



**INSTITUTO
FEDERAL**
Amazonas

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS
CAMPUS MANAUS CENTRO
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

PEDRO HENRIQUE DA CUNHA DO NASCIMENTO

**BOAS PRÁTICAS DE MANUTENÇÃO PARA HELICÓPTEROS: UM ESTUDO DE
CASO DO HELICÓPTERO UH-60L BLACK HAWK**

**MANAUS - AM
2022**

PEDRO HENRIQUE DA CUNHA DO NASCIMENTO

**BOAS PRÁTICAS DE MANUTENÇÃO PARA HELICÓPTEROS: UM ESTUDO DE
CASO DO HELICÓPTERO UH-60L BLACK HAWK**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro, Departamento Acadêmico de Processos Industriais, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Paulo Fernando Figueiredo Maciel

**MANAUS - AM
2022**

Biblioteca do IFAM- Campus Manaus Centro

N244b Nascimento, Pedro Henrique da Cunha do.

Boas práticas de manutenção para helicópteros: um estudo de caso do helicóptero uh-601 Black Hawk / Pedro Henrique da Cunha do Nascimento. – Manaus, 2022.

58 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus Manaus Centro*, 2022.

Orientador: Prof. Me. Paulo Fernando Figueiredo Maciel.

1. Engenharia mecânica. 2. Helicópteros - manutenção. 3. Boas práticas. I. Maciel, Paulo Fernando Figueiredo. (Orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas III. Título.

CDD 621

PEDRO HENRIQUE DA CUNHA DO NASCIMENTO

BOAS PRÁTICAS DE MANUTENÇÃO PARA HELICÓPTEROS: UM ESTUDO DE CASO DO HELICÓPTERO UH-60L BLACK HAWK

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro, Departamento Acadêmico de Processos Industriais, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Paulo Fernando Figueiredo Maciel

Aprovado em 12 de setembro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

(Assinado digitalmente em 12/09/2022 20:20)

PAULO FERNANDO FIGUEIREDO MACIEL
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
Matrícula: 3280746

(Assinado digitalmente em 12/09/2022 20:16)

BENJAMIN BATISTA DE OLIVEIRA NETO
COORDENADOR
Matrícula: 1112947

(Assinado digitalmente em 13/09/2022 07:17)

RODSON DE OLIVEIRA BARROS
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
Matrícula: 1164306

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sjg.ifam.edu.br/documentos/> informando seu número: **184**, ano: **2022**, tipo: **ATA**, data de emissão: **12/09/2022** e o código de verificação: **07f8562807**

MANAUS - AM
2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, pela força e saúde que me mantêm de pé todos os dias.

Agradeço aos meus pais Maria Helena da Cunha Ferreira, Pedro Silva do Nascimento e meu irmão David José Ferreira Neto pela educação e valores ensinados.

A Ingrid dos Anjos, minha esposa, pelo apoio, amor, companheirismo e abdicção em prol da minha formação.

Agradeço aos amigos da 2º Esquadilha de Helicópteros de Emprego Geral pelo apoio, no qual destaco o 3º Sargento Danilo, muitas vezes me substituindo em missões para que pudesse me dedicar a alguma atividade do curso.

Ao Major Puiati, pela permissão para realizar a pesquisa na esquadilha de voo e ao 1º Sargento Trindade pela contribuição na minha formação como mecânico de aeronaves e na pesquisa.

Ao meu orientador, Professor Paulo Fernando Figueiredo Maciel, pela coordenação e orientação para execução do trabalho.

Aos professores do curso de engenharia mecânica do IFAM, pela dedicação na ministração das disciplinas.

Aos amigos do IFAM, Douglas, Ibsen, Eduardo, Heitor, Ivair, Luana, entre outros, pela união ao longo desses 5 anos.

“Se você estiver em perigo em qualquer parte do mundo, um avião pode sobrevoar o local e lhe jogar flores, mas um helicóptero pode pousar e salvar sua vida.”

(Igor Sikorsky)

RESUMO:

Esta pesquisa tem como objetivo estudar as boas práticas de manutenção para helicópteros destacando seu emprego na aeronave UH-60L Black Hawk da aviação do exército que opera na Amazônia. O sistema de manutenção baseia-se em práticas que são realizadas conforme determinação do fabricante e determinação da diretoria de planejamento e controle para preservação e contínua operação do helicóptero. Estes procedimentos são realizados por gerentes, inspetores e mecânicos que controlam, monitoram, orientam e executam todas as diretrizes para que a manutenção seja fidedigna ao planejamento. Entretanto, este trabalho não seria possível sem a ajuda do principal software de controle: Sismanut e o conhecimento teórico e prático dos profissionais, indispensáveis para que haja maior facilidade em realizar a manutenção. O helicóptero é bastante versátil, uma vez que permite pouso em lugares remotos, com restrição de espaço e sem apoio de aeródromo. Possuir a frota de helicópteros com a manutenção em dia é essencial para a realização de diversas atividades e para manter a utilização por muitos anos. Diante do exposto, este estudo foi realizado com abordagem qualitativa, onde foram feitas pesquisas bibliográfica, documental e pesquisa de campo, enfatizando-se a verificação da composição e funcionamento dos elementos que compõem o sistema de manutenção do UH-60L Black Hawk por meio de normais e manuais técnicos. O resultado obtido assegura que as boas práticas de manutenção garantem a preservação das aeronaves pelo 4º batalhão de aviação do exército e contribuem para a segurança dos militares que tripulam as aeronaves para diferentes fins, preservando vidas.

Palavras-Chave: Helicóptero. Planejamento. Manutenção.

ABSTRACT:

This research aims to study good maintenance practices for helicopters, highlighting your employment on the aircraft UH-60L Black Hawk aircraft of the army aviation that operates in the Amazon. The maintenance system is based on practices that are performed as determined by the manufacturer and determined by the planning and control board for the preservation and continued operation of the helicopter. These procedures are carried out by managers, inspectors and mechanics who control, monitor, guide and execute all the guidelines so that the maintenance is faithful to the planning. However, this work would not be possible without the help of the main control software: Sismanut and the theoretical and practical knowledge of the professionals, indispensable for making maintenance easier. The helicopter is quite versatile, since it allows landing in remote places, with space restrictions and without aerodrome support. Having the helicopter fleet up to date is essential to carry out various activities and to maintain its use for many years. In view of the above, this study was carried out with a qualitative approach, where bibliographic, documentary and field research were carried out, emphasizing the verification of the composition and functioning of the elements that make up the maintenance system of the UH-60L Black Hawk through of technical laws and manuals. The result obtained ensures that good maintenance practices guarantee the preservation of aircraft by the 4th aviation battalion of the army and contribute to the safety of the military who man the aircraft for different purposes, preserving lives.

Keywords: Helicopter. Planning. Maintenance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de Manutenção.....	19
Figura 2 - Fatores contribuintes para acidentes e incidentes com helicópteros.	23
Figura 3 - Rolamento nº 2 com o separador de esferas fraturado.....	24
Figura 4 - Forças que agem numa superfície aerodinâmica.	26
Figura 5 - Compensação do torque causado pelo rotor principal.	27
Figura 6 - Black Hawk na MOMEF.....	29
Figura 7 - Modelo UH-60L Black Hawk operado pelo exército.	30
Figura 8 - Sistema de manutenção – SisManut.....	37
Figura 9 - Folha registro de manutenção.	38
Figura 10 – Detecção de vazamento hidráulico durante um pré-voo.	40
Figura 11 - Materiais utilizados para uma manutenção corretiva.	41
Figura 12 - Adição de fluido Hidráulico ao Starter.	43
Figura 13 - Inspeção de 500 horas.....	44
Figura 14 - Medição de folga usando relógio comparador.	45
Figura 15 - Substituição do Spindle danificado.	45
Figura 16 - Descolamento do rolamento de elastômeros.....	46
Figura 17 - Trinca detectada durante a inspeção visual de 60 horas.....	47
Figura 18 - OS de uma inspeção 100 horas.....	48
Figura 19 - Aplicação de produto anti-corrosão.....	49
Figura 20 - Serviço de calibração do BIM.	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Referências analisadas.....	32
Tabela 2 - Distribuição e organização das atividades de manutenção.....	35
Tabela 3 - Índices de manutenção.	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC Alternating current

ANAC Agência Nacional de Aviação Civil

APU Auxiliary Power Unit

BAVEX Batalhão de Aviação do Exército

BIM Método de Inspeção da Pá

CENIPA Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos

DC Direct current

EB Exército Brasileiro

HM Helicóptero de manobra

IAC Instituto de Aviação Civil

MOMEPE Missão de Observadores Militares Equador – Peru

NARMAVEX Normas Administrativas de Referentes ao Material de Aviação do Exército

MTF Maintenance Flight Test

OS Ordem de Serviço

PMS Preventive Maintenance Services

RS Requisição de Suprimento

SHP Shaft Horse Power

SISMANUT Sistema de manutenção

TM Technical Manual

TVH Teoria de Voo do Helicóptero

UH-60L Designação militar e versão da aeronave Black Hawk

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS	14
1.2	JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO	16
2.2	DEFINIÇÃO E TIPOS DE MANUTENÇÃO	17
2.3	NOÇÕES DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO (PCM)	19
2.3.1	Fatores que influenciam na definição das estratégias de manutenção	19
2.3.2	Ordem de manutenção	20
2.3.3	Especialistas de manutenção	20
2.3.4	Planos de manutenção	21
2.3.5	Sistemas utilizados para manutenção	21
2.3.6	Índices da Manutenção	22
2.4	SEGURANÇA DE VOO E MANUTENÇÃO	22
2.6	PRINCÍPIOS DAS INSPEÇÕES EM AERONAVES	24
2.6.1	Documentação da aeronave	25
2.7	FUNDAMENTOS DE AERODINÂMICA E TEORIA DE VOO DO HELICÓPTERO	25
2.8	UH-60L BLACK HAWK (HISTÓRICO E DESCRIÇÃO)	28
2.8.1	UH-60L Black Hawk	29
3	MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1	NATUREZA DA PESQUISA	31
3.2	PROCEDIMENTOS TÉCNICOS E COLETA DE DADOS	31
3.3	PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DOS DADOS	33

