability*, indica a capacidade de um sistema, helicópteros neste caso, de completar uma missão com sucesso em um ambiente hostil, levando em consideração fatores como suscetibilidade, vulnerabilidade e recuperabilidade. Capacidade de sobrevivência assume a ideia de resistência e proteção em situações adversas.

6 CONCLUSÃO

O helicóptero é um artefato indissociável das operações militares. Desde sua concepção, a máquina demonstra seu valor e relevância como uma plataforma versátil e multifacetada, capaz de desempenhar uma ampla gama de funções em variados cenários de emprego em ambientes hostis.

Parte expressiva da frota de helicópteros do EB é constituída pelo AS550A2, o Fennec AvEx, designado AH-1A, ou seja, a plataforma de asas rotativas vocacionada às missões de reconhecimento e ataque, portanto, aptas a cumprir as tarefas de combate, que exigem meios aéreos, doutrinárias da F Ter, tanto em operações de guerra e não-guerra.

Quando empregado em missões em ambientes hostis, o aparelho pode se tornar alvo de ataque de forças adversas, portanto, as vulnerabilidades naturais do aparelho podem ser exploradas, aumentando consideravelmente o a chance da máquina ser danificada, expondo a tripulação a riscos desastrosos.

Destarte, é crucial que haja a prospecção de soluções que garantam a segurança das tripulações e a proteção da aeronave contra ameaças. A incorporação de tecnologias de blindagem balística e sistemas de autoproteção contra agentes capazes causar danos, como armas de fogo, é fundamental para mitigar os riscos e aumentar a capacidade de integridade estrutural das aeronaves nas operações em ambientes hostis.

Neste cenário, a blindagem surge como uma ferramenta valiosa e sua implementação altamente desejável, contudo, sua aplicação ao helicóptero deve ser cuidadosamente planejada para não comprometer a eficácia geral da missão. Um projeto de blindagem, com sustentabilidade do ponto de vista técnico e operacional, deve buscar atender aos critérios de aeronavegabilidade estabelecidos pelo fabricante, garantindo que os parâmetros de CG não excedam os limites permitidos para cada aparelho.

O Fennec AvEx pode ser afetado pelo acréscimo de peso decorrente da instalação de blindagens. Tanto a blindagem oferecida pelo fabricante, a barca blindada, como as demais concepções de blindagem desenvolvidas para o modelo tem potencial de degradar, de alguma forma, o desempenho pleno do helicóptero, por exemplo, diminuindo o alcance do helicóptero em razão de

limitação na quantidade de combustível que pode ser abastecido.

A segurança da tripulação é fundamental para o sucesso de operações aéreas, pois depende da integridade do equipamento. Obviamente, existe o desafio de equilibrar o acréscimo da proteção balística com a limitação de peso a ser acrescentado ao helicóptero, pois afeta diretamente o desempenho. Errar na conciliação entre peso e capacidade da máquina incidirá de forma antagônica à performance, o que sua vez pode ser tão prejudicial quanto se abster da blindagem.

A estratégia ideal envolve priorizar a blindagem nas áreas mais críticas, que se atingidas podem resultar em sérios danos, em busca de não penalizar a velocidade, alcance e manobrabilidade, atuando para maximizar a eficácia das operações aéreas em cenários desafiadores

Por fim, o avanço das tecnologias de blindagem favorecerá o ganho de resistência dos helicópteros frente às ameaças, cooperando diretamente para a capacidade de sobrevivência dos aparelhos, garantindo a segurança dos ocupantes e o êxito das missões. O caminho é investigar soluções inovadoras, objetivando aumentar a tolerância balística dos helicópteros, sem degradar o desempenho da máquina, o que incidirá favoravelmente para o sucesso das missões e segurança dos ocupantes.

