

SELEÇÃO DE HELICÓPTERO DE TREINAMENTO LEVE PARA FORÇA AÉREA BRASILEIRA: uma análise de custo-benefício

SELECTION OF LIGHT TRAINING HELICOPTER TO THE BRAZILIAN AIR FORCE: a cost-effectiveness analysis

Maycon Eduardo Ferreira Gasque¹
Rachel Andrade Ballardín²
Marcos Antônio do Valle Junior³

RESUMO

Este trabalho aborda a escolha entre a extensão da vida útil do projeto H2 ou a substituição da plataforma pela aeronave H125, mantendo as capacidades operacionais necessárias ao helicóptero de treinamento básico. Tal análise se faz necessária pois, após mais de 30 anos de uso da aeronave H-50 sem a realização de modificações significantes e com o latente vencimento da inspeção nível “C” na frota, vislumbrou-se por parte do Comando da Aeronáutica a possibilidade de substituição desse sistema por aeronaves mais modernas e/ou a realização de ações para extensão da vida útil do projeto atual. Sendo assim, o objetivo deste estudo é analisar a extensão da vida útil da frota do projeto H2, por meio de realização da inspeção tipo "C", juntamente com possíveis modificações no projeto, em detrimento à aquisição da aeronave H125, contribuindo como ferramenta de auxílio e consulta para a tomada de decisão do Ministério da Defesa (MD), do Estado Maior da Aeronáutica (EMAER), do Comando Geral de Apoio (COMGAP) e da Diretoria de Material Aeronáutico e Bélico (DIRMAB) sob a ótica do critério custo-benefício. Este intento será realizado através de revisão da literatura, análise do custo de ciclo de vida das diferentes opções, como também análise comparativa referente às qualidades de cada projeto avaliado, por meio da ferramenta AHP com dados tratados matematicamente, visando modelar aspectos relevantes de escolha e auxiliar na tomada de decisão. Essa análise demonstrou que a continuidade do projeto H-50, por meio da realização da inspeção “C” e de modificações na frota, é a melhor medida, se comparada à aquisição da aeronave H125.

Palavras-chave: Helicóptero. AHP. Custo do Ciclo de Vida.

ABSTRACT

This work addresses the choice between extending the useful life of the H2 project or replacing of the platform by the aircraft H125, maintaining the operational capabilities necessary for the helicopter basic training. Such analysis is necessary because, after more than 30 years of use of the aircraft without significant modifications and with the latent expiration of the level "C"

¹ Pós-graduando em Logística Empresarial pelo UNIS. Tecnólogo em Gestão de Manutenção de Aeronaves pelo Centro de Instrução e Adaptação da Aeronáutica/2017. Licenciado em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte/ 2011.E-mail: mayconmefg@fab.mil.br.

² Doutora em Educação pela Universidade Metodista de Piracicaba -UNIMEP/2016. Mestre em Engenharia Civil na área de concentração: Infraestrutura e gerência viária com ênfase em transportes pela Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC/2009. E-mail: ballardinchel@gmail.com.

³ Doutorando em Pesquisa Operacional pelo Instituto Tecnológico da Aeronáutica. Mestre em Pesquisa Operacional Militar pela Cranfield University/2014. Pós-graduado em Logística pelo Instituto de Logística da Aeronáutica/2008. Bacharel em Engenharia Aeronáutica pelo Instituto Tecnológico da Aeronáutica/2004. E-mail: vallemavj@fab.mil.br.

inspection in the fleet, it was glimpsed by the Air Force Command the possibility of replacing of these systems by a modern aircraft and/or carrying out actions to extend the project's useful life. Therefore, the objective of this study is to analyze the extension of the useful life of the H2 project fleet, by carrying out the type "C" inspection, together with possible changes in the project, to the detriment of the acquisition of the H125 aircraft, contributing as a tool for assistance and consultation for decision-making by the Ministry of Defense (MD), the Air Force General Staff (EMAER), the General Support Command (COMGAP) and the Directorate of Aeronautical and War Material (DIRMAB) from the perspective of the cost criterion -benefit. This intent will be carried out through a literature review, analysis of the life cycle cost of the different options, as well as a comparative analysis regarding the qualities of each project evaluated, using the AHP tool with mathematically treated data, aiming to model relevant aspects of choice and assist in decision making. This analysis showed that the continuity of the H-50 project, by carrying out the "C" inspection and changes to the fleet, is the best measure, if compared to the acquisition of the H125 aircraft.

Keywords: Helicopter. AHP. Life Cycle Cost.

1 INTRODUÇÃO

A aviação de asas rotativas, devido às características do voo, em especial o pairado, executa missões específicas como busca e salvamento, infiltração, exfiltração, além de pouso e decolagem em local de difícil acesso. Esse perfil de operação geralmente é explorado pelos oito esquadrões que operam essas aeronaves na Força Aérea Brasileira (FAB) em missões humanitárias indispensáveis à população brasileira, como o auxílio à tragédia da barragem de Brumadinho e, mais recentemente, a vacinação da população indígena contra a COVID-19.

Para operar nessas aeronaves, é necessário que os pilotos recebam treinamento e formação específica em helicóptero de treinamento leve, tendo em vista que tal capacidade não é recebida durante o período inicial de formação, ou seja, na Academia da Força Aérea (AFA). Nesse sentido, desde 1987 a FAB formou mais de 2000 pilotos na aviação de asas rotativas por meio da aeronave AS350B, conhecida como H-50, projeto H2.

O modelo citado é um helicóptero monomotor (utiliza o motor Arriel 1B), de forma que a versão adquirida pela FAB foi a primeira a ser produzida. Posteriormente, foram fabricadas a versão BA (mantendo a motorização do AS350B, mas alterando as pás para um perfil assimétrico que garante alguns melhoramentos operacionais), B1 (com a motor Arriel 1D), B2 (motor 1D1), B3 (Arriel 2B), B3E - H125 (Arriel 2D) e algumas versões tipicamente militares. Recentemente, outras versões foram desenvolvidas com adição de mais tecnologias (especialmente na área de aviônica das aeronaves), mantendo-se a característica na célula e no conjunto rotativo das aeronaves.

Este trabalho tem o objetivo de analisar a extensão da vida útil do projeto H2, após realização da inspeção tipo "C", procedimento de manutenção complexo e de alto investimento, juntamente com possíveis modificações no projeto, em detrimento à substituição da plataforma por meio da aeronave H125, mantidos os requisitos para a operação.

O presente questionamento está ocorrendo pois, após mais de 30 anos de uso da aeronave e com o latente vencimento da inspeção nível "C" na frota, o Comando da Aeronáutica levantou a necessidade de análise e avaliação relativas à substituição da frota H-50 e/ou a realização de ações para extensão da vida útil do projeto.

Para esse intento, portanto, será realizada uma revisão da literatura, análise do custo de ciclo de vida das diferentes opções, como também análise comparativa referente às qualidades de cada

projeto avaliado, por meio da ferramenta AHP com dados tratados matematicamente, visando a modelar aspectos fundamentais da decisão. Nesse sentido, para auxiliar nas análises, será categorizado o status atual da vida útil do projeto H2, analisados os custos relativos à manutenção da frota da aeronave H-50 (inclusive com a incorporação da inspeção nível “C”), como também os custos relacionados à modificação do projeto.

Por fim, é importante ressaltar a contribuição do trabalho como ferramenta de auxílio e consulta para a tomada de decisão por parte do Comando da Aeronáutica sob a ótica do critério custo-benefício, mantendo a operacionalidade necessária e suficiente para um treinador de helicóptero leve na FAB.

2 ANÁLISE DE CUSTO DO CICLO DE VIDA E DE PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS A PARTIR DE ATRIBUTOS

2.1 DEGRADAÇÃO DE SISTEMAS E VIDA ÚTIL

Antonoff (2016) apresenta o conceito de vida útil como período de tempo em que a performance de um material, sistema, componente ou produto qualquer é atingida ou excedida. Dessa maneira, diferentes expectativas de desempenho sobre um mesmo produto podem levar a diferentes períodos de vida útil. A DCA 400-6/2007, por sua vez, divide o ciclo de vida nas fases de concepção, viabilidade, definição, aquisição, produção, implantação, utilização, revitalização, modernização ou melhoria e, por fim, desativação.