4	APRESENTAÇÃO E DISCURSÃO DE RESULTADOS	34
4.1	PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO NA AVIAÇÃO DO EXÉRCITO	34
4.2	SISTEMA DE MANUTENÇÃO DA AVIAÇÃO DO EXÉRCITO - SISMANUT ...	36
4.2.1	Especialistas de manutenção de helicóptero da aviação do exército	37
4.2.2	Pasta da aeronave	38
4.3	INSPEÇÕES PRÉ E PÓS VOO	39
4.4	MANUTENÇÕES CORRETIVAS OU OCASIONAIS.....	40
4.5	MANUTENÇÕES PREVENTIVAS	42
4.5.1	Inspeções por horas	42
4.5.2	Inspeções por calendário	49
4.6	ÍNDICES DE MANUTENÇÃO	51
4.7	EMPREGO OPERACIONAL.....	53
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
	REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

O helicóptero, aeronave de asas rotativas, diferencia-se do avião, asas fixas, pela capacidade de aproximar e pousar na vertical em ambientes mais restritos e sem a necessidade de pista de pouso, sendo mais versátil. No âmbito militar, é bastante empregado pelo exército brasileiro pela capacidade de cumprir diversas missões, principalmente na região amazônica que se destaca por ser um ambiente peculiar, rico em biodiversidade e minérios, porém com matas densas e ausência de estradas, as quais inibem o transporte por meios terrestres. O helicóptero possui diversos componentes, conjuntos dinâmicos que trabalham desde o acionamento dos motores até a realização de sua parada, de forma que é indispensável a prática do planejamento, controle e execução de manutenção a fim de lhe atribuir maior vida útil. Além disso, helicópteros em boas condições de manutenção oferecem maior confiabilidade e segurança para aqueles que o tripulam.

Em sua frota de UH-60L Black Hawk, o exército brasileiro possui quatro modelos que foram entregues ao quarto batalhão de aviação do exército em 1998, sediado em Manaus – AM e estão operando há mais de 20 anos.

Diante do exposto surge a seguinte questão: Qual o impacto das boas práticas de manutenção para preservação dessas aeronaves? Como deve ser o programa de manutenção para que os helicópteros possam estar disponíveis para o seu emprego operacional? Na grande parte dos acidentes aeronáuticos, um dos maiores fatores contribuintes é em relação a correta aplicação do programa de manutenção. Partindo do suposto que a manutenção deve ser programada conforme determinam os fabricantes, a aviação do exército deve possuir uma sistemática de manutenção afim de realizar verificações constantes e diversas em sua frota, corrigindo e monitorando panes. Além disso, helicópteros passam por grandes revisões, deve haver um controle de disponibilidade para saber quando o helicóptero deverá parar sua operação em detrimento de inspeções.

1.1 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

O objetivo deste trabalho é estudar boas práticas de manutenção aplicadas a helicópteros, destacando-se o programa de manutenção e as inspeções realizadas no helicóptero UH-60L Black Hawk. Para isso serão utilizados os manuais dos fabricantes do helicóptero e os programas recomendados de manutenção da aviação do exército. Para se chegar a resultados satisfatórios e delimitar melhor a pesquisa, lista-se os seguintes objetivos específicos: Planejamento e controle da manutenção em uma organização; inspeções e verificações de rotina em helicópteros; funcionamento dos helicópteros, destacando-se o modelo em estudo; e práticas de manutenção aplicada ao UH-60L Black Hawk da aviação do exército.

1.2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

O estudo deste tema será relevante para o âmbito da pesquisa, pois trata das boas práticas de manutenção para preservação de um modelo de helicóptero e garantia de seu bom funcionamento. Tema pouco explorado, sendo necessária a exploração e apresentação de novos conteúdos. Acerca da relevância acadêmica, para geração de conhecimento, o estudo aborda uma nova discussão sobre a engenharia mecânica contida nos programas de manutenção e nos helicópteros em virtude de poucos trabalhos científicos serem produzidos acerca dessa temática que de certa forma pode elaborar discussões mais amplas e pode gerar novos estudos. Acerca da relevância social, esta pesquisa tem o intuito de confirmar o compromisso que o exército brasileiro tem com a pátria de defender sua integridade e instituições, preservando seu patrimônio. Também pode ser alcançada e veiculada por profissionais, gerentes e mecânicos, de aeronaves de asas rotativas.

O helicóptero é uma aeronave que decola na vertical por possuir um rotor principal na parte superior, que fornece propulsão. Quando o motor é acionado, o rotor principal gira, impulsionando o ar para baixo submetendo a uma força de reação para cima, denominada: Sustentação. A rotação do rotor principal tende a

girar todo o corpo do helicóptero devido ao torque das forças de propulsão. Para resolver esse problema, os helicópteros são equipados com um rotor de cauda que ao girar, empurra o ar e tem como reação o deslocamento do rotor no sentido contrário. Esse efeito anti-torque anula o giro do corpo do helicóptero, estabilizando o movimento da aeronave.

A manutenção tem como objetivo preservar e prolongar o funcionamento de componentes fabricados através de práticas e serviços prestados. Entretanto, com a evolução e a crescente demanda de bens e serviços, a manutenção não pode ser aplicada de qualquer forma e/ou a qualquer hora. É necessário planejamento para saber como realiza-la e é necessário controle para saber quando realizá-la. Tudo isso está atrelado às boas práticas, serviços bem realizados e rotinas de manutenção. Os cuidados podem ser simples, como inspeções visuais e lubrificação, ou um pouco mais complexos necessitando de ferramentas especiais, como o procedimento de calibração. Dentre os principais tipos de manutenção, destacam-se: As manutenções corretivas, que de forma geral não são planejadas, parando a máquina quando um de seus componentes falha; as manutenções preventivas, que são realizadas em intervalos estabelecidos e seus itens são verificados conforme determinado pelo fabricante; e as manutenções preditivas que são realizadas conforme o acompanhamento da falha, sabendo quando será necessário a máquina fazer uma pausa.

Portanto, pelo conhecimento acerca de um helicóptero com diversos componentes mecânicos e das boas práticas realizadas por sua sistemática de manutenção, espera-se que esse trabalho possa contribuir para o esclarecimento de dúvidas, tendo em vista que poucos acadêmicos da área de engenharia conhecem sobre as ciências e manutenções aeronáuticas. Também se espera que esse trabalho possa trazer e apresentar referências e dados que possam contribuir para novos estudos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente tópico aborda acerca dos aspectos gerais de manutenção, trata do seu histórico e evolução, define e classifica a gestão da manutenção. Além disso, traz a manutenção âmbito aviação e seu impacto na segurança de voo, bem como os princípios e procedimentos da manutenção. Por último, retrata conhecimentos específicos acerca dos helicópteros, em destaque o UH-60L Black Hawk que será objeto do estudo.

2.1 HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO

De forma geral, a manutenção sempre fez parte da história da humanidade, a partir do momento que o ser humano percebeu que simples cuidados e práticas poderiam prolongar a vida útil de suas fabricações e instrumentos de produção. Foi, porém, com a revolução industrial, século XVIII, que isso passou a ter mais força, pois a população começou a crescer e consumir mais (VIANA, 2002).

No século XX ocorreram várias revoluções tecnológicas, pouco tempo se passava desde a invenção de um produto até seu uso industrial ou comercial e sua ultrapassagem por uma nova tecnologia, resultando no alto desenvolvimento dos setores de produção. Com a 2ª guerra mundial a manutenção tornou-se necessidade absoluta e foi ganhando categorias para melhores controles e organização pois era preciso manter homens e máquinas em constante nível de operacionalidade (VIANA, 2002).

De acordo com Kardec e Nascif (2009), a evolução da manutenção é dividida em quatro gerações, a saber:

- ✓ A primeira geração: Essa geração antecede a segunda guerra mundial, onde os setores de produção possuíam poucas máquinas e as que haviam eram simples. Não havia um sistema de manutenção, o serviço era basicamente de

reparos não planejados e ocasionais e acreditava-se que a máquina falhar tratava-se de um desgaste natural.

- ✓ A segunda geração: Essa geração surge no pós-guerra, onde houve um aumento na necessidade por bens de consumo. As indústrias sofreram os efeitos da guerra no que tange a mão de obra, sendo necessário fazer uso das máquinas. Percebeu-se o efeito que o controle da vida útil das máquinas fazia na produtividade e começaram a realizar pequenas manutenções a fim de prevenirem falhas, o que aumentou o custo da manutenção.
- ✓ A terceira geração: Essa geração inicia-se na década de 70, onde foi possível perceber que uma parada para manutenção em uma máquina geraria prejuízo financeiro, atrasos nas demandas e diminuição da qualidade de um produto, podendo até fechar as portas da empresa. As indústrias passaram a aderir o uso da informática e da automação para melhor controle de falhas das máquinas, aumentando sua confiabilidade.
- ✓ A quarta geração: Essa é a geração atual, onde atuam conceitos da engenharia de manutenção destacando-se: Disponibilidade; confiabilidade; e manutenibilidade. Executa-se a prática de análise constante de falhas com o objetivo de melhorar a capacidade de operação das máquinas e interferir minimamente nos processos.

