

**AVALIAÇÃO DA ECONOMICIDADE DA MODERNIZAÇÃO DOS UH-60L DA FORÇA
AÉREA BRASILEIRA, SOB A ÓTICA DO CUSTO DE HORA DE VOO, COM
PRIORIZAÇÃO DAS OPÇÕES PELO USO DO MÉTODO MULTICRITÉRIO
MACBETH**

**EVALUATION OF THE ECONOMICITY OF MODERNIZING THE BRAZILIAN AIR
FORCE'S UH-60LS, FROM THE PERSPECTIVE OF THE COST PER FLIGHT HOUR,
PRIORITIZING THE OPTIONS BY USING THE MACBETH MULTI-CRITERIA
METHOD**

Arthur Jucá de Brites¹
Fernando Rodrigues de Sá²
Leila Scanfone³

RESUMO

Este trabalho aborda a avaliação da economicidade, sob a ótica do custo de hora de voo, da modernização dos UH-60L da Força Aérea Brasileira, com priorização pelo uso do método multicritério MacBeth. Tal abordagem se faz necessária, porque projetos em fase de obsolescência tendem a apresentar um aumento significativo de custos e uma diminuição considerável de disponibilidade, sendo, portanto, essa a fase adequada para se buscar soluções de substituição ou modernização do sistema. Portanto, por saber-se que o projeto H-60L já está em fase de obsolescência, projetar os custos de hora de voo da atual frota proporciona um aspecto comparativo, em termos de custos, entre suas opções de modernização. Dessa forma, o objetivo deste estudo é verificar a economicidade da modernização do projeto UH-60L da Força Aérea Brasileira. Tal intento será alcançado mediante a análise dos custos históricos de hora de voo tanto da versão L como de suas opções de modernização, projetando-os para os próximos 15 anos, segundo o critério empregado pelo *Congressional Budget Office* (CBO). Num segundo momento, as opções serão priorizadas pelo emprego do método multicritério Macbeth, para tanto, serão apresentados critérios das legislações estratégicas da Força Aérea Brasileira. O estudo apontou que a modernização do H-60L Black Hawk possibilita uma maior economia e um incremento de disponibilidade para os próximos 15 anos, viabilizando, dessa forma, a operação e a manutenção dos objetivos estratégicos da Força Aérea Brasileira no futuro.

Palavras-chave: UH-60. Black-Hawk. Modernização. Método Macbeth. Método Multicritério

1 Pós-graduando em Logística Empresarial pelo UNIS. Graduado em Ciências Aeronáuticas e Administração Pública pela Academia da Força Aérea (AFA)/2017. E-mail: ajbrites@yahoo.com.br.

2 Doutor em Ciência da Computação na área de Engenharia de Software (Métodos Ágeis) pelo Instituto Tecnológico da Aeronáutica - ITA/2022. Mestre em Ciência da Computação na Área de Redes sem Fio Definidas por Software (SDWN) - ITA/2016. Graduado em Ciências Aeronáuticas pela Academia da Força Aérea - AFA/1999.

3 Doutora em Administração pela Universidade Federal de Minas Gerais. Professora do Grupo Educacional UNIS. E-mail: leila.scanfone@professor.unis.edu.br

ABSTRACT

This work addresses the evaluation of the economicity, from the perspective of the cost per flight hour, of the modernization of the Brazilian Air Force's UH-60L, prioritizing the options by using the MacBeth multi-criteria method. This approach is necessary, because projects in the obsolescence phase tend to present a significant increase in costs and a considerable decrease in availability, which is, therefore, the appropriate phase to seek solutions for replacing or modernizing the system. Therefore, as it is known that the H-60L project is already in the obsolescence phase, projecting the flight hour costs of the current fleet provides a comparative aspect, in terms of costs, between its modernization options. Therefore, the objective of this study is to verify the economicity of modernizing the Brazilian Air Force's UH-60L project. This aim will be achieved by analyzing the historical flight hour costs of the L version and its modernization options, projecting them for the next 15 years, according to the criteria used by the Congressional Budget Office (CBO). Secondly, the options will be prioritized using the Macbeth multi-criteria method, to this end, criteria from the strategic legislation of the Brazilian Air Force will be presented. The study pointed out that the modernization of the H-60L Black Hawk allows for greater savings and an increase in availability for the next 15 years, thus enabling the operation and maintenance of the strategic objectives of the Brazilian Air Force in the future.