Logo, o conceito de vida útil estará quase sempre vinculado a um período (ciclo de vida) em que o desempenho esperado de um produto é alcançado. No entanto, na aviação, devido ao alto valor agregado do sistema, esse período, sempre que possível, é estendido por meio das modificações necessárias ao projeto. Essas modificações para ampliação da vida útil conforme a DCA 400-6/2007 são feitas por meio da revitalização, modernização ou melhoria.

Sobre o assunto, a DCA 400-6/2007 apresenta que revitalização, modernização ou melhoria é a fase na qual são introduzidas modificações no sistema ou material que, no decorrer da fase de utilização, tenha sofrido perda ou degradação de sua eficiência ou se tornado obsoleto ou desatualizado tecnologicamente, gerando dificuldades no suprimento, na manutenção, na operação ou na substituição de partes deste, com vistas à restauração ou evolução da sua capacidade operacional.

Sobre degradação e obsolescência, Botef (2012) aponta que aeronaves operando em ambientes extremamente agressivos e sujeitos às intempéries sofrem degradação em seus componentes e conseqüentemente necessitam ser recuperados. Devido à falta de itens de reposição, perda de suporte de fabricantes e defasagem tecnológica, aeronaves mais antigas apresentam um decréscimo nessa capacidade de recuperação.

Já Faria (2021) informa que aeronaves militares, de forma geral, representam sistemas com alta tecnologia embarcada, com um elevado custo de aquisição e operação e que, devido a esses fatores, possuem uma longa vida operacional. Esta longa vida operacional gera um grande problema de obsolescência em alguns de seus equipamentos, agravando-se em itens com grande tecnologia presente.

Por fim, quanto ao envelhecimento de uma frota, os impactos disto podem ser entendidos, conforme o propósito da análise, em três tipos: técnico, econômico e financeiro. O envelhecimento técnico é causado pelo efeito do tempo sobre a aeronave influenciado pela degradação e obsolescência dos materiais, conceito de manutenção, geografia e utilização. O econômico é observado conforme o envelhecimento técnico ocorre e o valor necessário para se atender aos

serviços de suporte aumenta, ou seja, é o custo do envelhecimento técnico. A identificação do envelhecimento financeiro se apresenta nos casos em que as políticas orçamentárias e de alocação de custos não atendem à demanda (IATA, 2018).

2.2 CUSTO DO CICLO DE VIDA (CCV) OU *LIFE COST CICLE* (LCC)

O Manual do MD (2019) informa que o CCV/LCC é a soma dos efeitos diretos, indiretos, recorrentes, não recorrentes e outros relacionados aos custos incorridos, ou estimados para serem incorridos no projeto/concepção, na pesquisa e desenvolvimento, investimento, operação, manutenção e apoio de um produto ao longo do seu ciclo de vida. Sendo assim, é o custo total da pesquisa e desenvolvimento, investimento, operação e apoio e, quando aplicável, de alienação, sendo necessário o cômputo de todos os custos relevantes.

Esse manual descreve, ainda, que o CVV/LCC consiste em todos os custos diretos e indiretos de obtenção, operação, apoio e desfazimento do sistema. Nesse sentido, os custos indiretos podem incluir custos vinculados, equipamentos de apoio comum, pessoal administrativo adicional e custos não ligados.

Sobre o assunto, França (2018) apresenta várias definições de diferentes autores sobre o tema, como, por exemplo, o cálculo de todo o custo envolvido no tempo de vida de produtos industriais (BROWN, 1979); análise de todo custo agregado ao produto, desde a concepção até a disposição final (SHERIF e KOLARIK, 1981); ou, ainda, os custos de aquisição, operação e manutenção de todos os elementos utilizados no ciclo de vida do produto (WOODWARD, 1997).

Já o RTO-MP-096 da OTAN (2003) aponta o LCC dividido em custo de aquisição, de exploração e de alienação, apresentando os elementos conforme o quadro abaixo:

Quadro 1 - Elementos de custo do ciclo de vida

Custo de aquisição	Custo de exploração		Custo de descarte
	Custo de operação	Custo de suporte	
Custo de Aquisição e desenvolvimento	Custo pessoal operacional	Custo de pessoal da manutenção	Descarte de material
Custo de suporte logístico inicial	Custo de treinamento de operadores	Custo de treinamento de mantenedores	Alienação de elementos de apoio
Custo de preparação: custo de teste e aceitação	Custo de documentação de operação	Custo de apoio à manutenção	-
Custo de preparação: custo de instalação do sistema	Custos de infraestrutura e apoio para operação	Custos de manutenção e reparos de itens, incluindo estocagem	-
Custo de preparação: custo do projeto	Custos de consumíveis	Custos de teste e apoio	-
Outros custos de aquisição	Outros custos de operação	Custos de documentos de manutenção	-
-	-	Custos de recursos computacionais	-

-	-	Custo de infraestrutura	-
-	-	Custo de embalagem, entrega, armazenagem e transporte	-
-	-	Custo de contratação de manutenção	-
-	-	Custos de modificações	-

Fonte: O próprio autor (2021).

Por fim, o documento da OTAN aponta que para poder calcular o Custo do Ciclo de Vida total, os elementos de custo devem ser estimados. Nesse sentido, há maneiras diferentes de estimá-los. Além disso, quanto mais dados detalhados estiverem disponíveis, mais precisos os custos serão estimados. Sendo assim, os seguintes métodos podem ser usados para estimar os custos:

- **Método analítico:** para esse método são utilizadas expressões matemáticas. Este método requer muitas informações do sistema considerado. É necessário usar este método tanto quanto possível nos estudos de LCC;
- **Método paramétrico:** é usado quando a Relação de Estimativa de Custos está disponível usando grandes bancos de dados históricos. Apenas informações genéricas no sistema são necessárias para calcular os custos.
- **Método por analogia:** deve ser usado se o custo do novo sistema não puder ser calculado, mas o custo de um sistema semelhante é conhecido. Com base no custo desse sistema semelhante, os custos do novo sistema podem ser estimados, usando parâmetros característicos, elementos de tecnologia, entre outros.

Além desses, três outros métodos podem ser usados se ainda menos informações estiverem disponíveis para o novo sistema:

- Opiniões de especialistas ou regras práticas podem ajudar a estimar o custo;
- Método de simulação pode ser usado se a altura real de um ou mais elementos de custo for incerta; e
- Métodos estatísticos (por exemplo, simulação de Monte Carlo) podem ser usados para produzir intervalos de confiança para os custos totais.

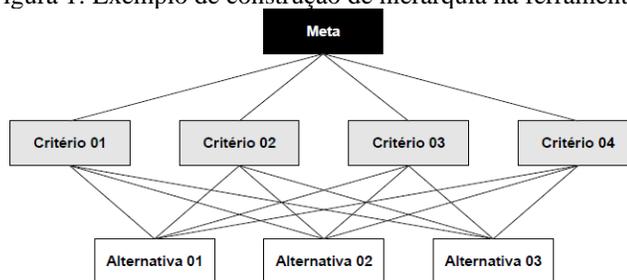
2.3 ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) COMO FERRAMENTA DE ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ATRIBUTOS

A metodologia AHP, criada por Thomas Saaty, é utilizada para modelar a tomada de decisão, possibilitando ao decisor identificar a melhor opção segundo seus próprios valores e critérios, passível de certa dose de subjetividade dentre as alternativas. Nesse sentido, ajuda a tomada de decisões complexas através de decisões comparativas pareadas, a partir de estruturação hierarquizada do problema, de julgamentos e de síntese dos resultados (BESTEIRO et al., 2009).

Nesse sentido, Costa (2002) descreve as etapas para utilização da ferramenta AHP:

- Construção da hierarquia identificando foco principal, critérios, subcritérios (se houver) e alternativas;

Figura 1: Exemplo de construção de hierarquia na ferramenta AHP



Fonte: (VARGAS, 2010, p.6).