REFERÊNCIAS

A IMPORTÂNCIA fundamental dos MILDS da HENSOLDT na melhoria da proteção de aeronaves contra mísseis. *In:* Poder Aéreo. [S. l.], 3 abr. 2024. Disponível em: <https://www.aereo.jor.br/2024/04/03/a-importancia-fundamental-dos-milds-da-hensoldt-na-melhoria-da-protacao-de-aeronaves-contramisseis/>. Acesso em: 17 abr. 2024.

AIRBUS delivers the 7,000th Ecureuil helicopter. [S. l.], 8 jul. 2022. Disponível em: <https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2022-07-airbus-delivers-the-7000th-ecureuil-helicopter>. Acesso em: 18 jul. 2024.

ARAÚJO; Thayana; TORTELLA, Tiago. **Helicóptero da Polícia Militar é atingido por tiro durante operação no RJ.** CNN Brasil, São Paulo, 21 de jun. de 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/helicoptero-da-policia-militar-e-atingido-por-tiro-durante-operacao-no-rj/#:~:text=Um%20helic%C3%B3ptero%20da%20Pol%C3%ADcia%20Militar,ocupante%20da%20aeronave%20ficou%20ferido>. Acesso em: 20 de abr. de 2024.

AS350 Esquilo se consolida como helicóptero mais utilizado em missões governamentais em todo o mundo. [S. l.], 22 ago. 2011. Disponível em: <https://www.defesanet.com.br/seguranca/as350-esquilo-se-consolida-como-helicoptero-mais-utilizado-em-missoes-governamentais-em-todo-o-mundo/>. Acesso em: 18 jul. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15000: **Blindagens para impactos balísticos - Classificação e critérios de avaliação.** Rio de Janeiro, p. 3. 2005.

AZEVEDO, Débora. **Revisão de Literatura, Referencial Teórico, Fundamentação Teórica e Framework Conceitual em Pesquisa – diferenças e propósitos.** Working paper, 2016. Disponível em: <https://unisinus.academia.edu/DeboraAzevedo/Papers>. Acesso em 16 abr. 24.

BALL, R. E. **The Fundamentals of Aircraft Combat Survivability Analysis and Design.** Reston, VA: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2003.

BENTO, Cláudio Moreira. **Caxias um precursor da aeronáutica militar brasileira.** *Academia de História Militar Terrestre do Brasil*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.ahimtb.org.br/caxiasaerost.htm>. Acesso em: 24 abr. 2024.

BEUREN, Ilse Maria et al. **Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2006. 195 p. ISBN 978-85-224-4391-8.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **História da Aviação.** Brasília, 2023a. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt->

br/assuntos/regulados/profissionais-da-aviacao-civil/pilotos/introducao-a-aviacao-civil/historia-da-aviacao>. Acesso em 9 abr. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil nº 133 (RBAC nº 133)**. Brasília, 2019a. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-133/@@display-file/arquivo_norma/RBAC133EMD02.pdf>. Acesso em 14 abr. 24

BRASIL. Decreto-Lei nº 2.961, de 20 de janeiro de 1941. **Cria o Ministério da Aeronáutica**. Rio de Janeiro: Coleção de leis anuais do Brasil, 31 dez. 1941. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1937-1946/del2961.htm. Acesso em: 24 abr. 2024.

BRASIL. Decreto-Lei nº 5.168, de 13 de janeiro de 1927. **Cria a arma de Aviação do Exército**. Rio de Janeiro: Diário Oficial da União, 15 jan. 1927. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1937-1946/del2961.htm. Acesso em: 24 abr. 2024.

BRASIL. Exército Brasileiro. EB10-IG-01.018. **Instruções Gerais para a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar**. 3ª Edição. 2024.

BRASIL. Exército Brasileiro. EB70-MC-10.204. **A Aviação do Exército nas Operações**. 1ª Edição. 2019b.

BRASIL. Exército Brasileiro. EB70-MC-10.218. **Manual de Campanha Operações Aeromóveis**. 3ª Edição. 2023b.