Keywords: UH-60. Black-Hawk. Modernization. Macbeth Method. Multicriteria Method.

1 INTRODUÇÃO

O UH-60L Black Hawk é um helicóptero utilitário multimissão utilizado pela Força Aérea Brasileira (FAB), sendo um dos principais vetores empregados no Sistema de Busca e Salvamento (*Search and Rescue* - SAR) do Brasil. Tem sido também amplamente empregado em situações de ajuda humanitária e missões dos mais variados tipos em apoio às necessidades da população brasileira, tais como, vacinação de população indígenas, apoio às enchentes e calamidades públicas, apoio às comunidades ribeirinhas, distribuição de urnas eleitorais em locais de difícil acesso, entre outros (SANTOS, 2023)

Bezerra (2022) apresenta em seu estudo que, nos últimos anos, a frota de H-60L da FAB vem apresentando um aumento significativo de taxa de falhas e tempo de reparo, especialmente de itens eletrônicos e aviônicos, o que leva a um consequente aumento de custos de manutenção. De acordo com o Escritório de Orçamento do Congresso norte-americano (*Congressional Budget Office* - CBO) (2018), tais fatores denotam obsolescência no projeto, o que leva a um consequente aumento de custos.

Por outro lado, Blanchard (2014) descreve que o cenário atual demanda cada vez mais disponibilidade a um custo cada vez mais baixo. Dessa forma, tais afirmações apresentam um cenário complexo, em que o sistema em questão demanda cada vez mais recursos para se sustentar e o ambiente em que está inserido tende a reduzir os recursos necessários.

Dessa forma, cabe a questão: As opções de modernização do H-60L podem apresentar maior economicidade se comparados à versão atual?

Vale ressaltar, no entanto, que em se tratando de sistemas de armas complexos, a opção de economicidade do projeto deve atender também os objetivos estratégicos da nação que o emprega. Dessa forma, faz-se imperativo observar as normas contidas nas legislações estratégicas da Força Aérea Brasileira, a fim de definir parâmetros comparativos entre as opções e assim definir uma metodologia de uso e análise de comparações.

O intuito desse trabalho, portanto, é verificar a economicidade da modernização do UH-60L Black Hawk. Será feito, portanto, uma avaliação dos custos de uma possível modernização ou substituição dos UH-60L da FAB, do ponto de vista do custo de hora de voo (CHV), estimando os impactos econômicos de cada opção para os próximos 15 anos de operação, comparando-as através do método multicritério MacBeth.

Para atingir tal objetivo, inicialmente analisar-se-á os custos históricos de hora de voo, das versões L e M, projetando-os para os próximos 15 anos, através de ferramentas matemáticas. Ademais, baseado na proposta de modernização, a versão *Brazilian Air Force Full Glass Cockpit* (Versão Brasileira de Modernização - H-60LM), projetar-se-á os custos estimados para o mesmo período, comparando as projeções obtidas.

Por fim, comparar-se-á as opções estudadas utilizando o método multicritério Macbeth. Para isso, serão estabelecidas previamente, através de revisão bibliográfica, os critérios de comparação, com foco no atendimento das necessidades operacionais e logísticas, apresentados pelas legislações estratégicas da Força Aérea Brasileira.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 HISTÓRICO

O UH-60 Black Hawk é um helicóptero utilitário multimissão produzido pela *Sikorsky, a Lockheed Martin Company*. A primeira unidade foi desenvolvida e entregue para o Exército Norte-americano (*US Army*) no ano de 1978, tendo sido produzidos mais de 5000 unidades desde então, operando em 34 países diferentes (LOCKHEED MARTIN, 2023).

Até o ano de 1989, foi produzida a versão “A”, primeiro modelo de produção concebido pela empresa, quando então foram substituídos pela versão “L”, com aprimoramentos de motor, maior robustez na transmissão principal e uma leve melhoria de aviônicos (PROGRAM EXECUTIVE OFFICE, 2018).

No ano de 2006, a Força Aérea Brasileira adquiriu suas primeiras unidades da versão “L”, tendo adicionado à sua frota um total de 16 helicópteros até o ano de 2014 (BEZERRA, 2022).