- Aquisição de dados ou coleta de julgamentos de valor emitido por especialista;
- Síntese dos dados obtidos em cada julgamento, calculando a prioridade de cada alternativa em relação ao foco principal;
- Análise da consistência do julgamento, identificando o quanto o sistema de classificação utilizado é consistente na classificação das alternativas viáveis.

Nesse sentido, os exemplos de critérios mais utilizados na priorização são, de acordo com Vargas (2010): financeiros, estratégicos, riscos, urgência, comprometimento das partes interessadas e o conhecimento técnico necessário.

Uma vez definidos os critérios, é necessário realizar um ranqueamento das alternativas e dos atributos afins, com vistas à seleção das opções. Nesse sentido, é usada a escala de comparação de Saaty, por meio da análise de importância relativa entre duas alternativas (utilizando valores de 1 a 9 ou o recíproco número fracionário), conforme tabela abaixo:

Tabela 1: Escala de relativa importância de Saaty

ESCALA	AVALIÇÃO NUMÉRICA	RECÍPROCO
Extremamente preferido	9	1/9
Muito forte a extremo	8	1/8
Muito fortemente preferido	7	1/7
Forte a muito forte	6	1/6
Fortemente preferido	5	1/5
Moderado a forte	4	1/4
Moderadamente preferido	3	1/3
Igual a moderado	2	1/2
Igualmente preferido	1	1

Fonte: (VARGAS, 2010, p.7).

Ao final, é feita uma análise matemática dos parâmetros analisados, a fim de se encontrar possíveis inconsistências durante o processo de comparação.

3 MATERIAL E MÉTODO

Este trabalho analisa a extensão da vida útil da frota do projeto H2 em detrimento à aquisição da aeronave H125, contribuindo como uma ferramenta de auxílio para tomada de decisão acerca desse processo. Nesse sentido, a construção metodológica desse trabalho se dá por meio de revisão bibliográfica acerca da temática **custo do ciclo de vida, degradação de sistemas e vida útil**, como, também, **AHP como ferramenta de análise comparativa entre atributos**, onde foram consultados autores que desenvolvem embasamento teórico sobre o tema.

Além disso, houve a realização de pesquisa documental com a utilização da Ficha de Coleta de Dados de Defeito (FCDD) do projeto H2 e os manuais das aeronaves H-50 e H125.

Ressalta-se também que essa pesquisa descreve as características de diversos elementos da logística das aeronaves H-50 e H125, estabelecendo relação de comparação entre essas variáveis. Por essa característica, trata-se de pesquisa descritiva.

Quanto à escolha das aeronaves apresentadas no trabalho, a aeronave H-50 (ou projeto H2 como é cadastrado na FAB) se deu pelo fato de ser a atual aeronave de treinamento de helicóptero para os pilotos recém-formados na AFA. Já a aeronave H125 foi utilizada como comparação à aeronave H-50, devido a suposta escolha do EMAER por essa aeronave, para substituir o projeto H2, conforme parecer emitido pelo COMGAP sobre o tema.

No que tange aos materiais utilizados para o alcance do objetivo proposto foram consultados manuais das aeronaves, catálogos de peças, lista de modificações, boletins do fabricante, de forma que as escolhas desses documentos ocorreram por questões relacionadas à busca de informações relativas à aeronave H-50 e H125. Os documentos referem-se aos períodos de 2016 a 2021.

Por fim, o trabalho apresenta, também, características de pesquisa quantitativa, onde, por meio da ferramenta AHP, foram realizadas análises dos atributos que poderão impactar a disponibilidade dos projetos, além das análises dos elementos de custo de cada projeto.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISES RELATIVAS AO PROJETO H2

4.1.1 Análise de custos para realização da inspeção “C”

A inspeção “C” é realizada a cada 12 anos, contendo, além de inspeções submúltiplas já realizadas na FAB, os tipos “A4” e “EP-2”. Nesse sentido, conforme apontado por Kanaan (2017), a grande maioria dessas inspeções ocorrerão nos anos de 2022 a 2024, de forma que a partir de 2022, caso estas não sejam realizadas ou não seja adquirida e colocada em operação nova aeronave de treinamento, não será possível a manutenção da Tabela de Dotação de Aeronaves (TDA), devido ao número reduzido de aeronaves na frota, o que irá comprometer os índices de disponibilidade necessários à instrução.

Observando os manuais da aeronave, é possível concluir que a realização da inspeção “C” não ocasiona relevantes custos materiais, não solicita ferramentas especiais e não necessita de conhecimento específico (além do já usado nas grandes inspeções do H-50) para sua realização. Sendo assim, não há obstáculos logísticos nem relevante desprendimento de recursos financeiros e humanos para realização da inspeção “C”.

No entanto, como a realização da 3ª inspeção “C” (o projeto já realizou outras 2 inspeções desse porte anteriormente) garante uma sobrevida ao projeto em 12 anos a partir de sua realização (desconsiderando as obsolescências existentes), então é importante computar os componentes da aeronave que vencerão nesse período. Para isso, Kanaan (2017) projeta que, considerando a média de hora de voo (HV) das 14 aeronaves do projeto, a 3ª inspeção tipo “C” ocorrerá com 8775 HV, ao passo que a próxima “C” será realizada com 11700HV. Sendo assim, o custo para realização dos reparos/aquisição relativos aos itens vencendo entre 8775HV e 11700HV é em torno de USD 260,057,31 (sem impostos) por aeronave.

Sendo assim, não há obstáculos para realização da inspeção tipo “C” no PAMASP, tendo em vista que todos os suportes utilizados nas inspeções tipo H5/H7 serão utilizados nessa inspeção. Quanto aos custos dos materiais necessários para manter o projeto H2 por mais 12 anos,

posteriormente serão comparados aos elementos de custos necessários para adquirir, implantar e manter aeronaves do projeto H125.

4.1.2 Análise da degradação de sistemas/subsistemas do projeto H2

Após análise da viabilidade da realização da inspeção “C”, torna-se necessário observar a degradação dos sistemas do projeto H2, a fim de identificar possíveis modificações em sistemas/subsistemas do projeto ou, caso o passo anterior não seja possível, assessorar quanto à necessidade de desativação do projeto.

Para essa observação foram contadas por sistema as Fichas de Coletas de Dados de Defeito (FCDD) dos últimos 5 anos (2016 a 2020) do projeto H2 que, comparadas à quantidade de horas de voo anual do projeto, poderão projetar tendências relativas à degradação dos itens.

Sendo assim, após extração da quantidade de FCDD lançadas em um determinado período para o projeto H2 (por meio da tela “ENG0312”), os dados da planilha eletrônica obtidos foram computados, para fins de contagem, levando-se em conta as seguintes informações:

- Status do defeito: computados os dados descritos como “aberto”, “confirmado” e “não confirmado” (os dados descritos como “cancelados” não foram contados);
- Discrepância: qualquer lançamento que tivesse alguma relação com inspeção programada ou sua periodicidade para realização de alguma ação de manutenção (TBO, revisões, TLV etc.) não foram contabilizados;
- Todas as FCDD com números repetidos só foram contabilizados uma única vez.

Logo, após os filtros citados, a quantidade de FCDD computada e a respectiva hora de voo utilizada pelo projeto durante o ano foram agrupados conforme o quadro abaixo:

Quadro 2– Quantidade de FCDD por hora de voo do projeto H2 entre 2016 e 2020

Ano	Quantidade de FCDD	Hora de Voo (HV)	Quantidade de FCDD/HV
2016	279	3420:25	0,08
2017	485	4025:25	0,12
2018	484	3596:15	0,13
2019	139	2802:50	0,05
2020	335	2536:45	0,13

Fonte: O próprio autor (2021).

Com os dados obtidos do quadro 2, é possível considerar que não há variação significativa no quantitativo de FCDD por hora de voo no decorrer do tempo, principalmente se forem desconsiderados os anos de 2016 e 2019, mostrando tendência de estabilidade desse dado. Sendo assim, é possível inferir que a quantidade de falhas no decorrer do tempo no projeto H2 tendeu a permanecer constante.