2.2 DEFINIÇÃO E TIPOS DE MANUTENÇÃO

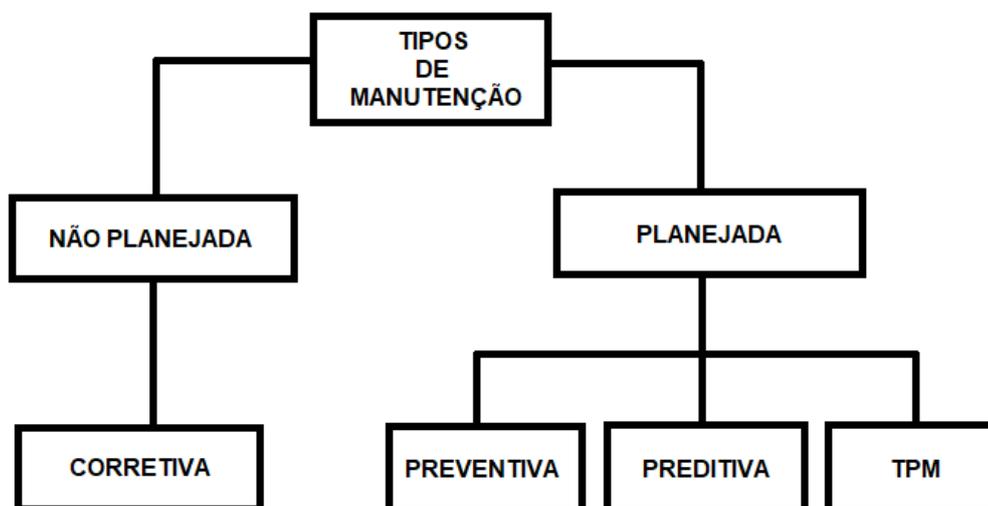
Nos últimos anos, com a globalização e a corrente procura por produtos e serviços, tornou-se evidente que uma manutenção precária, causaria sérios prejuízos como: Diminuição ou interrupção de produção e operação, atrasos nas entregas de bens e serviços e perdas financeiras. Por isso a “manutenção é um mal necessário” pois esta garante o condicionamento de determinado item ao longo dos anos. A manutenção pode ser definida como o controle da vida útil de determinado componente e garantia de seu funcionamento, através de um conjunto de práticas que visam conservar, prevenir, substituir ou restaurar (NOBERTO e AURAS, 2007).

De acordo com Viana (2002), manutenção pode ser classificada nos diferentes tipos, a saber:

- ✓ Manutenção corretiva: Como o nome insinua, visa corrigir problemas ou falhas ocorridas de forma inesperada ou ocasional para que a máquina volte a operar. Feita principalmente para evitar prejuízos financeiros, ambientais e operacionais.
- ✓ Manutenção preventiva: Consiste num conjunto de práticas que são realizadas de forma programada antes do problema acontecer visando manter o funcionamento da máquina. São realizadas de acordo com intervalos pré-estabelecidos por análises dos técnicos de manutenção, reduzindo a probabilidade da pane ocorrer.
- ✓ Manutenção preditiva: Consiste de um acompanhamento dos itens a serem inspecionados, monitorando possíveis falhas. Utiliza-se de levantamentos estatísticos e procedimentos de análise para fazer a parada da máquina no melhor momento possível, usando a peça no máximo de sua vida útil.
- ✓ Manutenção produtiva total: Viana (2002) a define como manutenção autônoma, onde alinha-se os princípios das manutenções preventivas e preditivas e o operador domina todo o conhecimento acerca de suas máquinas e realiza suas manutenções desde as mais simples até as mais complexas.

Além dessas classificações, as manutenções também recebem classificações feitas por Kardec e Nascif (2009) que consistem em: Manutenção detectiva: Onde são executadas atividades e procedimentos para detectar falhas ocultas a fim de evitar o efeito “surpresa” das máquinas; e engenharia de manutenção: Onde ele entende que sua prática é uma mudança de cultura, através da aplicação da rotina e desenvolvimento, e implantação de técnicas melhores de manutenção. A Figura 1 representa o organograma de manutenção.

Figura 1 - Tipos de Manutenção.



Fonte: Autoria própria (2022).

2.3 NOÇÕES DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO (PCM)

O setor de planejamento e controle da manutenção é responsável por gerenciar todas as atividades de manutenção de uma organização, sendo considerado uma de suas peças mais importantes. Planejando, organizando e melhorando processos a fim de garantir confiabilidade e disponibilidade aos ativos de uma empresa (VIANA, 2002).

2.3.1 Fatores que influenciam na definição das estratégias de manutenção

De acordo com Viana (2002), existem alguns fatores que devem ser levados em consideração ao se definir uma estratégia para aplicar um programa de manutenção.

- ✓ Deve-se atentar ao que o projetista da máquina diz acerca dela, quais são suas recomendações quanto a períodos de manutenção;
- ✓ Também é necessário estar alinhado a interação: Homem, meio e máquina observando exigências legais para preservação do meio ambiente e segurança no trabalho;
- ✓ Deve-se ter noção de como as falhas se apresentam, bem como do tempo requerido para execução de serviços; e
- ✓ É essencial conhecer os custos de manutenção, pois é o quanto deixará de ser produzido no momento em que a máquina para, esse custo também leva em conta os recursos humanos e os materiais empregados.

Conhecendo-se esses fatores, as estratégias de manutenção podem ser definidas conforme a necessidade: Manutenção corretiva, preventiva ou preditiva (VIANA, 2002).

2.3.2 Ordem de manutenção

A ordem de manutenção é um documento no qual é descrito o serviço de manutenção a ser realizado. Elas podem ser geradas diretamente no plano de manutenção de forma automática, levando em conta os prazos estabelecidos pelos fabricantes e a última vez em que o serviço foi realizado, ou geradas em caráter de emergência visando corrigir um problema ocasional ou urgente. Na OM estão contidas as instruções acerca da máquina na qual será realizado o serviço e o executante será responsável por preenche-la e assiná-la assegurando a execução do serviço (VIANA, 2002).

2.3.3 Especialistas de manutenção

Existe uma hierarquia na manutenção em relação aos especialistas que atuam na gestão. De acordo com Viana (2002), são esses:

- ✓ Os executantes: Profissionais que colocam, de fato, a mão na massa, realizam o processo de lubrificação, limpeza, engraxamento e apertos.
- ✓ O planejador: Responsável por gerenciar o programa de manutenção, verificando as inspeções que são de sua atribuição. Também coordena materiais e realiza o cadastramento de serviços no sistema, também decide o tempo de parada da máquina.
- ✓ O supervisor: Supervisiona a execução do trabalho, orienta os executantes, realiza a gestão de pessoal e administra os custos operacionais.
- ✓ Os engenheiros de manutenção: São empenhados em desenvolver procedimentos de melhorias baseado em estudos, análises e recomendações. Também atuam como um suporte técnico para o setor.
- ✓ O gerente de manutenção: Responde por todos os profissionais anteriores acerca de todas as funções desenvolvidas por eles, profissional extremamente habilidoso e experiente.

2.3.4 Planos de manutenção

Os planos de manutenção representam basicamente a estratégia adotada pela empresa de forma a realizar suas manutenções preventivas sem comprometer sua produção e operação. Dentro dessa estratégia estão contidos os procedimentos acerca das inspeções visuais, dos roteiros de lubrificação e das trocas de itens desgastados (VIANA, 2002).

2.3.5 Sistemas utilizados para manutenção

Conforme os processos vão sendo otimizados, torna-se mais difícil o controle devido a quantidade de dados gerados. Controles manuais e planilhas eletrônicas não são suficientes. Portanto, é indispensável o uso de softwares para controle e gestão de manutenção. Esses são capazes de processar desde dados de entrada

até relatórios finais. Também realiza o gerenciamento de informações para o qual foi programado (VIANA, 2002).

2.3.6 Índices da Manutenção

São utilizados para levantar estatísticas e dados acerca de uma malha de manutenção, podendo obter resultados satisfatórios ou não, que servirão de análise para possíveis melhorias (VIANA, 2002).

Dentre os principais, o MTBF (Tempo médio entre falhas) se destaca como um dos mais importantes, que consiste em medir o tempo entre uma falha e outra. Sendo formulado pelas horas de operação de um equipamento em razão dos números de intervenção para correção no período.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Somatório das horas de operação}}{\text{Número de intervenções}}$$

O MTTR (Tempo médio para reparo) é aplicado para se ter noção de quanto tempo uma equipe de manutenção leva para corrigir um reparo. É formulado pelo gasto de horas de indisponibilidade em razão das intervenções corretivas nesse período (VIANA, 2002).

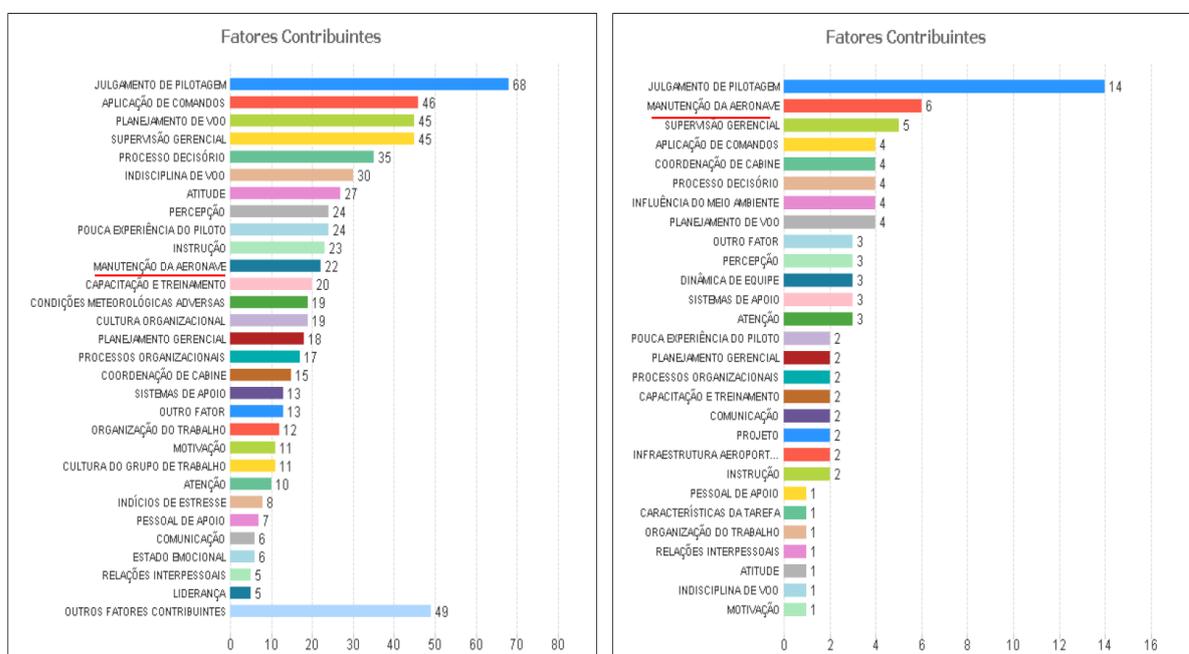
$$\text{MTTR} = \frac{\text{Somatório dos tempos de serviço}}{\text{Número de intervenções}}$$

2.4 SEGURANÇA DE VOO E MANUTENÇÃO

O Centro de investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos (CENIPA), é uma unidade da força aérea brasileira que tem como responsabilidade investigar acidentes aeronáuticos, âmbito aviação militar e civil, bem como prevenir acidentes através de análises e recomendações que possam elevar o nível de segurança na

relação entre o homem, o meio e a máquina. De acordo o sumário estatístico 2010-2019 do CENIPA (2020) acerca dos helicópteros, 22% dos acidentes ocorridos entre os anos analisados tiveram como fatores contribuintes a manutenção da aeronave. Nesse mesmo relatório a manutenção da aeronave se destacou como o segundo fator mais contribuinte para incidentes aeronáuticos. A Figura 2 apresenta os gráficos resultantes do levantamento onde devem ser observados os percentuais relativos a manutenção de aeronave.