Devido às necessidades tecnológicas e demandas governamentais norte-americanas, a *Sikorsky*, desenvolveu e passou a produzir a versão “M”, com aprimoramentos de desempenho em diversas áreas, mas principalmente na parte eletrônica e aviônica do helicóptero, encerrando a produção da versão “L” para o *US Army* (LOCKHEED MARTIN, 2023).

Isso se deu especialmente devido à obsolescência dos itens eletrônicos, que tem o ciclo de vida de até 07 anos em média (SHUMAN; CARR, 2002).

Neste cenário, a versão operada pela Força Aérea Brasileira passou a encontrar dificuldades de suportabilidade em datas mais recentes, especialmente causadas pelos itens eletrônicos. Bezerra (2022) afirma que os itens eletrônicos embarcados no helicóptero têm sofrido um aumento constante das taxas de falha e tempo necessário para reparo, chegando a representar 35% do tempo de indisponibilidade do sistema, demonstrando que a versão utilizada pela FAB já se encontra em fase de obsolescência.

Segundo o CBO (CONGRESSIONAL BUDGET OFFICE, 2018), essa fase do projeto tende a ter custos crescentes de manutenção e operação, o que pode sugerir o momento ideal para troca do sistema ou sua modernização. Por esse motivo, no ano de 2022, o Exército Brasileiro recebeu uma proposta de modernização da sua frota de *Black Hawk*, que contemplava também uma proposta para a Força Aérea Brasileira. O modelo apresentado em tal proposta será denominado neste trabalho de “Modernização FAB” (*Brazilian Air Force Full Glass Cockpit*) ou H-60LM.

Nota-se que, segundo o fabricante, as três versões da aeronave possuem partes mecânicas compatíveis, tais como, sistema hidráulico, transmissão do rotor de cauda, o próprio rotor de cauda, entre outros, totalizando, pelo menos, 50% dos itens (*Part Numbers* - PN) compatíveis, sendo a principal e crucial diferença justamente os itens eletrônicos (LOCKHEED MARTIN, 2023).

Nota-se também, que a proposta de modernização da versão brasileira, teoricamente, permitiria a compatibilização de toda parte eletrônica com a versão mais atual da aeronave no mercado, mitigando assim, o problema da obsolescência.

No entanto, a taxa de crescimento de custos de hora de voo das versões que sofrem com a obsolescência, pode e deve ser calculada, a fim de propiciar uma visão mais minuciosa do efeito do envelhecimento da frota sobre os custos de operação, e assim, possibilitar uma melhor assessoria aos decisores, em termos de comparação de custos. Dessa forma, o CBO propõe uma forma de cálculo para os efeitos do envelhecimento da frota em seu custo de hora de voo, o que será abordado no próximo tópico.

2.2 CÁLCULO DE CUSTO BASEADO NO HISTÓRICO DE CUSTO DE HORA DE VOO

É importante começar pela análise do impacto do custo total a partir do cenário atual, com a avaliação e projeção dos custos de manutenção para o tempo previsto de operação do sistema em uso.

A abordagem de projeção linear permite projetar matematicamente, a partir do histórico de custos, as tendências de comportamento de custo de um determinado sistema, permitindo identificar em qual fase o projeto se encontra: amadurecimento, maturidade ou obsolescência (CONGRESSIONAL BUDGET OFFICE, 2018).

Nesse ensejo, o CBO (2018) propõe uma metodologia de cálculo de projeção de custo de hora de voo para aeronaves em amadurecimento ou em fase de obsolescência, através de Projeção Linear. O método utilizado pelo órgão americano propõe que o custo de hora de voo pode ser relacionado à idade média de uma frota, através da seguinte fórmula matemática:

$$\ln\left(\frac{Cost}{FH}\right) = \alpha + \beta \times Age$$

Onde:

- $\ln$ = Logaritmo Natural
- Cost = Custo total de operação do período t
- FH = Horas voadas no período t
- Age = Idade Média da frota em anos no período analisado
- α = Coeficiente de Interceptação
- β = Taxa de crescimento de custo

Nota-se que, caso o β seja negativo, o projeto encontra-se em fase de amadurecimento e, portanto, apresenta custos decrescentes. No entanto, se o β for positivo, o projeto já está em fase de obsolescência, com custos crescentes (CONGRESSIONAL BUDGET OFFICE, 2018). Para projetos maduros, o cálculo pode-se apresentar ineficiente, uma vez que os custos tendem a ser estáveis.