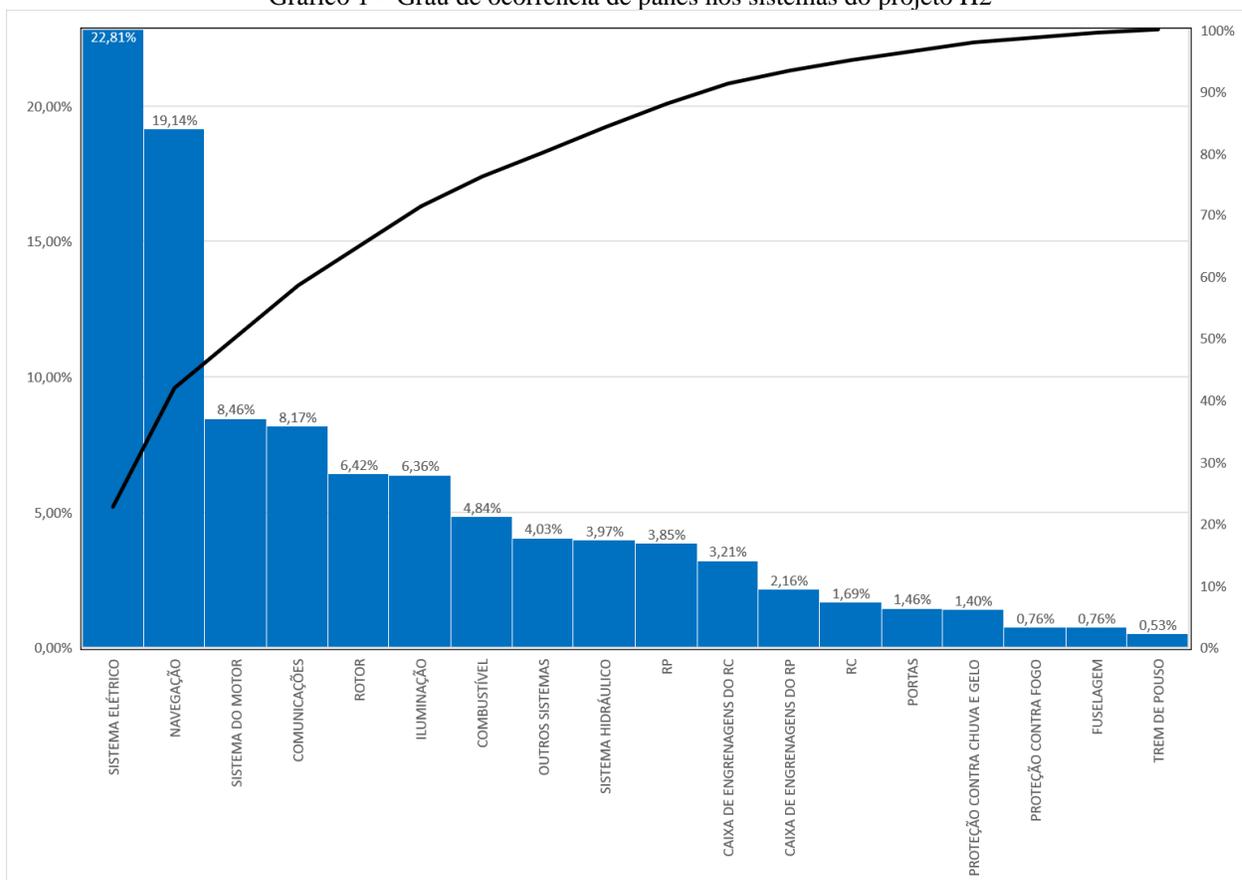
Por outro lado, por meio da planilha eletrônica com os dados da FCDD, é possível extrair os sistemas que mais apresentaram pane no período citado. Ressalta-se, portanto, a importância dessa informação para identificar os possíveis sistemas que necessitem de modificações, a fim de que ocorra a redução das discrepâncias.

Para isso, os dados relativos à quantidade de FCDD do projeto H2 no período de 2016 a 2020 foram estratificados no anexo A por sistemas da aeronave. Nele, é possível inferir que não houve nenhuma tendência (crescimento ou redução) em qualquer dos capítulos desse projeto. Sendo assim, o cálculo da porcentagem referente à quantidade de pane de cada sistema foi obtido

com base no somatório de panes relativas à área por ano, dividido pelo somatório de panes total no período.

Com isso, é possível ordenar os sistemas em termo de quantidade de panes encontradas no período citado, utilizando-se do diagrama de Pareto. Sobre o assunto, Forlogic (2016) afirma que, com o uso dessa ferramenta, é possível estudar e descobrir quais ocorrências são mais relevantes e, com isso, devem ter a tratativa priorizada. Sendo assim, ao estratificar os dados no anexo A, o gráfico de Pareto relativo a esse anexo aponta os sistemas em função do grau de ocorrência de pane, conforme abaixo:

Gráfico 1 – Grau de ocorrência de panes nos sistemas do projeto H2



Fonte: O próprio autor (2021).

Sobre o gráfico, é importante informar que, para redução dos dados referentes aos sistemas do projeto H2, apresentou-se as discrepâncias dos equipamentos instalados na aeronave H-50 (Guincho, Gancho etc.), assim como as pouquíssimas panes relativas aos sistemas de estabilizadores da aeronave como “outros sistemas”. Também, nessa mesma linha, todas as panes relativas aos sistemas de motores (capítulos 71 a 80) foram consolidadas como “sistema do motor”.

Percebe-se, portanto, no gráfico, que apenas 8 sistemas representam mais de 80% das panes, sendo que metade destas são formadas por discrepâncias nos sistemas elétrico e de navegação da aeronave. Sendo assim, para reduzir a quantidade de indisponibilidade não programada é salutar identificar possíveis melhorias nos sistemas com maior incidência de panes.

4.1.3 Apresentação dos itens do projeto H2 com obsolescência

Paralelo ao estudo de degradação dos sistemas do projeto H2 por meio das falhas relatadas nas FCDD, há a análise relativa a possíveis sistemas e/ou itens com obsolescência. Nesse sentido, foram analisadas informações relativas ao contrato nº 031/GAL-PAMASP/2016, relativas às aeronaves H-50, como também foram colhidas informações da equipe de Coordenação do projeto H2.

Com os dados relativos ao contrato, esperou-se, em função da provável obsolescência dos itens, que o custo para manter o projeto H2 aumentasse no decorrer do tempo. Entretanto, percebeu-se que os dados do contrato não apresentaram informações que apontem à situação mencionada.

No entanto, a partir de informações oriundas da coordenadoria do H2, é possível relacionar quais itens desse projeto possuem alguma dificuldade relacionada à obsolescência, como também os fatores que justifiquem esse desajuste. Nos aspectos perguntados, os seguintes itens foram reportados:

Quadro 3 – Itens com obsolescência identificada pela coordenação do projeto H2

Nomenclatura	QPA	Justificativa referente à obsolescência
Punho superior	03	Só é possível comprar o superador, sendo necessário trocar o PN da cabeça e troca de alguns <i>spare parts</i> .
Punho inferior	03	Só é possível comprar o superador, sendo necessário trocar o PN da cabeça e troca de alguns <i>spare parts</i> .
Pá do rotor principal	03	A pá usada no AS350 (H-50) não é utilizada no restante das aeronaves Esquilo. Sendo assim, o custo da aquisição desse item é relevante se comparado à pá mais moderna.
Guincho	01	Não tem oficina homologada no Brasil para realizar revisão geral.
Liquidômetro	01	O liquidômetro antigo (boia) é selado, de forma que a empresa contratada não realizou revisão no item durante o período contratado.

Fonte: O próprio autor (2021).

Ressalta-se, entretanto, que muitos itens (como os utilizados na aviônica do projeto H2), embora estejam obsoletos (se comparados ao restante das aeronaves Esquilo), ainda são encontrados no mercado, devido à utilização destes em outros projetos. Por exemplo, alguns itens do sistema de rádio do projeto H2 são usados também em aeronaves como H-1H e C-98. Sendo assim, tais itens não foram enquadrados na relação apresentada no quadro 3.