BRASIL. Exército Brasileiro. EB20-RTLI-04.047. **Requisitos Técnicos, Logísticos e Industriais do Sistema de Armamento Axial e de Imageamento para Helicópteros (SiAAIH)**. 2. ed. Brasília, DF, 2022.

BRASIL. Exército Brasileiro. Norma Operacional da Aviação do Exército nº 05/17. **Níveis operacionais, requisitos e funções para tripulantes na Aviação do Exército**. 1ª Edição. 2021.

BRASIL. Ministério da Defesa – Comando da Aeronáutica. Proteção ao voo. **ICA 63-36. Atividades de Fatores Humanos, Aspecto Psicológico, no Gerenciamento da Segurança Operacional**. 2015.

BRASIL. Ministério da Defesa. MD35-G-01. **Glossário das Forças Armadas**. 5ª Edição. 2015.

BRASIL. Secretaria da Receita Federal. **Instrução Normativa SRF no 386, de 14 de janeiro de 2004**. Brasília, 2004. Disponível em: <<http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?idAto=15283>>.

CAMPOS, Márcio Teixeira de. **A Guerra das Falklands/Malvinas e suas repercussões no Exército brasileiro**. 2021. Universidade Federal Fluminense, 2021. Disponível em: <<https://app.uff.br/riuff/handle/1/8302>>. Acesso em: 18 abr. 2024.

COLLINS, Pat; MCAULAY, Campell. **Reducing the vulnerability of military helicopters to combat damage**. 2003.

CORREA, Eduardo Delai. **Aeronaves remotamente pilotadas no cumprimento de mandados de busca e apreensão: uma análise de viabilidade no contexto da Polícia Militar do Paraná**. 2020. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Segurança Pública) - Academia Policial Militar do Guatupê, São José dos Pinhais, 2020. Disponível em: <https://www.pilotopolicial.com.br/wp-content/uploads/2020/05/TCC_EDUARDO_DELAI.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2024.

CORTES, Raphael Gomes. **Análise de Proteção Balística para a Aeronave AS550A2 “Fennec AvEx”** (Grupo de Ensaios e Avaliações, Ed.). Taubaté, SP: Comando de Aviação do Exército, 18 jan. 2020.

CRIMINOSOS disparam contra helicóptero da polícia no Alemão. *In: G1 RJ*. [S. l.], 26 nov. 2010. Disponível em: <https://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2010/11/criminosos-disparam-contrahelicoptero-da-policia-no-alemao.html>. Acesso em: 20 abr. 2024.

CULLY, Donald C; BOLLER, Theodore J. **Design Guide Handbook for the Design of Ballistic-Damage-Tolerant Short- Fiber-Molded Aircraft Flight Control System Components**: Design Criteria, Concepts, Tooling, Fabrication, Testing, and Evaluation. Akron, Ohio: Goodyear Aerospace Corporation, 1973. v. 1. Disponível em: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD0916279.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2024.

DOIS helicópteros da polícia são atingidos por tiros em operação para prender chefes da maior facção do RJ. *In: LEITÃO, Leslie; NASCIMENTO, Rafael; MONTEIRO, Jefferson. G1 Rio*. [S. l.], 9 out. 2023. Disponível em: Dois helicópteros da polícia são atingidos por tiros em operação para prender chefes da maior facção do RJ. Acesso em: 20 abr. 2024.

DRIESSNACK, Martha; SOUSA, Valmi D.; MENDES, Isabel Amélia Costa. Revisão dos desenhos de pesquisa relevantes para enfermagem: part 2: desenhos de pesquisa qualitativa. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, [s. l.], v. 15, ed. 4, p. 684-688, 1 ago. 2007. DOI <https://doi.org/10.1590/S0104-11692007000400025>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rlae/article/view/16145>. Acesso em: 29 maio 2024.

FRANKLIN, Luís Claudio de Souza. **O Projeto de Modernização das Aeronaves Esquilo e Pantera do Exército Brasileiro (2009 -2019)**. 2019. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Altos Estudos em Defesa) - Escola Superior de Guerra, Brasília, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.esg.br/handle/123456789/1398>>. Acesso em: 25 abr. 2024.