Dessa maneira, utilizando-se os custos históricos de hora de voo pode-se, através desta abordagem, calcular a taxa de crescimento média anual estimada (β) de cada frota em processo de obsolescência e projetar os custos aproximados para os próximos anos de operação (CONGRESSIONAL BUDGET OFFICE, 2018).

Nota-se, no entanto, que esta abordagem desconsidera o efeito da inflação, bem como não aborda questões mais complexas que podem influenciar no valor total, tais como a maneira como a aeronave é empregada ou a quantidade de investimento alocada para a manutenção da aeronave⁴.

Entretanto, o cálculo acima mostrou-se, ao longo do tempo, eficiente o suficiente para estimar com certo grau de precisão a taxa de crescimento de custos de sistemas complexos, especialmente aeronaves (CONGRESSIONAL BUDGET OFFICE, 2018).

Outrossim, em se tratando de sistemas dessa natureza e dada a importância do desempenho do projeto, nota-se que não se deve optar necessariamente pelo mais econômico, mas sim, pelo mais economicamente viável que atenda às necessidades estratégicas estabelecidas.

Por isso, comparar opções de aquisição, substituição ou modernização se torna complexo, fazendo-se necessário utilizar metodologias adequadas para a seleção da melhor opção. Nesse ensejo, surge como ferramenta o método multicritério MacBeth, descrito adiante.

2.3 MÉTODO MULTICRITÉRIO M-MACBETH

O Macbeth (*Measuring Attractiveness by a Category Based Evaluation Technique - Medindo a Atratividade por uma Técnica de Avaliação Baseada em Categorias*) é uma metodologia de auxílio à decisão. Elaborado por Carlos A. Bana e Costa, Jean-Marie De Corte e Jean-Claude Vansnick, permite apreciar opções tendo em conta múltiplos critérios, inclusive critérios de ordem qualitativa. (BANA E COSTA; DE CORTE; VANSICK, 2017).

As pesquisas para o desenvolvimento do método foram iniciadas nos anos de 1990, por Bana e Costa e Vansnick, sendo apresentada pela primeira vez em 1994, na XI Conferência Internacional sobre Metodologia Multicritério de Apoio à decisão (BANA E COSTA; DE CORTE; VANSNICK, 2003).

Em 1997, De Corte desenvolveu a primeira versão de um software baseado na metodologia proposta por seus colegas citados acima. No entanto, as desvantagens do primeiro software levaram seus criadores a desenvolver um novo software, o M-MACBETH, utilizado neste trabalho. Tal sistema apresenta a evolução de incorporar os resultados da pesquisa teórica realizada nos anos seguintes ao desenvolvimento da primeira versão, permitindo, por exemplo, que as inconsistências fossem tratadas de uma forma matemática mais robusta (BANA E COSTA; DE CORTE; VANSNICK, 2003).

Dessa forma, o Macbeth é um método que une ferramentas matemáticas para construção de uma árvore de valor, a fim de definir uma tabela de impacto, seguindo a lógica de verificação de inconsistências, priorização, análise e discussão dos critérios descritos⁵ (BANA E COSTA; DE CORTE; VANSNICK, 2003). A lógica do método está descrita de maneira sumarizada no Anexo 1.

3 MATERIAL E MÉTODO

Para alcançar o objetivo proposto neste trabalho, será utilizada pesquisa documental para levantamento e projeção dos custos de hora de voo dos H-60L/M e a opção de modernização denominada LM. Para isso, a pesquisa bibliográfica também será empregada para apresentar os

⁴Para mais informações, recomenda-se a leitura do paper “*Operating Costs of Aging Air force Aircraft*” – CBO, 2018.

⁵Para mais informações, recomenda-se a leitura do *Working paper* 0359, de Carlos A.Bana e Costa; Jean-Marie De Corte e Jean-Claude Vansnick. Publicado em 2003 pela *London School of Economics and Political Science*. Disponível em: <http://eprints.lse.ac.uk/id/eprint/22761>

parâmetros do método MacBeth, sendo este, por definição, uma metodologia de quantificação de opções qualitativas.