No entanto, como o projeto H2 pertence ao modelo Esquilo, helicóptero com participação significativa na aviação civil, torna-se mais fácil a possibilidade de modificação, traduzindo-se consequentemente na resolução das dificuldades apresentadas e possibilitando a redução das falhas.

4.2 STATUS ATUAL DA VIDA ÚTIL DO PROJETO H2

Sendo assim, ao analisar o status atual da vida útil do projeto H2, é preciso enquadrá-lo em uma das fases previstas ao ciclo de vida, em conformidade às observações já realizadas nesse trabalho.

Conforme já mencionado, o modelo utilizado pela FAB é o mais desatualizado entre os existentes. Nesse sentido, entre os itens mais ultrapassados, destaca-se (em termo de custo) o

conjunto de pás do rotor principal, tendo em vista que todas as versões posteriores utilizam as pás assimétricas (colocadas em operação a partir do AS350BA).

Além disso, desde a concepção desse projeto até os modelos Esquilo mais atuais, diversas atualizações foram realizadas na aviônica dos helicópteros, de forma que poucos instrumentos analógicos utilizados na aeronave H-50 estão em uso nas outras aeronaves do mesmo modelo.

Sendo assim, em sintonia com as informações apresentadas, esse trabalho analisou e identificou itens de aviônica (sistema elétrico, navegação, comunicação, iluminação) e do conjunto rotativo (como pás do Rotor Principal -RP) entre os sistemas com maior tendência a falhas e/ou obsolescência.

Por outro lado, as aeronaves H-50 da FAB possuem poucas horas de voo em função dos anos em operação (em média 244 horas por ano), de forma que, mesmo com bastante tempo de utilização, possuem células pouco utilizadas, considerando o equivalente uso de aeronaves do mesmo tipo na aviação civil.

Logo, o projeto H-50 se projeta, em função das dificuldades logísticas (degradação de itens e obsolescência) entre as fases do ciclo de vida de utilização e de revitalização/modernização/melhoria, tendo em vista que a gama de atualizações disponíveis para o projeto, em termo de custo-benefício, provavelmente o coloca em condições de sofrer modificações, ao invés de ter o projeto desativado (em função da vasta utilização desse modelo de aeronaves na aviação civil).

Sendo assim, esse trabalho apontará modificações que visem à correção das discrepâncias apontadas relativas ao projeto H2. Posteriormente, os dados de custo-benefício dessas modificações serão utilizados no rol de informações usadas para comparação em termo de custo do ciclo de vida entre o projeto atual e o modelo H125.

4.3 SUGESTÕES DE MODIFICAÇÕES NO PROJETO H2

A partir da análise do status atual do ciclo de vida, ao qual aponta o projeto H2 entre as fases de utilização e de revitalização, modernização ou melhoria, é possível sugerir algumas modificações com vistas a auxiliar na correção dessas discrepâncias, gerando consequentemente alteração no ciclo de vida do projeto.

Os resultados dessas sugestões, caso sejam aplicadas no projeto H2, terão fundamental importância na análise de custo do ciclo de vida desse projeto, a fim de que seja comparado com o helicóptero H125.

Nesse sentido, serão mostradas apenas as modificações necessárias e suficientes para mitigar os danos decorrentes da degradação e obsolescência já apontados nesse trabalho.

4.3.1 Principais modificações para a aeronave H-50

Essa seção apontará apenas 2 das várias modificações possíveis relativas ao projeto H2. No entanto, essas mudanças, caso ocorram, devido a quantidade de sistemas e itens modificados e tecnologicamente atualizados, mitigarão os danos apresentados pela degradação e obsolescência das aeronaves H-50, provendo um aumento de vida útil de até 30 anos ao projeto.

A primeira modificação se refere a transformação da aeronave H-50 do modelo AS350B para AS350BA. Essa mudança tem importância para atualizar tecnologicamente o projeto H2 quanto às características encontradas nas demais aeronaves do modelo Esquilo.

Embora seja uma importante modificação, poucos itens com custos significantes serão substituídos, destacando-se a troca das três pás do RP, item com maior custo de substituição entre os demais.

Nesse sentido, considerando a substituição dos componentes necessários a essa modificação, levando-se em conta os valores obtidos do catálogo de peças da aeronave H-50, tem-se um valor aproximado de US\$ 310,000,00 por aeronave, sendo US\$ 226,000,00 referente apenas as trocas das 3 pás.

A segunda importante modificação está relacionada à modernização do sistema de navegação e voo, utilizando o sistema integrado de voo Garmin (G500H). Essa mudança tem um peso importante, pois atua em sistemas com grande tendência à falha, como o sistema elétrico, navegação e comunicação (respectivamente 1º, 2º e 4º sistemas com mais tendência a falhas, conforme o gráfico 1).

Ressalta-se que essa modificação, considerando os valores obtidos em páginas da rede mundial de computadores, gira em torno de US\$ 70,000,00 por aeronave (custo do equipamento).

Sendo assim, com custo aproximado de US\$ 380,000,00 por aeronave, essas 2 modificações possibilitarão a atualização tecnológica do projeto H2 e auxiliará possivelmente na redução da taxa de falhas dos sistemas relativos a esses itens.

4.4 ANÁLISE DA AERONAVE H125

Após análise do projeto H2, inclusive com as modificações que poderão aumentar o tempo de utilização do projeto, é necessário analisar a aeronave H125. Nesse aspecto, o projeto TH-X visa à aquisição desses helicópteros à Marinha, ao Exército e à Aeronáutica brasileiros (FFAA).

Para essa análise, foram utilizados dados oriundos da imprensa referentes à aquisição, custos de aquisição de aeronaves similares no meio civil, como também informações emitidas pelo COMGAP relativo ao tema.

Segundo o Comando Geral de Apoio, a aquisição da aeronave H125 a fim de atender ao projeto TH-X, caso ocorra, terá um suporte logístico tal que a manutenção de 3º nível dessa aeronave será contratada, ao passo que as manutenções de 1º e 2º níveis serão internalizadas. Então, para essa internalização, o autor indica que a experiência dos militares no projeto H2 auxiliará bastante nesse processo, mesmo com a evidente necessidade de capacitação de pessoal em função da incorporação do novo projeto. Também, o autor aponta que 90% das ferramentas/EAS utilizados no projeto H-50 são comuns à aeronave H125.

Quanto à estrutura logística para atender esse projeto, o COMGAP sugere que ocorra de forma conjunta entre as Forças (conforme já ocorre no projeto H-XBR), apontando algumas vantagens dessa contratação conjunta.

Entretanto, mesmo com muitas vantagens, o projeto integrado entre as Forças no projeto H-XBR tem dificuldades a sanar relativas à ausência de comunicação entre os diferentes sistemas de informação das FFAA. Além disso, o suporte de suprimento não atendido pelo contrato (como a aquisição de químicos, itens de classe geral etc.) não possuem padronização entre as FFAA, de forma que isso implica em índice de disponibilidades diferentes, mesmo o contrato oferecendo condições iguais a todos os contratantes.

Outro aspecto relevante nessa análise é o custo de aquisição da aeronave H125, tendo em vista que esse custo tem peso fundamental na análise comparativa entre a extensão da vida útil da frota do projeto H2 ou a implementação desse novo projeto. Nesse sentido, para auxiliar nessa análise, o Comando de Aviação da Polícia Militar de São Paulo adquiriu 02 aeronaves H125 junto à Helibrás/Airbus num custo individual de R\$ 28.625.101,65 (BENI, 2021).

Logo, considerando a TDA de 12 aeronaves mostrada no Indicadores Gerenciais de Grandes Comandos, é possível inferir que o custo de aquisição dessas 12 aeronaves será de R\$

343.501.219,80 ou, considerando o valor do câmbio no dia da aquisição das aeronaves mostradas acima, USD 65,770,812,00.