Figura 2 - Fatores contribuintes para acidentes e incidentes com helicópteros.



Fonte: CENIPA (2020).

Em 29 de outubro de 2020 o CENIPA divulgou o relatório final A-030/CENIPA/2019 acerca do acidente aeronáutico com o helicóptero de matrícula PT-HPG, modelo 206B, ocorrido em 11 de fevereiro de 2019 no estado de São Paulo. De acordo com as análises desse relatório, um dos motivos que evidenciaram o acidente foi devido a deficientes procedimentos de manutenção no motor, uma vez que o compressor axial deveria ter passado por procedimentos de inspeção geral em 3500 horas a partir de anterior e um de seus itens checados seria o rolamento nº 2 do eixo desse compressor. Por não sido realizada a devida inspeção, o rolamento

nº 2 rompeu devido a sobrecargas e acúmulo de limalhas, o que combinou com a deficiente lubrificação que o travou, levando o eixo do compressor ao cisalhamento e iniciando o acidente. A Figura 3 apresenta o estado do rolamento nº 2 inspecionado pelo CENIPA. Esse helicóptero possuía algumas inspeções vencidas, rasuras em inspeções e outrora havia sido notificado por inspetores da ANAC e impedido de voar. Após as conclusões desse relatório, o CENIPA recomenda a observação e cumprimento dos programas de manutenção, emitidos pelos fabricantes e aprovados por órgão competente, aos operadores e organizações de manutenção a fim de evitar acidentes decorrentes de programas de manutenção deficientes.

Figura 3 - Rolamento nº 2 com o separador de esferas fraturado.



Fonte: CENIPA (2020).

2.6 PRINCÍPIOS DAS INSPEÇÕES EM AERONAVES

As inspeções consistem desde análises visuais até um exame detalhado de determinado componente, podendo chegar a sua completa desmontagem e utilização de auxílios e ferramentas complexas. Para que uma inspeção seja realizada depende de dois fatores: Reporte da tripulação ao inspetor de manutenção

acerca de alguma pane encontrada; e as inspeções programadas pelo fabricante da aeronave, para mantê-la nas melhores condições de performance (IAC, 2002).

É indiscutível que as inspeções periódicas asseguram boas condições de voo e os problemas nas aeronaves são reduzidos, à medida que defeitos são identificados e corrigidos. De acordo com o instituto de aviação civil (2002), as inspeções são realizadas de forma diferente por modelo de aeronave e da forma como prescreve o seu manual de utilização, elas podem ocorrer desde o pré-voo até verificações mais detalhadas. Acerca das inspeções preventivas, podem ser realizadas por horas voadas (horárias) por uma aeronave ou por dias corridos (sistema calendário), sendo estes controlados pelos operadores das aeronaves e os períodos sendo definidos pelos fabricantes.

2.6.1 Documentação da aeronave

De acordo com o IAC (2002), as aeronaves possuem um livro onde são realizados registros sobre o histórico da manutenção e operação, bem como o controle das manutenções preventivas. O livro da aeronave é o documento no qual são registradas todas as informações relativas a aeronave. Eles indicam a disponibilidade, as datas das inspeções e o tempo de célula e dos motores. Também fornece informações de todos os acontecimentos importantes relativos à estrutura, como por exemplo: Pintura ou pesagem, seus componentes e acessórios, apresentando, ainda, um local para o registro da execução de serviços, exigido pelos órgãos governamentais ou boletins de serviço dos fabricantes.

2.7 FUNDAMENTOS DE AERODINÂMICA E TEORIA DE VOO DO HELICÓPTERO

Antes de tratar sobre TVH é fundamental ter noções gerais de aerodinâmica, esta pode ser definida como a ciência que estuda o comportamento dos fluidos em forma de gás, de acordo com suas particularidades, e as forças que podem ser

geradas quando em contato com uma superfície sólida. Através desses conhecimentos obtidos, torna-se capaz de desenvolver componentes que melhoram a performance de um carro, um avião ou um foguete por exemplo (RODRIGUES, 2014).

A principal força que garante a permanência de uma aeronave erguida, denomina-se sustentação, esta força se contrapõe ao peso da aeronave e torna-se mais forte de acordo com os fatores que estão presentes numa superfície aerodinâmica. Dois princípios são básicos para o entendimento das forças resultantes numa superfície aerodinâmica: Princípio de Bernoulli e Terceira lei de Newton, tendo em vista que ao se deslocar sobre uma massa de ar uma parte do fluido passa pela parte de cima e outra pela parte de baixo das superfícies aerodinâmicas. De acordo com Newton para toda ação, haverá uma reação, dessa forma quando há uma mudança no ângulo de incidência da superfície, por exemplo de forma positiva, o ar é jogado para baixo, a reação desse movimento é jogar a superfície para cima. Já de acordo com Bernoulli ao mudar-se o ângulo de incidência para positivo haverá uma aceleração no deslocamento do ar que incide pela parte superior da superfície diminuindo-se a pressão estática nessa parte e aumentando na parte inferior gerando sustentação. (RODRIGUES, 2014). A Figura 4 apresenta as forças que agem em uma superfície aerodinâmica e sua resultante.

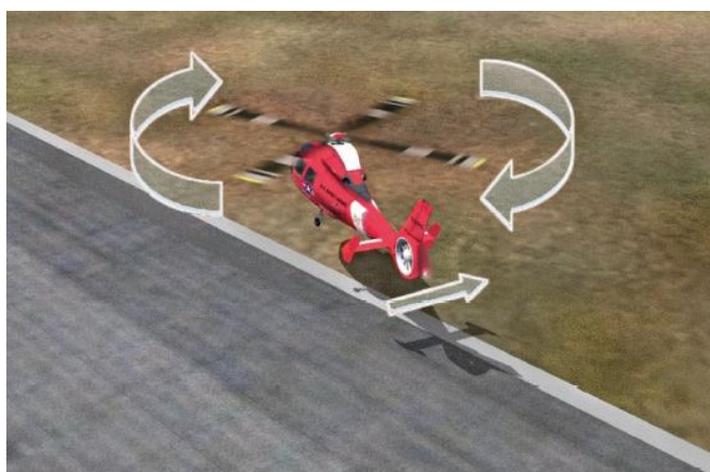
Figura 4 - Forças que agem numa superfície aerodinâmica.



Fonte: Rodrigues (2014).

Melhor que um carro por sobrevoar áreas e melhor que um avião por poder pairar sobre essas áreas, além de voar para trás e girar no ponto, o helicóptero é muito versátil, porém é um sistema mais complexo, principalmente no que tange a manutenção. As asas rotativas de um helicóptero, possuem um desenho aerodinâmico que as fazem adquirir sustentação numa mudança de ângulo (passo), esse conjunto que pode variar de três a cinco pás é denominado rotor principal. Para dar força a esse rotor, o helicóptero possui um ou dois motores que é ligado através de um sistema de transmissão ao rotor. Entretanto, ao levantar voo é necessário um componente que seja capaz de evitar que o corpo do helicóptero gire junto ao rotor, é então que se destaca a função do rotor de cauda, instalado para gerar um efeito anti-torque e estabilizar a aeronave em seu eixo vertical, havendo uma árvore de transmissão que transmita potência para o referido rotor (MACHADO e REISDORFER, 2011). A Figura 5 apresenta a compensação de torque do rotor de cauda na estrutura do helicóptero.

Figura 5 - Compensação do torque causado pelo rotor principal.



Fonte: Howstuffworks, 2011. Adaptada por Machado e Reisdorfer (2011).

Para controlar um helicóptero e seus principais eixos o piloto dispõe do manche cíclico que o controla no seu eixo de rolagem e arfagem, para controlar a demanda de potência afim de subir e descer a aeronave, o piloto dispõe do coletivo e para controle através do seu eixo de guinada, os pilotos utilizam os pedais,

responsáveis pela variação de passo do rotor de cauda (MACHADO e REISDORFER, 2011).

2.8 UH-60L BLACK HAWK (HISTÓRICO E DESCRIÇÃO)

Sabe-se que o helicóptero possui uma história de desenvolvimento desde de seu primeiro protótipo até os modelos dispostos atualmente, entretanto, para conhecimento da pesquisa a ser realizada é importante conhecer a história do helicóptero em estudo e como o mesmo chegou até a aviação do exército.

Na guerra do Vietnã havia um helicóptero denominado uh-1 huey, esse foi amplamente utilizado como plataforma de ataque, transporte de tropas e resgate na frente de combate. Porém, de um total de 7.000 uh-1 utilizados, 2.500 foram abatidos resultando em 2.202 pilotos mortos. Muitos acidentes aconteciam somente pelo impacto da aeronave ao tocar o solo. Desde então o exército americano começou a pensar em um substituto para o uh-1, pois era lento, com apenas duas pás e não foi projetado para aterragens de emergência (SPÍNDOLA, 2017).

Dentre as principais fabricantes estavam a Boeing e a Sikorsky na concorrência que apresentaram seus projetos. O sikorsky yuh-60a foi escolhido como o vencedor do programa e desde então a Sikorsky desenvolveu várias versões da aeronave, inclusive o modelo UH-60L (MENESES, 2020).