Dessa forma, esta pesquisa se enquadra como quantitativa e aplicada, uma vez que se utiliza de projeções matemáticas aplicadas a um cenário real da Força Aérea Brasileira, além de descritiva e bibliográfica, devido à análise e exposição das legislações estratégicas da FAB.

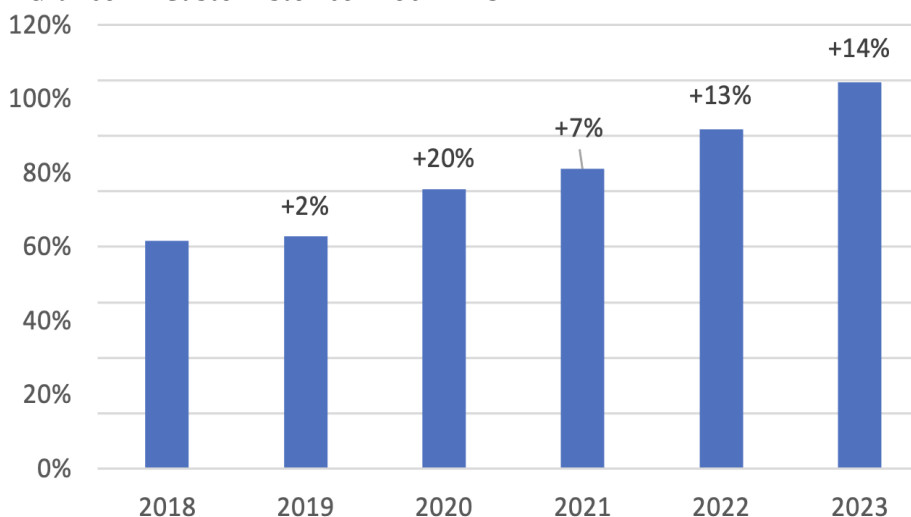
3.1 OBTENÇÃO DE DADOS

3.1.2 Dados H-60L e H-60M

Para os H-60L e H-60M foram levantados dados de custos de hora de voo fornecidos pela *PowerPack Company*, representante oficial da *Sikorky* no Brasil, através da qual, foi possível destacar os valores praticados pelo *US Army*, no Programa de Vendas Militares para Estrangeiros do governo Norte-americano (*Foreign Military Sales - FMS*), o qual o Brasil se beneficia desde 2021, através do Contrato de Suporte Logístico (*Contract of Logistic Support - CLS*) atualmente utilizado pela FAB para a frota de H-60L (BRASIL, 2020).

Os valores do H-60L remontam desde 2018 e por ter caráter reservado, os custos de hora de voo (CHV), que compõem o eixo Y, foram omitidos do trabalho, sendo apresentados de forma percentual, em que o 100% representa o valor mais elevado. Destaca-se o aumento do referido custo através das porcentagens acima de cada coluna, que se refere ao crescimento em relação ao período imediatamente anterior. Por exemplo, no ano de 2019 está indicado +2%, isto significa que o custo de hora de voo para o referido período aumentou em 2% em relação ao ano anterior, neste caso, 2018 e assim sucessivamente. Mas em termos absolutos, é possível verificar que em 2018 o CHV custava, em média, 60% do custo de 2023.