4.5 ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS DO CICLO DE VIDA DOS PROJETOS

O anexo B, utilizando o quadro 1 como referência, consolida análise comparativa relativa aos elementos de custos das aeronaves H-50 e H125, utilizando, para isso, os dados dessas aeronaves já apresentados no trabalho e as informações relativas aos projetos (manuais, informações do fabricante, entre outros).

Nesse anexo, é possível identificar que vários elementos terão seus custos estimados, como também a metodologia utilizada para realização dessa estimativa. Também, é possível perceber elementos que terão seus custos desprezados, seja por utilizar a estrutura já existente usada no projeto H2, seja por provavelmente compor os custos relativos à aquisição da aeronave H125.

Quanto ao custo de suporte das aeronaves, observa-se uma compensação existente em 2 elementos desse custo, tendo em vista que, embora a aeronave H125 utilize motor com maior TBO (em relação ao H-50), realizará inspeção de 3º nível em empresa contratada. Sendo assim, não há aparentemente vantagem relativa entre os projetos nesse aspecto.

Logo, retirando-se os elementos de custos similares e os custos desprezíveis, os únicos elementos capazes de indicar vantagem competitiva na análise comparativa de custos dos projetos são os valores referentes à realização da inspeção “C” e as modificações das aeronaves H-50 em relação ao custo de aquisição das aeronaves H125.

Sendo assim, considerando o ano de 2022 como início para o cálculo do ciclo de vida em ambos os projetos, tendo em vista se tratar possivelmente do ano em que alguma decisão deverá ser tomada para que a TDA de 12 aeronaves seja atendida, os custos para comparação dos projetos estão estimados conforme o quadro abaixo:

Quadro 4 – Elementos de custo para comparação das aeronaves H-50 e H125

Tipo de despesa	Fase do ciclo de vida em que a ação será realizada		
	DESENVOLVIMENTO/ AQUISIÇÃO	UTILIZAÇÃO	REVITALIZAÇÃO/ MODERNIZAÇÃO/ MELHORIA
	Custo/Investimento para 12 aeronaves em US\$		
Aquisição do H125	65,770,812,00		
Realização da inspeção “C” na aeronave H-50		3,120,687,72	
Modificações no H-50			4,560,000,00

Fonte: O próprio autor (2021).

Logo, considerando que a realização da inspeção “C”, combinada com as modernizações necessárias e suficientes do H-50 (conforme já debatido no trabalho) trará condições para o projeto H2 aumentar sua vida útil em mais 30 anos, então essas ações serão as medidas mais econômicas se comparadas à aquisição da aeronave H125 (chegando a ser 8,5 vezes menor, se a comparação entre as aeronaves utilizar apenas os valores dos elementos elencados no quadro 4).

4.6 ANÁLISE DE ATRIBUTOS PARA COMPARAÇÃO DAS AERONAVES H-50 E H125

Uma vez que a FAB tem experiência no gerenciamento da aeronave H-50, ao passo que não possui vivência na gestão do ciclo de vida do helicóptero H125, riscos inerentes à diminuição da disponibilidade e consequente aumentos nos custos poderão ser gerados, em função da aquisição do novo helicóptero, devendo, assim, serem quantificados.

Logo, considerando todas as informações apresentadas no trabalho, dados dos manuais dos projetos, experiências anteriores de contratação conjunta entre FFAA e opinião de especialistas, os atributos **vantagem de contratação, atualização tecnológica dos projetos, facilidade de obtenção de dados técnicos, gerenciamento de sistemas de apoio e grau de capacitação técnica dos mantenedores** foram avaliados a partir das informações apresentadas no quadro abaixo:

Quadro 5 – Análise de atributos referentes às aeronaves H-50 e H125

Atributos	Informações para avaliação
Vantagem de contratação	<p>A nova aeronave escolhida terá suas inspeções de 3º nível realizada em empresa privada, então é grande a possibilidade de redução no tempo de realização dessa manutenção.</p> <p>O gerenciamento de <i>spare part</i> e reparáveis da frota estará vinculado ao contrato, então aumenta-se a possibilidade de indisponibilidade da aeronave no operador, em função de premissas utilizadas em contrato como diminuição na quantidade de depósitos e estoque mínimo.</p>
Atualização tecnológica dos projetos	<p>Mesmo com a modificações apresentadas no trabalho referente à aeronave H-50, há ainda uma possível desvantagem tecnológica deste em relação ao H125, acarretando futuras indisponibilidades por obsolescência ou falhas de itens.</p>
Facilidade de obtenção de dados técnicos	<p>Nas manutenções regidas por contrato, geralmente o acesso a essas informações são dificultadas, atrapalhando a coleta de dados para análise.</p>
Gerenciamento de sistemas de apoio	<p>No decorrer do contrato, diversas atividades atualmente realizadas pela FAB (como a calibração e aquisição de equipamentos) poderão ter seus encargos distribuídos à empresa contratada, acarretando, assim, na diminuição da disponibilidade.</p>
Grau de capacitação técnica de mantenedores	<p>A FAB (especialmente no 1º/11º GAv, operador do H-50) possui grande conhecimento no projeto H2, principalmente em serviços específicos em itens de alto valor agregado, maximizando a disponibilidade das aeronaves. Logo, a aquisição de novo projeto e a consequente contratação desses serviços, poderão possibilitar diminuição na disponibilidade.</p>

Fonte: O próprio autor (2021).

Analisado os atributos, há a necessidade de compará-los, a fim de identificar a partir deles, a melhor alternativa entre as opções. Para isso, uma das ferramentas para realização dessa análise comparativa é a *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

Para que essa ferramenta seja utilizada, é necessário (conforme já apontado nesse trabalho) construção da hierarquia, aquisição de dados ou coleta de julgamentos, síntese dos dados obtidos para calcular a prioridade e análise de consistência.

A construção da hierarquia será realizada por meio da criação da figura abaixo, identificando o objeto da comparação, os critérios e as alternativas.

Figura 2 – Árvore de hierarquia



Fonte: O próprio autor (2021).

A construção da hierarquia da análise apresentada na figura acima levou em conta os atributos (critérios) mostrados no quadro 5, além das alternativas H-50 (realizada a modificação além da inspeção “C”), H125 e H-50 atual (somente com a realização da inspeção “C”, ou seja, sem nenhuma modificação que auxilie no aumento da vida útil da aeronave).

O próximo passo é a aquisição dos dados ou coleta de julgamentos. Nesse sentido, conforme apresentado no quadro 5, os julgamentos para cada atributo foram coletados a partir de informações dos manuais, dados de contratação conjunta entre as FFAA e opinião de especialistas (do autor e de 2 militares com experiência logística no projeto).

Coletados os dados para avaliação dos atributos, é necessário compará-los utilizando as técnicas da ferramenta AHP. Nesse sentido, o cálculo das prioridades foi realizado em planilha eletrônica do *excel*, conforme apresentado no anexo C. Para isso, foi utilizada a escala de Saaty apresentada na tabela 1 para realização dos cálculos da prioridade local (prioridade dos atributos e de cada atributo em função das alternativas). Nesse sentido, após realização das prioridades locais mencionadas, os atributos e as alternativas em função dos atributos receberam a seguinte classificação (conforme apresentado no anexo C).

Quadro 6 – Classificação dos atributos e das alternativas em função dos atributos

Classificação do Atributo	Atributo	Classificação da alternativa em função do atributo		
		H-50	H125	H-50 ATUAL
1º	Vantagem de contratação	2º/3º	1º	2º/3º
3º	Atualização tecnológica dos projetos	2º	1º	3º
5º	Facilidade de obtenção de dados técnicos	1º/2º	3º	1º/2º
4º	Gerenciamento de sistemas de apoio	1º/2º	3º	1º/2º
2º	Grau de capacitação técnica de mantenedores	2º	3º	1º

Fonte: O próprio autor (2021).