Nos anos 90, houve a momep que tinha como objetivo apaziguar o conflito que havia na demarcação de fronteiras entre os países Equador e Peru. Dentre os países que buscavam a paz, entre os beligerantes, estavam o Brasil, a Argentina, o Chile e os Estados Unidos, por isso, enviaram observadores militares para manutenção da paz na região (DUARTE, 2017).

Na frota que fazia parte da missão americana, estavam 4 aeronaves black hawk que após o fim da missão e acordos internacionais chegaram ao 4 BAvEx em 1999 (SOUZA, 2018). A Figura 6 apresenta um Black Hawk do exército participando da momep.

Figura 6 - Black Hawk na MOMEPE.



Fonte: Spíndola (2017).

2.8.1 UH-60L Black Hawk

O black hawk é um helicóptero fabricado pela Sikorsky a qual o nomeia como S-70A, foi projetado para aplicação militar e designado como UH-60. Existem várias versões e modelos, sendo operados em diversos países. As missões primárias do helicóptero são o resgate em combate, o transporte de tropas, o transporte aéreo logístico, a evacuação aero médica e o reconhecimento aéreo. A tripulação mínima consiste de dois pilotos e um mecânico. Este helicóptero possui um rotor principal com quatro pás feitas de titânio e fibra de vidro totalmente articulado através de elastômeros. O rotor de cauda consiste de duas bipás feitas de material composto. A função principal do rotor de cauda é agir como anti-torque do rotor principal, mas, devido à sua inclinação, é responsável por cerca de 2,5% da sustentação da aeronave no pairado. Sua fuselagem é do tipo semimonocoque, sendo reforçadas com longarinas longitudinais. O sistema de propulsão é composto por dois motores T700-GE-701C operando em paralelo com 1.800 SHP de potência intermediária, podendo chegar a 1940 SHP em emergência por até 2,5 minutos. A transmissão, responsável pela redução da rotação, mudança de direção e transmissão de

velocidades, consiste da caixa principal de alta durabilidade, da caixa de engrenagens intermediária e da caixa de engrenagens de cauda com eixos de interconexão. Existem três sistemas hidráulicos que operam em paralelo, sendo dois sistemas principais acionados pela transmissão e um sistema de reserva acionado pela bomba hidráulica de backup. Da mesma forma, a energia elétrica da aeronave é fornecida por dois geradores AC principais e pelo gerador AC do APU, que é usado como fonte de energia primária para operações no solo e fonte de energia de reserva quando em voo, no caso de falha dos dois geradores principais. A energia DC da aeronave é fornecida por dois conversores. A bateria serve como sistema de backup de energia DC e é utilizada para a partida do APU. O trem de pouso não retrátil consiste do trem de pouso principal e um trem de pouso traseiro, bequilha, na cauda. Os kits de equipamentos consistem dos tanques externos e internos com autonomia chegando a cerca de 4 horas e 50 minutos de voo, guincho para deslocamento de cargas e macas para evacuação aero médica (FLIGHT SAFETY, 2009). A Figura 7 apresenta um dos exemplares operados pelo EB.

Figura 7 - Modelo UH-60L Black Hawk operado pelo exército.



Fonte: Aatoria própria (2022).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de pesquisa apresentará os meios utilizados para resolver os objetivos do tema. Um contato estabelecido com a aviação do exército, uma de suas aeronaves, o UH-60L Black Hawk, e sua sistemática de manutenção, explorando referências bibliográficas e manuais técnicos dos fabricantes.

3.1 NATUREZA DA PESQUISA

Quanto a natureza, foi realizada de forma exploratória. De acordo com Gil (2008), esse nível de pesquisa tem como objetivo esclarecer assuntos que são de pouco conhecimento acadêmico, devido ao tema pouco explorado e que possam gerar novas pesquisas. Consiste de levantamentos bibliográficos e documental, entrevistas não padronizadas e estudos de caso. Para responder aos objetivos do estudo, a pesquisa bibliográfica reuniu assuntos das seguintes categorias de análise: Manutenção do helicóptero UH-60L Black Hawk; e planejamento e controle da Manutenção. A Pesquisa identificou a aplicação da manutenção, demonstrando sua eficiência, buscando o máximo de informações sobre as práticas de manutenção na aeronave.

3.2 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS E COLETA DE DADOS

Os procedimentos técnicos foram: Análise bibliográfica e documental; Pesquisa de campo e estudo de caso. De acordo com Gil (2008), a pesquisa bibliográfica é feita explorando-se fontes de conteúdo já elaborados e a documental é semelhante, porém o conteúdo desse material ainda não passou por uma tratativa analítica. A pesquisa de campo é constituída de um contato estabelecido com pessoas e realização de entrevistas, bem como o acompanhamento de atividades

tendo como objetivos obter informações sobre o que se pretende explicar. O estudo de caso é realizado explorando-se as variáveis de determinado fenômeno, fazendo descrições e explicações.

Os materiais analisados foram:

Tabela 1 - Referências analisadas.

BIBLIOGRÁFICOS		
TIPO	CATEGORIA	AUTORES
Livros	Engenharia, Manutenção e Ensino	Kardec e Nascif (2009); Viana (2002); Rodrigues (2014). FlightSafety (2009).
Apostilas	Manutenção e Helicópteros	Instituto de aviação civil (2002); Noberto e Auras (2007); Machado e Reisdorfer (2011).
Trabalho acadêmico e Artigos científicos	Logística e segurança de voo	Souza (2018); CENIPA (2020).
DOCUMENTAL		
TIPO	CATEGORIA	AUTORES
Manual Técnico	Manutenção, Ensino e Operação	Sikorsky Aircraft (2015-2017).
Norma Administrativa (NARMAvEx)	Planejamento e controle	Diretoria de material de aviação do exército (2009).

Fonte: Autoria própria (2022).

A pesquisa de campo para obter acesso aos helicópteros e sua sistemática de manutenção foi realizada através da visita a segunda esquadrilha de helicópteros de emprego geral (2º EHEG) do quarto batalhão de aviação do exército (4º BAvEx), localizado em: Avenida Presidente Kennedy, S/N, Vila Buriti – Manaus – AM.

O detalhamento da utilização das fontes de informação apresentadas acima dar-se-á pelos seguintes meios: Bibliográfica: Livros, apostilas, publicações técnicas e sites sobre manutenção industrial e aeronáutica que descrevem a história e os conhecimentos técnicos relativos a manutenção e helicópteros, o que possibilitou a

explicação, de uma maneira geral, sobre a sistemática de manutenção aplicada em helicópteros. Documental: Consulta aos manuais técnicos referentes ao UH-60L Black Hawk que permitiu o descrever em detalhes e consulta da norma que rege o planejamento e controle da manutenção na aviação do exército. Também foram utilizados os manuais de treinamento para mecânicos, elaborados pelo fabricante da aeronave. Essa consulta possibilitou, em conjunto com a visita ao hangar da esquadrilha, a visualização de todos os sistemas que compõem a aeronave, uma vez que essa encontrava-se com componentes desmontados e em processo de manutenção. Foi realizada uma entrevista exploratória com o 1º Sargento Hilquias Trindade de Oliveira, inspetor de manutenção da linha Black Hawk do 4º BAvEx a fim de obter informações acerca da gerência das revisões. A coleta dessas fontes permitiu entender a aplicação da manutenção em helicópteros em destaque o UH-60L Black Hawk da aviação do exército.

3.3 PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados foi feita de forma qualitativa conforme o tema e objetivo do trabalho. De acordo com Gil (2002), esse método de tratamento dos dados é mais simples. A redação do resultado é realizada de acordo com os conceitos de quem o mensurou.

4 APRESENTAÇÃO E DISCURSÃO DE RESULTADOS

Este tópico apresentará os resultados obtidos após a verificação e o estudo dos manuais técnicos, normas administrativas e procedimentos relativos a manutenção do UH-60L Black Hawk pelo 4º BAvEx e seus especialistas, bem como os índices de manutenção e a capacidade operativa dessas aeronaves num determinado período de tempo.

4.1 PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO NA AVIAÇÃO DO EXÉRCITO

Procedimentos acerca da gerência de manutenção e suprimentos da aviação do exército podem ser observados nas normas administrativas referentes ao material de aviação do exército (NARMAvEx), emitidas por sua diretoria. De acordo com o título III das NARMAvEx (2009), que trata sobre manutenção, a gerência das tarefas de manutenção é fundamental para garantir qualidade e confiabilidade na segurança de voo. O planejamento é definido pelo escalão superior baseado em metas a serem cumpridas e disponibilidades das aeronaves a fim de manter seu esforço aéreo anual, para isso divulgam o programa interno de trabalho (PIT). Esse planejamento de manutenção leva em consideração: O ciclo de vida dos componentes; os recursos humanos e materiais disponíveis; as condições dos hangares de manutenção; e a documentação técnica emitida pelos fabricantes. A manutenção é dividida por níveis e esses são integrados de forma a atingirem as metas preestabelecidas, os intervalos de inspeções são contados desde a fabricação dos componentes da aeronave e são controlados via sistema informatizado. Conforme as NARMAvEx (2009), para o UH-60L Black Hawk a manutenção é dividida da seguinte forma:

Tabela 2 - Distribuição e organização das atividades de manutenção.

MANUTENÇÃO		TIPO DE MANUTENÇÃO	EXECUTANTE	INSPEÇÕES
ESCALÃO	NÍVEL			
1º	1º	- Ações de manutenção de pista; inspeções pré, inter e pós-voo; controles visuais de bom funcionamento; e limpeza e reajustes simples.	Mecânicos da 2ª esquadrilha de helicópteros de emprego geral.	- 10 horas/14 dias; 30 horas; 60 horas; 150 horas; 90 dias; e 120 dias.
2º		- Ações de manutenção de hangar com duração de menos de duas semanas; inspeções periódicas complementares; testes, reajustes e troca de componentes instalados nas aeronaves; e pesquisa de pane de baixa complexidade.	Mecânicos da esquadrilha de manutenção e suprimento.	- 100 horas; 250 horas; 6 meses; e 12 meses.
3º	2º	- Ações de manutenção de hangar com média de duração entre 3 semanas e 3 meses; ações de manutenção simples em oficina; inspeções periódicas básicas; reparos simples em componentes; reparos estruturais simples; serviços de pintura; e pesquisa de panes na aeronave.		- 500 horas.