Gráfico 1 - Custo Histórico H-60L FMS

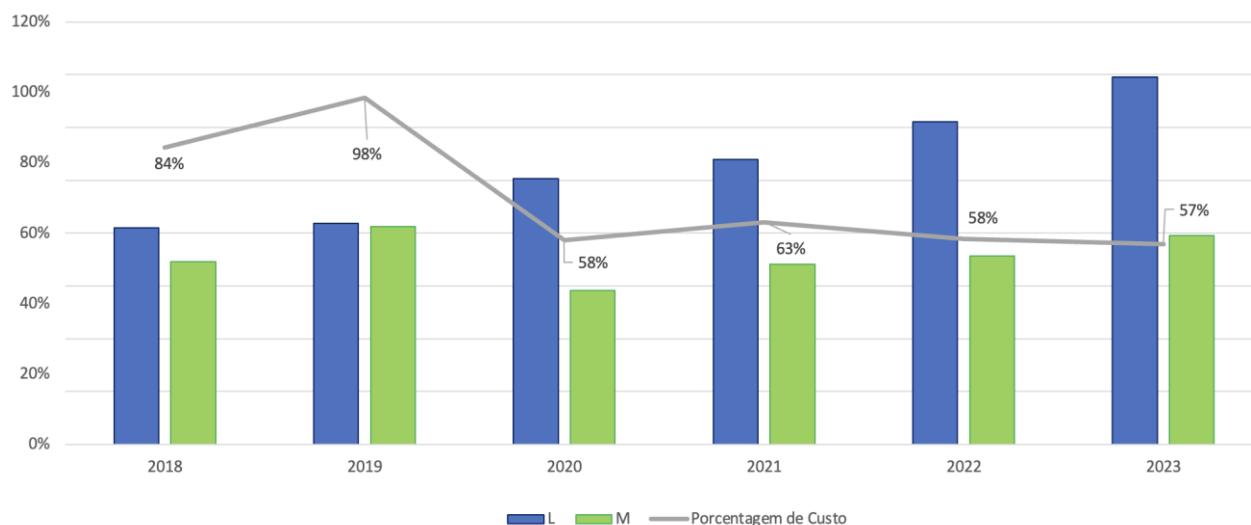


Fonte: O Autor

Para a versão M, os CHV fornecidos pela *PowerPack Company*, também possuem caráter reservado, sendo, portanto, apresentados graficamente abaixo. Nas colunas verdes aparecem os custos praticados no FMS do H-60M, e em azul o custo FMS do H-60L (já apresentados no gráfico acima). Na linha cinza está a porcentagem do custo do H-60M em relação ao H60L para o relativo

período. A título de exemplo, no ano de 2018, o CHV do H-60M foi de 84% do CHV do H-60L, a lógica segue para os demais anos do gráfico.

Gráfico 2 - Comparação de CHV H-60L e H-60M FMS



Fonte: O Autor

Deve-se ressaltar que o custo médio da hora de voo apresentado neste trabalho teve como base o custo praticado para os usuários do programa FMS, sendo utilizado como parâmetro o tipo de operação do *US Army*, órgão com maior frota da aeronave, podendo, portanto, apresentar alguma variação em outros contextos.

Não sendo o foco do presente expediente a discussão da metodologia de cálculo do custo, assume-se como premissa, baseada na capacidade e nas competências da empresa e do Governo em questão, que a forma de cálculo do custo da hora de voo é adequada e eficiente.

3.1.3 Dados H-60LM – Modernization FAB (*Brazilian Air Force Full Glass Cockpit*)

Para o H-60LM, por não se ter histórico de valor de operação, foi feita uma análise de compatibilidade de itens entre as versões já existentes, a fim de estimar a redução do custo no projeto modernizado a partir da versão brasileira do H-60. Foi calculado também o custo médio estimado de comercialização do pacote de modernização, baseado nos documentos fornecidos pela *PowerPack*.

Nota-se que, segundo a própria *Lockheed Martin* (2023) o pacote de modernização contempla basicamente o escopo de itens em obsolescência na atual versão L, ou seja, principalmente aviônicos. Ressalta-se, também, que os itens não contemplados pela modernização, ou seja, itens mecânicos e hidráulicos, não apresentam aumento significativo da taxa de falha ou dos valores de manutenção, conforme demonstrado por BEZERRA (2022).

Ademais, segundo a *PowerPack*, pelo menos 50% dos PN são compatíveis entre a atual versão L e a versão M (LOCKHEED MARTIN, 2023), podendo, devido à atualização da parte eletrônica, chegar à 70% de compatibilidade entre as versões M e LM. No entanto, alguns itens mecânicos (como a pá do rotor principal), continuariam incompatíveis, mas teoricamente não afetariam significativamente o CHV do LM em relação ao M.

Dessa forma, pode-se considerar que teoricamente a versão H-60LM seria consideravelmente parecida com o H-60M, no que tange aos custos de operação do projeto.

No entanto, o desempenho operacional das aeronaves em questão possui diferenças, assim sendo, a fim de propiciar uma análise mais completa e dimensionar o impacto dessa diferença, é preciso estabelecer critérios relevantes de avaliação de interesse para a FAB. Nesse escopo, os critérios utilizados para priorização através do método MacBeth serão apresentados no tópico a seguir.