Por fim, ao encontrar a prioridade global das alternativas, após teste de inconsistências realizado, é possível perceber que essa análise sugere o H-50 como a melhor alternativa, conforme mostra o quadro abaixo:

Quadro 7 – Resultado das prioridades globais entre as alternativas apresentadas

ESCOLHER HELICÓPTERO	Vantagem Contratação	Atualização tecnológica	Dados técnicos	Sistema de apoio	Grau de capacitação	PRIORIDADE
PESO DOS CRITÉRIOS	0,337	0,250	0,034	0,062	0,297	
H-50	0,250	0,451	0,429	0,429	0,451	0,377
H125	0,500	0,490	0,143	0,143	0,059	0,332
H-50 ATUAL	0,250	0,059	0,429	0,429	0,490	0,291

Fonte: O próprio autor (2021).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho analisou a extensão da vida útil do projeto H2, após realização da inspeção tipo "C", juntamente com possíveis modificações no projeto, em detrimento à substituição da plataforma por meio da aeronave H125, mantidos os requisitos para a operação.

Para isso, os projetos H-50 e H125 foram analisados nesse trabalho sob os critérios de custo, como também foram analisados atributos que poderão influenciar na disponibilidade do projeto escolhido.

Foi possível identificar a alternativa H-50 modificada como a melhor opção em termos de custos como também em outros aspectos considerados relevantes, considerando as opções citadas no trabalho.

Logo, para um próximo ciclo de vida de 30 anos, esse trabalho sugere como melhor alternativa a manutenção do projeto H-50, após realização da inspeção "C" e de modificações referentes à transformação da aeronave AS350B em BA, como também no sistema de navegação e voo da aeronave.

Ressalta-se, entretanto, que, caso a opção seja pela aquisição da aeronave H125, há a possibilidade de realização da inspeção "C" em algumas aeronaves H-50, a fim de manter a TDA necessária ao atendimento da atividade aérea. Nesse caso, sugere-se que o período máximo de

utilização dessas aeronaves não exceda os próximos 12 anos (em virtude do provável aumento de custos para mantê-las, em função do aumento da obsolescência e da degradação dos equipamentos).

Quanto à análise realizada no trabalho, não foram levados em conta outros projetos (além do H-50 e H125), como também questões operacionais do 1º/11º GAv e AFA (operadores do projeto H-50). Portanto, caso o Ministério da Defesa avalie a possibilidade de aquisição de outro projeto diferente do H125, novas análises comparativas dos elementos de custo e de atributos deverão ser realizadas.

Sendo assim, como medida complementar, esse trabalho sugere a realização de estudos voltados à comparação entre os projetos, por meio da análise operacional destes, como também de outras variáveis sugeridas pelo Grande Comando, podendo utilizar, para isso, a ferramenta AHP já apresentada no trabalho.

REFERÊNCIAS

ANTONOFF, Felipe Freire. **O conceito de vida útil e o projeto do envelope de edifícios residenciais**. 72 f. Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de especialista em Gestão de Projetos na Construção, São Paulo, 2016.

BENI, Eduardo. **Polícia Militar de São Paulo adquire dois helicópteros H125 e aumenta sua frota operacional para 24 Esquilos**. Disponível em: <https://www.resgateaeromedico.com.br/policia-militar-de-sao-paulo-adquire-dois-helicopteros-h125-e-aumenta-sua-frota-operacional-para-24-esquilos/>. Acesso em: 25 jul. 2021.

BESTEIRO, A. M.; Paiva, G.; Miucciato V.; Bueno, J.; Salomon, V. A. P.. **A Utilização do método AHP para traçar, como ferramenta para o auxílio a decisão de um candidato, a escolha de um curso de engenharia**. 2009. 11 f. Universidade Estadual Paulista – UNESP, Guaratinguetá, 2009.

BOTEF, I. Aging Aircrafts: Concerns and Possible Solutions. **5th WSEAS International Conference on Materials Science**, Sliema, Malta, Volume: ADVANCES in DATA NETWORKS, COMMUNICATIONS, COMPUTERS and MATERIALS, 2012. Disponível em: <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2012/Sliema/DNMAT/DNMAT-36.pdf>. Acesso em: 11 maio 2021.

BRASIL, Comando da Aeronáutica. **DCA 400-6: CICLO DE VIDA DE SISTEMAS E MATERIAIS DA AERONÁUTICA**. Brasília: EMAER, 2007.

BRASIL, Comando da Aeronáutica. **ICA 66-31: PARÂMETROS BÁSICOS DAS INSPEÇÕES PROGRAMADAS DAS AERONAVES DA FAB**. São Paulo: DIRMAB, 2019.

BRASIL, Comando da Aeronáutica. **Indicadores Gerenciais de Grandes Comandos**. Disponível em: <https://www.siloms.intraer/indicadores/indicadores.php?mod=2&tela=1>. Acesso em: 22 jul. 2021.

BRASIL, Comando da Aeronáutica. **Parecer sobre a aquisição de aeronaves H-125 sob a ótica da padronização baseada no apoio logístico existente**. São Paulo: COMGAP, 2020.

BRASIL, Helibras. **EQUIPAMENTOS OPCIONAIS 2016**. São Paulo: Helibras, 2016.

BRASIL, Ministério da Defesa. **MD 40-M-01: MANUAL DE BOAS PRÁTICAS PARA A GESTÃO DO CICLO DE VIDA DE SISTEMAS DE DEFESA**. Brasília: EMCFA, 2019.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto da. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

COSTA, Helder Gomes. **Introdução ao método de análise hierárquica**. Niterói: UFF, 2002.

FARIA, Leonardo Gomes de. **Análise da economia associada à modernização do Sistema de Aviônicos da aeronave H-50**. 2021. 12 f. Trabalho apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no MBA em Liderança com ênfase em Gestão no COMAER, EAOAR, Rio de Janeiro, 2021.

FORLOGIC, Qualiex. **Diagrama de Pareto**. 2016. Disponível em: <https://ferramentasdaqualidade.org/diagrama-de-pareto/>. Acesso em: 17 jul. 2021.

FRANÇA, Wagner Teixeira. **INTEGRAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA E DO CUSTO DO CICLO DE VIDA: EVITANDO TRADE-OFF ENTRE ABORDAGENS AMBIENTAIS E ECONÔMICAS**. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, do Departamento de Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018.

GIL, Antônio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HELICOPTERS, Airbus. **ILLUSTRATED PARTS CATALOG: AS350 MIL**. Marignane: AIRBUS, 2020.

HELICOPTERS, Airbus. **MAINTENANCE MANUAL: AS350B, B1, BA, BB, D, L1**. Marignane: AIRBUS, 2020.

HELICOPTERS, Airbus. **SERVICE BULLETIN: Conversion of AS350 B Version into AS350 BA Version**. 10. ed. Marignane: AIRBUS, 2016.

IATA, International Air Transport Association. **Maintenance Costs for Aging Aircraft**, 2018, 1ª ed. Disponível em: <https://www.iata.org/contentassets/bf8ca67c8bcd4358b3d004b0d6d0916f/mcaa-1sted-2018.pdf>. Acesso em: 11 maio 2021.

KANAAN, Gustavo Alves Bruno (elab.). **RELATÓRIO TÉCNICO: RT SP 17 TTH2 001 H-50**. São Paulo: PAMASP, 2017.

ORGANISATION, North Atlantic Treaty. **RTO-MP-096: Cost Structure and Life Cycle Cost (LCC) for Military Systems**. Artigos apresentados no Simpósio RTO Studies, Analysis and Simulation Panel (SAS), Paris, 2001.

S/A, Helicópteros do Brasil. **LISTA DE PREÇOS 2019**. Itajubá: HELIBRAS, 2019.

VARGAS, Ricardo. **Utilizando a programação Multicritério (Analytic Hierarchy Process – AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio**. 2010. 23 f. PMI Global Congress 2010 – North America, Washington, 2010.