Fonte: NARMAvEX (2009).

Ainda conforme as NARMAvEX (2009), existe o 4º escalão de manutenção, porém esse é destinado aos fabricantes das aeronaves e componentes.

4.2 SISTEMA DE MANUTENÇÃO DA AVIAÇÃO DO EXÉRCITO - SISMANUT

De acordo com as NARMAvEx (2009), o controle da manutenção deve ser realizado por sistemas informatizados. Para isso, a aviação do exército realiza esse controle por meio de seu sistema de manutenção – SisManut, nesse sistema é possível consultar e atualizar a disponibilidade das aeronaves. É um sistema interno para consulta dos aeronavegantes (pilotos, gerentes, inspetores e mecânicos). Esse sistema é alimentado com a ficha de voo e a ficha de manutenção que o mecânico de voo preenche a cada acionamento, assim o sistema faz o envelhecimento dos componentes da aeronave e gerencia suas revisões. Mediante o vencimento de uma inspeção, o posto técnico emite uma OS que chega até a linha de manutenção e é executada pelos mecânicos de acordo com o manual ao qual o serviço se destina (informação verbal)¹. A Figura 8 apresenta uma página do sistema de controle de inspeções, sendo as vencidas nas cores vermelhas e as em dia nas cores azuis. Nota-se que além das cores existe o saldo de horas, tanto para vencer a inspeção quanto horas passadas após o vencimento.

¹ Informação fornecida pelo 1º Sargento Hilquias Trindade de Oliveira, inspetor de manutenção HM-2 Black Hawk do 4º BAvEx, em junho de 2022.

Figura 8 - Sistema de manutenção – SisManut.

The screenshot displays the 'Sistema Integrado de Aviação do Exército (SISAVEK)' interface. The main window is titled 'Controle de Disponibilidade da Frota' and contains three data tables for different aircraft types: GTM-1, GTM-2, and APU. Each table has columns for 'Insp' (Inspection type), 'Cartão de menor disponibilidade' (Availability card), 'Dspn' (Depreciation value), and 'OS' (Operational status). The depreciation values are color-coded: red for negative values and blue for positive values. Some rows indicate 'Não possui cartões aplicáveis' (Does not have applicable cards).

Insp	Cartão de menor disponibilidade	Dspn	OS
14D	MET TM 1-2840-248-23 § 1-61	-70,60	✓
42D	TM 1-70-36-23 § 1-5-2.1	-43,60	✓
90D	MET TM 1-70-36-23 § 1-7-20.2.5	-59,60	✓
120D	TM 1-70-36-23 § 1-7-21 e 1-4-16	-4,60	✓
10H	MET TM 1-70-36-23 § 1-5-9	6,10	✓
12H	Não possui cartões aplicáveis		
30H	TM 1-70-36-23 § 1-7-11.9	3,10	✓
60H	MET BT Nr 045 Item 4	1,60	✓
100H	TM 1-70-36-23 § 1-7-14.9	8,30	✓
150H	MET TM 1-70-36-23 § 1-7-15.1	111,20	✓
250H	MET TM 1-70-36-23 § 1-7-16	7,80	✓
500H	MET TM 1-70-36-23 § 1-7-23.5	11,10	✓
1000H	MET TM 1-70-36-23 § 1-7-17.2	511,10	✓
6M	Outros TM 1-70-36-23 § 1-7-12	-57,60	✓
12M	MET TM 1-70-36-23 § 1-7-23.5	-87,60	✓
36M	MET TM 1-70-36-23 § 1-7-17.2	268,40	✓
60M	MET TM 1-70-36-23 § 1-7-54	731,40	✓

Fonte: Autoria própria (2022).

4.2.1 Especialistas de manutenção de helicóptero da aviação do exército

O sistema de manutenção da aviação do exército possui os seguintes profissionais:

- ✓ O Gerente: Podendo ser especialista em: Suprimento; manutenção; ou aviônicos (sistema eletroeletrônico das aeronaves). É responsável pelo planejamento e controle das manutenções, pelo suporte logístico e coordenação de material. Responde ao comando do esquadrão quanto a disponibilidade das aeronaves e suas necessidades.
- ✓ O Inspetor: Profissional de ampla experiência. É responsável pela coordenação e assessoramento de equipes e fiscalização das atividades de manutenção executadas.

4.3 INSPEÇÕES PRÉ E PÓS VOO

Essas inspeções são realizadas de acordo com o manual feito para o operador da aeronave pelo fabricante. De acordo com a seção II do capítulo 8 deste manual que tem como indicativo alfanumérico: TM_1-70-36-10, as inspeções pré-voo são verificações ao redor do helicóptero afim de checar se todos os componentes estão em condições operacionais e incluem todos os passos que são essenciais para a segurança do helicóptero, não sendo uma inspeção detalhada. Os itens descritos no manual são apenas uma sequência recomendada e não precisam ser memorizados ou realizados em ordem. A abrangência do pré-voo pode ser feita de acordo com os critérios da tripulação. Antes de realizar o pré-voo deve ser consultada a documentação da aeronave e serem retirados todos seus dispositivos de fixação e amarração, bem como as coberturas de entradas e saídas de ar e pontos de tomada de pressão atmosférica. Uma amostra de combustível deve ser coletada afim de verificar se não há contaminação do mesmo.

A seção II do capítulo 8 do TM_1-70-36-10 divide o helicóptero em 8 seções e destaca o que deve ser verificado em cada seção, a saber:

- ✓ Área 1 – Seção do nariz;
- ✓ Área 2 – Lado esquerdo da cabine dos pilotos;
- ✓ Área 3 – Parte de cima da cabine;
- ✓ Área 4 – Interior da cabine de passageiros;
- ✓ Área 5 – Lado esquerdo da fuselagem;
- ✓ Área 6 – Cone e rotor de cauda;
- ✓ Área 7 – Lado direito da fuselagem;
- ✓ Área 8 – Lado direito da cabine dos pilotos;

Após a realização do voo a seção II do capítulo 8 do TM_1-70-36-10, determina que sejam realizadas verificações ao longo do helicóptero buscando vazamentos de fluidos, danos à estrutura e verificação do nível de componentes

hidráulicos. Após isso, os dispositivos de cobertura, fixação e amarração são colocados e a aeronave deve ser estacionada. A Figura 10 apresenta um vazamento hidráulico localizado na linha de pressão da bomba hidráulica nº 2. Essa observação foi possível devido ao cumprimento do item “c” da área 3 que manda verificar o sistema de controle de voo.

Figura 10 – Detecção de vazamento hidráulico durante um pré-voos.



Fonte: Autoria própria (2022).

4.4 MANUTENÇÕES CORRETIVAS OU OCASIONAIS

As manutenções corretivas são realizadas de acordo com capítulos específicos do manual de manutenção para aquele componente. Ao realizar um pré-voos ou inspeção na aeronave pode ser constatado algum componente avariado, com mau funcionamento. Esta pane é informada ao inspetor, que abre uma OS, documento indicando a necessidade da troca, e realiza uma RS, se necessário, para obter o suprimento. De posse da OS e do item a ser trocado, o mecânico realiza a consulta do manual técnico acerca da realização do serviço e de posse do

ferramental separado realiza o mesmo (informação verbal)². A Figura 11 mostra o material que será utilizado para troca do componente avariado da caixa de transmissão principal, trata-se da sua vareta de medição do nível hidráulico, bem como as ferramentas e os EPI's que o mecânico irá utilizar, e o cartão 6-4-22 do capítulo 6 do manual de manutenção que trata acerca do sistema de transmissão de potência.

Figura 11 - Materiais utilizados para uma manutenção corretiva.



Fonte: Autoria própria (2022).

² Informação fornecida pelo 1º Sargento Hilquias Trindade de Oliveira, inspetor de manutenção HM-2 Black Hawk do 4º BAvEx, em junho de 2022.

4.5 MANUTENÇÕES PREVENTIVAS

As manutenções preventivas são realizadas em formato de inspeções visuais a fim de localizar anormalidade, roteiros de lubrificação, serviços de limpeza e calibração. São aplicadas de acordo com o capítulo 1 do manual de manutenção de designação TM_1-70-36-23, com exceção das inspeções de 10 horas/ 14 dias e 500 horas que são realizadas de acordo com os manuais de serviços de prevenção TM_1-70-36-PMS-1 e TM_1-70-36-PMS-2, respectivamente. Inspeções detalhadas acerca dos motores e unidade auxiliar de potência são descritas conforme manuais específicos de acordo com seus fabricantes.

4.5.1 Inspeções por horas

Constantemente são realizadas essas inspeções e todas podem ser bem detalhadas acerca de seus procedimentos, com objetividade será resumido os procedimentos que são realizados em cada inspeção. De forma que seja possível compreender que o helicóptero passa por constantes revisões em todos os seus sistemas e componentes.

- ✓ De acordo com o TM_1-70-36-PMS-1, a cada 10 horas ou 14 dias, o que atingir primeiro, é realizada uma inspeção simples semelhante ao pré-voo, nessa inspeção são verificadas as condições dos principais sistemas da aeronave: Estrutura; Componentes elétricos; Luzes externas e de cabine; Instrumentos; Reservatórios e tubulações de combustível; Caixas e eixos de transmissão de potência; Sistema de proteção de fogo e emergência; Motores; Sistema de geração hidráulica; Cadeia de controle de voo; Rotores principal e de cauda; Trens de pouso; Motor de potência auxiliar. Nesse manual existem procedimentos que são feitos a cada 30 horas ou 42 dias, ou seja, a cada 3 inspeções de 10/14. A Figura 12 apresenta um procedimento de inspeção 10 horas/ 14 dias onde é adicionado fluido hidráulico ao sistema de partida pneumática do motor. Esse procedimento está de acordo com o

item “6.33” do manual técnico que manda inspecionar o motor starter quanto a nível hidráulico e vazamentos.

Figura 12 - Adição de fluido Hidráulico ao Starter.



Fonte: Autoria própria (2022).

É importante atentar para o tipo de lubrificante que está sendo adicionado a um componente. No caso acima, a designação do fluido utilizado está de acordo com o cartão 1-3-7 que trata acerca do serviço no starter e destaca o item 205 do apêndice D que informa o óleo de lubrificação MIL-PRF-23699.