GIORDANI, Evandro. **Falklands/Malvinas: helicópteros no Atlântico sul**. [S. l.], 19 out. 2018. Disponível em: <https://www.cavok.com.br/falklandsmalvinas-helicopteros-no-atlantico-sul>. Acesso em: 24 abr. 2024.

HELIBRAS apresenta 34º Fennec para a Aviação do Exército. 15 abr. 2021. 1 fotografia. Disponível em: https://www.helibras.com.br/website/po/press/Helibras-apresenta-34%C2%BA-Fennec-para-a-Avia%C3%A7%C3%A3o-do-Ex%C3%A9rcito_563.html. Acesso em: 26 abr. 2024.

HELICÓPTERO da Polícia Civil é alvo de tiros em operação no Complexo do Alemão. *In: G1 Rio*. [S. l.], 21 nov. 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2018/11/21/helicoptero-da-policia-civil-quase-e-atingido-por-tiro-durante-operacao-no-complexo-do-alemao-veja-imagens.ghtml>. Acesso em: 20 abr. 2024.

HELICÓPTERO da Polícia Militar é derrubado a tiros no Rio de Janeiro. *In: Correio Braziliense*. [S. l.], 17 out. 2009. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/brasil/2009/10/17/interna-brasil,148909/helicoptero-da-policia-militar-e-derrubado-a-tiros-no-rio-de-janeiro.shtml>. Acesso em: 18 abr. 2024.

HISTÓRICO. [S. l.], [s.d.]. Disponível em: https://cavex.eb.mil.br/index.php?option=com_content&view=article&layout=edit&id=97&Itemid=112. Acesso em: 25 abr. 2024.

LAW, N. G. **Integrated Helicopter Survivability**. Cranfield, Reino Unido: Cranfield University, 2011.

LEITÃO, L.; NASCIMENTO, R.; MONTEIRO, J. **Dois helicópteros da polícia são atingidos por tiros em operação para prender chefes da maior facção do RJ.** Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2023/10/09/helicopteros-da-policia-sao-atingidos-por-tiros.ghtml>. Acesso em: 1 set. 2024.

MACEDO, Rodrigo do Valle. **Possibilidades de Emprego de Sistemas de Autoproteção de Guerra Eletrônica nas Aeronaves da Aviação do Exército.** Pégasus, Taubaté, v. 1, n. 17, jan/jun 2012. <https://ciavex.eb.mil.br/pegasus/pegasus17/sma.html>. Acesso em 17 abr. 24.

MACHADO, Alessandro José; COTA, Iagã Indalêncio. Confrontos armados envolvendo helicópteros policiais. **Revista Ordem Pública**, v. 5, n. 2, p. 24-34, 2012.

MAIA, Paulo Sérgio da Silva. **Aviação no Exército: uma visão histórica.** Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 2014. 600p.

MANUAL de Voo AS550A2 AVEX. Itajubá, Mg: Helicópteros do Brasil S. A. - Helibras, 2017.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 277 p. ISBN 8522451524.

MISCHIE, Ioan. **Helicopters in Combat: Methods For Helicopter Use in**

Special Operations. Review of the Air Force Academy. Brasov, v. 16, n. 1, 2018. <http://213.177.9.66/ro/revista/2018_1/RevAFAHC-NO1-2018.pdf#page=5>. Acesso em 18 abr. 24.

PASTORE, Haroldo de Assumpção. **O nível operacional do piloto de helicópteros formado no curso de piloto de aeronaves na Aviação do Exército Brasileiro após a mudança da grade curricular do curso a partir de 2018.** 2020. 19 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização de Gestão em Administração Pública) - Escola de Formação Complementar do Exército, Salvador, 2020. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/9404/1/CGAEM_2021_1_tcp_astore.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2024.