3.2 CRITÉRIOS UTILIZADOS PARA ANÁLISE MACBETH

Segundo Bana e Costa, et al “Uma boa tomada de decisão requer que se comece por refletir sobre o que se pretende obter, isto é, sobre quais os pontos de vista com interesse para a avaliação” (2017, p. 11), por esse motivo, a fim de identificar critérios tangíveis e coerentes com as necessidades da Força Aérea Brasileira, foi feita uma pesquisa documental das legislações estratégicas da FAB, das quais se destaca a DCA 11-1/2020 que versa sobre a Sistemática de Planejamento e Gestão Institucional da Aeronáutica.

O Anexo C do referido documento apresenta a Matriz de Priorização de Abertura de Projetos, sendo o item 4 os critérios a serem utilizados, quais sejam: Alinhamento com as Capacidades; Alinhamento com o Mapa Estratégico; Vinculação a outros Projetos; Impacto Institucional (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2020). A descrição de cada elemento foi extraída do documento base e tabelada por este autor, como se segue:

Tabela 1 - Descrição dos Critérios da DCA 11-1

Alinhamento com as Capacidades	“Considera o impacto direto do projeto na obtenção das Capacidades descritas na Concepção Estratégica”
Alinhamento com o Mapa Estratégico	“Considera o impacto direto do projeto em relação às estratégias de médio prazo da Instituição, apresentadas no Mapa Estratégico e pormenorizada por intermédio dos Objetivos Estratégicos”
Vinculação a outros Projetos	“Considera o relacionamento com outros projetos planejados ou em execução. Avalia a existência e intensidade da conexão entre ações que contribuem para um único objetivo”
Impacto Institucional	“Considera a importância das consequências passíveis de ocorrerem, caso o projeto não seja implementado no COMAER, ou seja, verifica quão imprescindível é a execução do projeto no atendimento às necessidades da Instituição.”

Fonte: Adaptado de Comando da Aeronáutica, 2020.

Percebe-se que os critérios abordam os interesses estratégicos da Força, sendo utilizados como base para análise e priorização de projetos. Nos anexos deste trabalho é possível encontrar uma cópia do anexo da DCA 11-1/2020, esquematizando os conceitos citados na tabela anterior.

O mesmo documento, também apresenta uma metodologia de uso dos critérios citados, no entanto, a fim de propiciar uma ferramenta otimizada de utilização de tais critérios, este trabalho aplicá-los-á ao método Macbeth, discutido no tópico 4.5.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 PROJEÇÃO H-60L

Através dos dados coletados, foi possível aplicar a metodologia de cálculo proposta pelo CBO. Para tanto, utilizando o programa Excel foi calculado o Logaritmo Natural ($\ln$) do custo de hora de voo de cada período, a partir disso, os dados foram dispostos de forma gráfica, gerando uma linha de tendência, possibilitando encontrar a equação da reta.

A equação que demonstra a tendência dos custos de hora de voo em função da idade média da frota, determinada a partir da reta de tendência, ficou definida por:

$$y = 0,1099x + 8,1729$$

Onde:

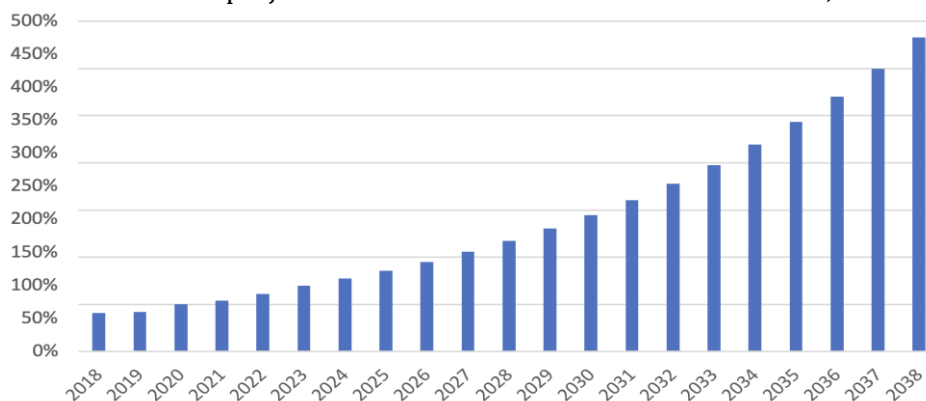
y = Logaritmo Natural ($\ln$) do Custo no período
0,1099 = Taxa de Crescimento de Custo Estimada
 x = Idade Média da Frota
8,1729 = Coeficiente de Interceptação

É importante frisar que o R^2 da equação é igual a 0,976. Por definição matemática, o R^2 indica a variância dos dados ao longo da reta, ou melhor dizendo, a explicação da reta em relação à equação.