- ✓ De acordo com o TM_1-70-36-PMS-2, a cada 500 horas todos os componentes do helicóptero são desmontados, inspecionados e/ou substituídos. Essa inspeção é uma revisão geral que deixa a aeronave indisponível por meses. Após esse procedimento a aeronave passa por um recebimento realizado por uma tripulação de voo que realiza cheques de acordo com um manual chamado MTF. A Figura 13 mostra uma inspeção de 500 horas sendo realizada por equipes de manutenção de 3º escalão.

Figura 13 - Inspeção de 500 horas.



Fonte: Autoria própria.

As próximas inspeções são realizadas de acordo com o capítulo 1 do manual técnico TM_1-70-36-23 e são separadas em cartões de trabalho que possui uma nomenclatura de três números que facilitam sua localização no manual.

- ✓ De acordo com o cartão 1-7-11, a cada 30 horas são inspecionados os itens da cabeça do rotor principal: As tesouras rotativas, quanto a folgas no rolamento. A Figura 14 apresenta um procedimento de verificação da folga da tesoura usando um relógio comparador, este procedimento é realizado devido a determinação do item “4” do cartão. É importante utilizar os instrumentos corretos para medição e atentar para a data de calibração do mesmo. Também são inspecionados os rolamentos de elastômeros quanto a descolamentos na estrutura. A Figura 15 apresenta um procedimento de substituição do rolamento de elastômero denominado spindle. Essa manutenção foi feita após a verificação de seu descolamento numa inspeção de 30 horas onde consta no item “5” a inspeção desse componente conforme

a Figura 16. Também são inspecionados os dampers, dispositivos de amortecimento da pá, quanto a vazamento hidráulico; e realizada a lubrificação dos amortecedores de vibração conhecidos como bifilares.

Figura 14 - Medição de folga usando relógio comparador.



Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 15 - Substituição do Spindle danificado.



Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 16 - Descolamento do rolamento de elastômeros.



Fonte: A autoria própria (2022).

- ✓ De acordo com o cartão 1-7-13, a cada 60 horas realiza-se o cheque da estrutura da pá do rotor de cauda que suporta a variação de passo da pá realizando o giro da aeronave em seu eixo vertical. Também existe um boletim técnico de número 05 que ordena a inspeção da estrutura inferior do cone de cauda quanto ao aparecimento de trincas e anormalidades. A Figura 17 apresenta uma trinca encontrada na parte inferior do cone de cauda durante uma inspeção de 60 horas, essa estrutura passará por reparos a fim de evitar a progressão dessa trinca.

Figura 17 - Trinca detectada durante a inspeção visual de 60 horas.



Fonte: A autoria própria (2022).

- ✓ De acordo com o cartão 1-7-14, a cada 100 horas, são torquedados os parafusos das hastes do rotor principal, responsáveis pela variação de passo das pás. Também se inspeciona a suspensão da transmissão principal, quanto ao aparecimento de trincas. O sistema de freio rotor é inspecionado através da medição das sapatas. É realizada a inspeção do acoplamento do motor com o módulo de entrada da transmissão principal. Também são checados os dispositivos de controle de temperatura e detectores de limalha das caixas de transmissão. A Figura 18 apresenta um extrato de uma OS de 100 horas onde se destacam o tipo da inspeção e com quantas horas deve ser cumprida.

Figura 18 - OS de uma inspeção 100 horas.

SITUAÇÃO/MOTIVO/ANEXOS/EQUIPAMENTOS:						
Situação	2		Motivo: Insp Horária			
Anexos:	1	2	3	4	5 Nenhum	
1	Livro de bordo	2	Cinto Registro	3	Ficha	4
5	Nenhum					
Tp Sv	Posição	MPN	Nomenclatura	SN	Un	Period
insp	00-05-00/01 - Célula S70	00-05	CELULA BLACK HAWK S70	702392	HDV	100
Data Inicio Sv:			Data Término Sv:			
TSN de início:			TSN de Término:			
MODIFICAÇÕES/BTA/SB: / POTENCIAL						
REFERÊNCIAS / MANUAIS / INSTRUÇÕES: Ref:						
DESCRIÇÃO DETALHADA: 01- Realizar a inspecao de 100 horas 02- Cumprir com o tsn 4033.7						
Tipo	Insp	Tipo	Insp	Tipo	Insp	
OS/PS				PG/WO		
OS/FP		LV ANV		FM ANV		MOD ANV
COD 1		LV MOTOR		FM MOTOR		MÓD MOTOR
COD 2		LV GAN/GUI		FM GAN/GUI		VÁGO
COD 3		LV BAT		REMINSTL		INSPEÇÕES
SI\$MANUT		LV ARMT		PCPH		PAEO
EXPEDIENTE				PCVA		PCVM
Inspetor:	Data:	Gerente Linha:	Data:	P Tec:	Data:	

Fonte: Autoria própria (2022).

- ✓ De acordo com o cartão 1-7-15, a cada 150 horas inspeciona-se a seção 1 da árvore de transmissão da caixa de transmissão principal para a caixa de transmissão traseira afim de verificar trincas. Também é feita a inspeção do dispositivo de sacrifício, que evita o desgaste do trilho da porta da cabine de passageiros por ela mesma, quanto a trincas e corrosão.
- ✓ De acordo com o cartão 1-7-16, a cada 250 horas é desmontado e inspecionado o conjunto estabilizador responsável pela movimentação da aeronave em seu eixo de arfagem.

4.5.2 Inspeções por calendário

As inspeções calendáricas também estão contidas no capítulo 1 do TM_1-70-36-23, com exceção da inspeção de 10 horas/ 14 dias que é realizada de acordo com o TM_1-70-36-PMS-1.

- ✓ De acordo com o cartão 1-7-20, a cada 90 dias é realizado um procedimento de combate e prevenção da corrosão, onde são inspecionados e lubrificados os principais componentes metálicos da aeronave, como parafusos e travas. Também é realizado uma inspeção nas conexões elétricas afim de proteger da corrosão. Essa inspeção é realizada em todas as seções do helicóptero e o cartão orienta o mecânico acerca de quais itens devem ser checados. A Figura 19 apresenta a aplicação do produto inibidor de corrosão no rolamento da dobradiça da porta da cabine de acordo com o item “a” na área 1.

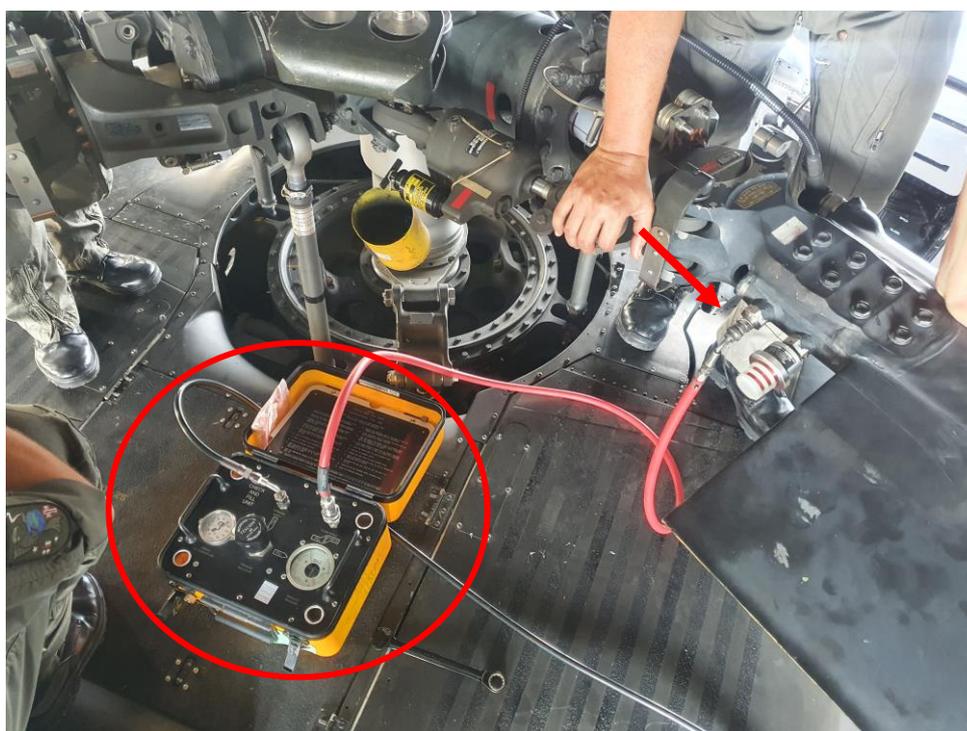
Figura 19 - Aplicação de produto anti-corrosão.



Fonte: Autoria própria (2022).

- ✓ De acordo com o cartão 1-7-21, a cada 120 dias é realizada a manutenção do sistema que tem como função o suporte e a ejeção dos tanques externos. É feita a verificação de sua condição física e limpeza, para isso o mecânico precisa desmontar o rack de acordo com os procedimentos descritos no cartão 1-4-16.
- ✓ De acordo com o cartão 1-7-22, a cada 6 meses lubrifica-se os rolamentos do trem de pouso traseiro conhecido como bequilha. Também se realiza o abastecimento do sistema de verificação de trincas nas pás do rotor principal, esta possui nitrogênio em sua raiz para que se houver trincas, sejam notadas pela tripulação através de um dispositivo conhecido como BIM (método de inspeção da pá). A Figura 20 apresenta a maleta utilizada para aferição e calibração da pressão no BIM. Este procedimento encontra-se descrito no cartão 1-3-27 que trata sobre o serviço no BIM. É realizado também a pesagem dos extintores portáteis de incêndio e feita a verificação do sistema de proteção balística da cabine de pilotagem.

Figura 20 - Serviço de calibração do BIM.



Fonte: Autoria própria (2022).

- ✓ De acordo com o cartão 1-7-23, a cada 12 meses são torqueados todos os principais parafusos dos comandos de voo. São inspecionadas as pás do rotor principal quanto a descolamentos em sua estrutura. Também é feita a inspeção nos servos mecânicos, responsáveis por fornecer potência hidráulica, auxiliando a pilotagem, essa inspeção busca localizar vazamentos. Alguns instrumentos também são calibrados como bússola, dispositivo de tomada de pressão estática e dinâmica (tubos de pitot) e medidor de temperatura externa. No motor existe uma carenagem que além de o proteger, também serve de plataforma de manutenção, capaz de suportar até dois mecânicos, essa plataforma também é inspecionada quanto a condição física de seu suporte.