PEREIRA, Márcio Luiz Ramos. **Atualização tecnológica em helicópteros de segurança.** 2012.

PROGRAMA Estratégico do Exército Aviação do Exército. [S. l.], [s.d.]. Disponível em: <http://www.epex.eb.mil.br/index.php/aviacao>. Acesso em: 28 ago. 2024.

RAMOS, Sérgio Augusto. **Regras De Engajamento Aplicadas em Operações Aéreas de Segurança Pública com Helicópteros.** 2015. 76 f. Trabalho Acadêmico (Curso Superior de Polícia) - Academia Policial Militar do Guatupê, São José dos Pinhais, 2015. Disponível em: <<https://www.pilotopolicial.com.br/wp-content/uploads/2015/11/ARTIGO-Regras-de-Engajamento.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2024.

RÊGO, Juliana Jeniffer Fernandes de Souza. **Concepção de blindagem balística do helicóptero AS-350 a partir de análises experimentais.** 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

RICARDO Kirk e o primeiro emprego de aeronave em combate no Brasil. Diretoria do Patrimônio Histórico e Cultural do Exército, [s.d.]. Disponível em: <<http://www.dphcex.eb.mil.br/noticias/590-ricardo-kirk-e-o-primeiroemprego-de-aeronave-em-combate-no-brasil>>. Acesso em: 25 abr. 2024.

RODRIGUES, Fernando da Silva. **A Estratégia da Presença no contexto da transformação militar como peculiaridade de defesa no Brasil.** Artigos Estratégicos, Brasília, v. 8, ed. 1, p. 55-69, Jan/Jun 2020. Disponível em: <https://ebrevistas.eb.mil.br/CEEEExArE/article/view/4841/4213>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SÁ, Marcello Campos de. **Análise da aderência das capacidades militares terrestres entregues pela ação complementar modernização das aeronaves FENNEC AV EX aos objetivos estratégicos do Exército.** 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Gestão de Projetos) - Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas Públicas Departamento de Administração, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2020.

SANTOS, Valquíria Claret dos et al. Weight and reliability optimization of a helicopter composite armor using dynamic programming. In: **INTERNATIONAL**

CONFERENCE ON COMPUTATIONAL & EXPERIMENTAL ENGINEERING AND SCIENCES (ICCES), Miami–Flórida-USA. 2007.

SILVEIRA, Fabiano Rocha da. **Estudo comparativo da Doutrina de Emprego dos Helicópteros de Reconhecimento e Ataque da Aviação do Exército do Brasil, França e Estados Unidos da América.** 2020. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Militares) – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2020.

SPÍNDOLA, Richard Carvalho. **A implementação do Sistema de Armamento Axial e de Imageamento para Helicópteros (SiAAIH) no módulo especializado Aviação do Exército como multiplicador do poder de combate da Força Terrestre.** 2023. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Ciências Militares) - Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, RJ, 2023.

VIEIRA, Gilberto Evandro Machado. **A Força Aérea Brasileira e as Asas Rotativas.** Opúsculo, Rio de Janeiro, v. 80, n. 1, p. 5-75, 2023. <https://www2.fab.mil.br/incaer/images/eventgallery/instituto/Opusculos/Textos/opusculo_asas_rotativas.pdf>. Acesso em 17 abr. 24.

WILTGEN, Guilherme. **Base de Aviação do Exército de Taubaté - SP - 01/09/17.** Taubaté-SP, 1 set. 2017. Fotografia. Disponível em: http://www.spotter.com.br/esquadros/1bavex_03.htm. Acesso em: 27 ago. 2024.

WILTGEN, Guilherme. **O uso de balões cativos, os primórdios da Aviação de Reconhecimento.** Defesa Aérea & Naval, 2020. <<https://www.defesaaereanaval.com.br/aviacao/o-uso-de-baloes-cativos-os-primordios-da-aviacao-de-reconhecimento>>. Acesso em 24 abr. 24.