**ANEXO A– QUANTIDADE DE FCDD DO PROJETO H2 POR SISTEMA
ENTRE 2016 E 2020**

SISTEMA	QTE FCDD EM 2016	2016 (%)	QTE FCDD EM 2017	2017 (%)	QTE FCDD EM 2018	2018 (%)	QTE FCDD EM 2019	2019 (%)	QTE FCDD EM 2020	2020 (%)	MÉDIA
23	34	12,27%	24	5,01%	47	9,71%	10	7,19%	25	7,46%	8,17%
24	51	18,41%	93	19,42%	123	25,41%	34	24,46%	90	26,87%	22,81%
26	1	0,36%	5	1,04%	1	0,21%	3	2,16%	3	0,90%	0,76%
28	11	3,97%	20	4,18%	27	5,58%	10	7,19%	15	4,48%	4,84%
29	10	3,61%	19	3,97%	26	5,37%	4	2,88%	9	2,69%	3,97%
30	2	0,72%	1	0,21%	16	3,31%	3	2,16%	2	0,60%	1,40%
32	1	0,36%	5	1,04%	1	0,21%	0	0,00%	2	0,60%	0,53%
33	8	2,89%	27	5,64%	38	7,85%	8	5,76%	28	8,36%	6,36%
34	60	21,66%	105	21,92%	66	13,64%	28	20,14%	69	20,60%	19,14%
52	2	0,72%	10	2,09%	10	2,07%	3	2,16%	0	0,00%	1,46%
53	1	0,36%	4	0,84%	6	1,24%	1	0,72%	1	0,30%	0,76%
62	20	7,22%	35	7,31%	21	4,34%	12	8,63%	22	6,57%	6,42%
63	2	0,72%	19	3,97%	9	1,86%	1	0,72%	6	1,79%	2,16%
64	5	1,81%	6	1,25%	12	2,48%	2	1,44%	4	1,19%	1,69%
65	10	3,61%	21	4,38%	9	1,86%	4	2,88%	11	3,28%	3,21%
67	18	6,50%	19	3,97%	13	2,69%	5	3,60%	11	3,28%	3,85%
71-80	35	12,64%	46	9,60%	29	5,99%	5	3,60%	30	8,96%	8,46%
OUTROS SISTEMAS (25 e 55)	6	2,17%	20	4,18%	30	6,20%	6	4,32%	7	2,09%	4,03%

**ANEXO B – ELEMENTOS DE CUSTOS DOS PROJETOS H-50 E H125
(ANÁLISE COMPARATIVA)**

Tipo de custo	Elemento analisado	Custo será estimado no projeto?		Considerações	Metodologia
		H-50	H125		
Aquisição	Aquisição e desenvolvimento	NÃO	SIM	O valor de aquisição de cada aeronave servirá para aquisição do sistema e dos poucos suportes logísticos necessários (não existentes no projeto H2).	Analítico
Aquisição	Suporte logístico inicial	NÃO	SIM		Opinião de especialista
Aquisição	Teste e aceitação	NÃO	SIM	Os custos desses elementos serão considerados desprezíveis em função da utilização da estrutura já existente para aeronave H-50.	Analogia
Aquisição	Instalação do sistema	NÃO	SIM		Analogia
Aquisição	Projeto (preparação)	NÃO	SIM		Analogia
Operação	Custo pessoal operacional	SIM	SIM	Custos similares.	Analogia
Operação	Custo de treinamento de operadores	SIM	SIM	Custos similares/ já contabilizado na aquisição da nova aeronave.	Analogia
Operação	Custo de documentação de operação.	NÃO	SIM	Já contabilizado na aquisição da nova aeronave.	Analogia
Operação	Custos de infraestrutura e apoio para operação.	NÃO	NÃO	Utilização da estrutura já existente para aeronave H-50.	-
Operação	Custos de consumíveis	SIM	SIM	Os consumíveis para operação (óleo, fluidos, graxas, combustível, químicos, energia etc.) possuem taxa de consumo similares.	Analogia/ opinião de especialista
Suporte	Custo de pessoal da manutenção	SIM	SIM	Custos similares.	Analogia
Suporte	Custo de treinamento de mantenedores	SIM	SIM	Custos similares/ já contabilizado na aquisição da nova aeronave.	Analogia
Suporte	Custo de apoio à manutenção	NÃO	NÃO	Utilização de equipamento já existente para aeronave H-50.	-
Suporte	Custos de manutenção e reparos de itens,	SIM	SIM	Custo será maior para o projeto H-50 em função do	Analogia/ opinião de

	incluindo estocagem			maior TBO do motor da aeronave H125. Além disso, a aeronave H-50 necessita realizar a inspeção "C" (valores já calculados)	especialista/ analítico
Suporte	Custos de teste e apoio	SIM	SIM	Custos similares.	Analogia
Suporte	Custos de documentos de manutenção	NÃO	SIM	Já contabilizado na aquisição da nova aeronave.	Analogia
Suporte	Custos de recursos computacionais	NÃO	NÃO	Utilização da estrutura já existente para atender ao projeto H2.	-
Suporte	Custo de infraestrutura	NÃO	NÃO	Utilização da estrutura já existente para aeronave H-50.	-
Suporte	Custo de embalagem, entrega, armazenagem e transporte.	SIM	SIM	Custos similares/ utilização da estrutura já existente na FAB.	Analogia
Suporte	Custo de contratação de manutenção.	SIM	SIM	O custo será maior à aeronave H125 em função da contratação da manutenção de 3º nível	Analogia
Suporte	Custos de modificações	SIM	NÃO	Custo estimado das modificações mínimas necessárias ao projeto H2	Analítico
Descarte	Descarte de material	SIM	SIM	Custos similares.	Analogia
Descarte	Alienação de elementos de apoio	SIM	SIM	Custos similares.	Analogia

ANEXO C - FERRAMENTA AHP NA ANÁLISE DE ATRIBUTOS DAS AERONAVES H-50 E H125

AHP						
PASSO 1: ESTABELECENDO PRIORIDADES LOCAIS						
	Vantagem Contratação	Atualização tecnológica	Dados técnicos	Sistema de apoio	Grau de capacitação	VETOR PRIORIDADE
Vantagem Contratação	1	1	8	7	2	0,357
Atualização tecnológica	1	1	7	5	1/2	0,250
Dados técnicos	1/8	1/7	1	1/3	1/7	0,034
Sistema de apoio	1/7	1/5	3	1	1/6	0,062
Grau de capacitação	1/2	2	7	6	1	0,297
					CR	0,053

PASSO 2: VERIFICAÇÃO DE CONSISTÊNCIA							
						SOMA	SOMA/PRIO
Vantagem Contratação	0,357	0,250	0,274	0,432	0,593	1,907	5,337
Atualização tecnológica	0,357	0,250	0,240	0,309	0,148	1,304	5,213
Dados técnicos	0,045	0,036	0,034	0,021	0,042	0,178	5,185
Sistema de apoio	0,051	0,050	0,103	0,062	0,049	0,315	5,104
Grau de capacitação	0,179	0,500	0,240	0,370	0,297	1,586	5,345

Vantagem Contratação	H-50	H125	H-50 ATUAL	PRIORIDADE
H-50	1	1/2	1	0,250
H125	2	1	2	0,500
H-50 ATUAL	1	1/2	1	0,250
			CR	0,000

Atualização tecnológica	H-50	H125	H-50 ATUAL	PRIORIDADE
H-50	1	1	7	0,451
H125	1	1	9	0,490
H-50 ATUAL	1/7	1/9	1	0,059
			CR	0,006

Dados técnicos	H-50	H125	H-50 ATUAL	PRIORIDADE
H-50	1	3	1	0,429
H125	1/3	1	1/3	0,143
H-50 ATUAL	1	3	1	0,429
			CR	0,000

Sistema de apoio	H-50	H125	H-50 ATUAL	PRIORIDADE
H-50	1	3	1	0,429
H125	1/3	1	1/3	0,143
H-50 ATUAL	1	3	1	0,429
			CR	0,000

Grau de capacitação	H-50	H125	H-50 ATUAL	PRIORIDADE
H-50	1	7	1	0,451
H125	1/7	1	1/9	0,059
H-50 ATUAL	1	9	1	0,490
			CR	0,006

λMAX (MÉDIA)	5,237
CI (ÍNDICE)	0,059
CR (RELAÇÃO)	0,053