4.6 ÍNDICES DE MANUTENÇÃO

Conforme informações constantes no sistema de manutenção da aviação do exército é possível medir os índices MTBF e MTTR dos principais componentes que quando apresentam mau funcionamento fazem com que a aeronave esteja indisponível para o voo até que as panes apresentadas sejam resolvidas. De posse desses índices também é possível verificar a disponibilidade dos componentes através da relação do MTBF em razão dele mesmo somado ao MTTR. A alta disponibilidade dos componentes deve-se a quantidade de inspeções periódicas em que muitas vezes é realizada a substituição do componente antes dele apresentar falha, tendo em vista a segurança do voo, o que também se apresenta como justificativa para a disparidade no tempo de operação. É importante atentar para as horas utilizadas na aviação onde 0.1 horas equivale a 6 minutos. A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos mediante coleta de dados do sistema de manutenção e aplicação das fórmulas apresentadas para medição dos índices.

Tabela 3 - Índices de manutenção.

COMPONENTE	MOTIVO DA FALHA	OPERAÇÃO (h)	DURAÇÃO DO REPARO (h)	Nº DE INTERVENÇÕES	MTBF (h)	MTTR (h)	DISPONIBILIDADE (%)
BOMBA HIDRÁULICA	VAZAMENTO DE FLUIDO HIDRÁULICO	147.6	1.0	4	301.3	3.3	98,91
	VAZAMENTO DE FLUIDO HIDRÁULICO	113.3	2.1				
	VAZAMENTO DE FLUIDO HIDRÁULICO	859.6	5.0				
	VAZAMENTO DE FLUIDO HIDRÁULICO	84.6	5.0				
TESOURA ROTATIVA	FOLGA NO ROLAMENTO	51.6	1.0	5	550.2	1.8	99,67
	FOLGA NO ROLAMENTO	289	2.0				
	FOLGA NO ROLAMENTO	933.2	3.0				
	FOLGA NO ROLAMENTO	3.4	2.0				
	FOLGA NO ROLAMENTO	1474	1.0				
SERVO MECÂNICO PRINCIPAL	VAZAMENTO DE FLUIDO HIDRÁULICO	799.3	3.4	3	718.1	2.8	99,61
	VAZAMENTO DE FLUIDO HIDRÁULICO	1260	2.0				
	VAZAMENTO DE FLUIDO HIDRÁULICO	95	3.0				
MOTOR DE PARTIDA PNEUMÁTICA	EIXO DE ACIONAMENTO O CISALHADO	348.4	2.0	2	431.6	1.05	99.75

	VAZAMENTO INTERNO DE ÓLEO	514.8	0.1				
MECANISMO DE TRAVA DO TREM DE POUSO TRASEIRO	PINO QUEBRADO	1160	1.0	5	487.8	1.36	99.72
	PINO TRAVADO	231.6	0.3				
	PINO TRAVADO	119.4	1.5				
	PINO TRAVADO	834.1	2.0				
	PINO TRAVADO	93.9	2.0				

Fonte: Autoria própria (2022).

4.7 EMPREGO OPERACIONAL

As aeronaves que compõem a frota de Black Hawk do 4º BAvEx estão operando há mais de 20 anos em diversos fins. De acordo com Souza (2018), entre os anos de 2010 e 2015 as quatro aeronaves voaram mais de 3354 horas, com uma média anual da frota de cerca de 559 horas e média de mais de 139 horas anuais por modelo. Essas horas foram diluídas nas principais missões do batalhão que envolveram formação e reabilitação de recursos humanos, pilotos e mecânicos. Apoio ao comando militar da Amazônia e do Norte, apoio aos órgãos de segurança pública e operações conjuntas com as demais forças armadas. Não há nenhum registro de acidentes fatais na aviação do exército envolvendo essa aeronave. Tudo isso é resultado também de uma boa logística, aplicação de boas práticas e correta gestão do programa de manutenção, demonstrando sua eficiência.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As boas práticas de manutenção iniciam-se no planejamento e gestão, onde busca-se cumprir o plano de metas alinhado aos recursos disponíveis, sem abrir mão da segurança de voo, gerando diretrizes para que a manutenção ocorra de forma sistemática. É desenvolvida nas atividades realizadas, com atenção, pelos operadores. E finaliza com o retorno das informações, geradas nas ordens de manutenção, para controle no sistema e futuros planejamentos.

Após a realização dessa pesquisa, pode-se concluir que as boas práticas da manutenção estão diretamente ligadas ao bom funcionamento e duração do helicóptero em estudo, sendo de grande valia para garantir o contínuo emprego operacional e seguro da frota de UH-60L Black Hawk pelo 4º BAvEx. Não há dúvidas de que a manutenção tem sido realizada de acordo com a sistemática de manutenção revisada na teoria, bem como as determinações dos fabricantes, e de acordo com as normas administrativas da aviação do exército e da aviação civil.

Essa pesquisa também mostrou como o helicóptero funciona e como são suas revisões periódicas, destacando procedimentos, realizados por profissionais de extrema competência. Também acrescentou índices atrelados a manutenção e operação do helicóptero, resultado das boas práticas de manutenção. Embora as aeronaves operem há bastante tempo, os manuais são constantemente atualizados, procedimentos são modificados e sistemas novos são implementados devido ao planejamento e controle. Isso comprova a evolução e o desenvolvimento da engenharia de manutenção.

Todas as máquinas precisam de manutenção, os helicópteros não são diferentes. Manutenção eleva a capacidade e o tempo de operação dos helicópteros. Também eleva a segurança. Como foi possível verificar, âmbito aviação do exército, essas horas de voo foram utilizadas para o emprego aéreo num dos maiores patrimônios brasileiros: A região amazônica.

Diante disso, espera-se que esta pesquisa possa contribuir no estudo dos helicópteros e gerar novos conhecimentos acerca da temática demonstrando o quanto a manutenção é importante na preservação e na segurança daqueles que

operam os helicópteros. Por ser um tema extenso e bastante relevante, acredita-se que novos estudos possam ser formados trazendo um melhor entendimento sobre o tema e contribuindo para o meio acadêmico.

REFERÊNCIAS

KARDEC, Alan Pinto; NASCIF, Júlio de Aquino Xavier. **Manutenção - Função Estratégica**. 3ª ED. Qualitymark, Rio de Janeiro, 2009.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM, planejamento e controle da manutenção**. 1ª ED. Qualitymark, Rio de Janeiro, 2002.

MORO, Noberto; AURAS, André Paegle. **Introdução à Gestão da Manutenção**. Livro didático. IFSC, Florianópolis, 2007.

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS: **O que fazemos**. Disponível em: <<https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/o-cenipa>> Acesso em: 14 jul. 2022.

Assessoria Estatística; Helicópteros - Sumário Estatístico 2010-2019. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Brasília. 2020.

Relatório Final A-030/CENIPA/2019. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Brasília. 2020.

INSTITUTO DE AVIAÇÃO CIVIL. **Mecânico de Manutenção Aeronáutica**, edição revisada, cap. 10. Rio de Janeiro: 2002.

RODRIGUES, Luiz Eduardo Miranda José. **Fundamentos da Engenharia Aeronáutica com Aplicações ao Projeto SAE-AeroDesign: Aerodinâmica e Desempenho**. 1ª Ed. São Paulo, 2014.

MACHADO, Alessandro José; Márcio Leandro REISDORFER. **Conhecimentos Gerais dos Helicópteros**. Livro didático. Unisul Virtual, Santa Catarina, 2011.

MENESES, André. **Conheça o Sikorsky UH-60 Black Hawk**. Disponível em: <<https://andre.mundoengenharia.com.br/>>. Acesso em: 02 de Maio de 2022.

SPÍNDOLA, Richard Carvalho. (2017). **Histórico da Aeronave Black Hawk** [Palestra do PowerPoint].

DUARTE, Samuel Gouveia. **A Missão de Observadores Militares - Equador / Peru (MOMEPE): Um caso de operação de paz na América do Sul**. Conjuntura Global, vol. 6 n. 1, p. 02 – 21, 2017.

SOUZA, Felipe Oliveira de. **A logística utilizada para atender as demandas de manutenção da frota HM-2 Black Hawk do Exército Brasileiro**. 2018, trabalho de conclusão de curso, especialização, ciências militares, EsAO, Rio de Janeiro.

FLIGHT SAFETY INTERNATIONAL INC. **Sikorsky S-70 Pilot Training Manual**. Change 8. Flórida: 2015.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas da pesquisa social**. 6ª ED. Atlas, São Paulo, 2008.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ED. Atlas, São Paulo, 2002.

DIRETORIA DE MATERIAL DE AVIAÇÃO DO EXÉRCITO. **Normas Administrativas Referentes ao Material de Aviação do Exército (NARMAvEx)**. Brasília, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro. 1994.

SIKORSKY, Aircraft Corporation. **TM 1-70-36-10 – Operator’s Manual for Sikorsky S-70A-36 Helicopter**, Change 8. Maryland, 2015.

SIKORSKY AIRCRAFT CORPORATION. **TM 1-70-36-23 – Technical Manual – Aircraft Maintenance Procedures Manual – Chapter 1 – Aircraft General and Routine Maintenance**. Change 10. Maryland, 2017.

SIKORSKY AIRCRAFT CORPORATION. **TM 1-70-36-23 – Technical Manual – Aircraft Maintenance Procedures Manual – Chapter 6 – Drive System.** Change 10. Maryland, 2017.

SIKORSKY AIRCRAFT CORPORATION. **TM 1-70-36-PMS-1 – Technical Manual – Preventive Maintenance Services – 10 hours/ 14 dias (30 hour/42 day) Inspection Checklist.** Original. Maryland, 2017.

SIKORSKY AIRCRAFT CORPORATION. **TM 1-70-36-PMS-2 – Technical Manual – Preventive Maintenance Services – Periodic Inspection Checklist.** Original. Maryland, 2017.