Conceitualmente, R^2 varia entre 0 e 1 e quanto mais próximo de 1 estiver o valor, melhor a explicação da reta, ou seja, melhor se ajusta aos dados (CHEIN, 2019). Isto significa dizer que o modelo linear acima explica 97,6% da variância de Y (variável dependente) a partir de X (variável independente), o que indica excelente confiabilidade da equação em relação à reta. Dessa maneira, é possível projetar os custos no período futuro com certa margem de confiabilidade.

Nota-se que o valor de 0,1099 indica uma taxa de crescimento positiva, a um ritmo médio de 10,99% por período (ano), o que, segundo o CBO, de fato indica obsolescência do projeto. A partir de tal raciocínio, projetando a tendência para os próximos 15 anos, obtém-se o seguinte gráfico:

Gráfico 3 - Custo projetado baseado na taxa de crescimento de 10,99%



Fonte: O Autor

Novamente, o eixo vertical, que contém os valores em dólar do custo da hora de voo, foi substituído por porcentagens (haja vista a confidencialidade dos dados) em que o 100% representa

o valor no ano de 2023. Percebe-se que os custos atuais ainda são bem menores se comparados aos custos futuros. Nota-se também que a projeção, que se inicia no ano de 2024, segue bem o carácter de crescimento dos dados históricos (2018 a 2023) e possui natureza exponencial, conforme prevê o método do CBO.

Ademais, graficamente é possível perceber que já nos próximos 10 anos o CHV aumenta significativamente, na realidade, a projeção indica que, em relação ao valor atual, o CHV tende a dobrar nos próximos 07 anos (2030) e a se tornar 4,7 vezes maior no final do período de projeção, ou seja, em 2038.

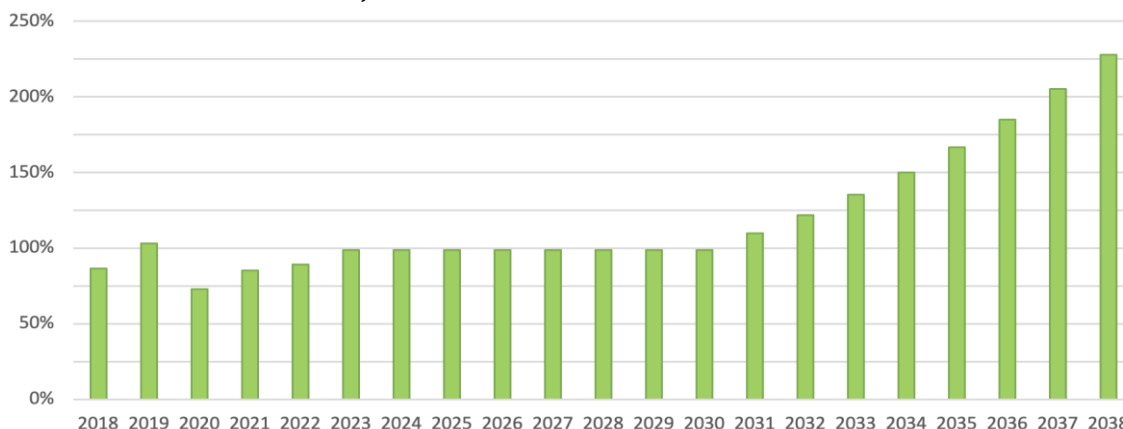
4.2 PROJEÇÃO H-60M

No projeto H-60M, o comportamento dos valores apresentou-se diferente da versão anterior. Dentro do espaço amostral, foi possível perceber que nos últimos 05 anos de operação, esta aeronave manteve pouca variabilidade do CHV, com desvio padrão de 10% em torno da média.

Nesse escopo, segundo Blanchard (2014) é possível inferir que o projeto se encontra em fase madura de operação, com custos estabilizados, assumindo-se assim, que não haverá mudança significativa dos valores nos próximos anos.

No entanto, o ciclo de vida de materiais eletrônicos dura em média até 07 anos, vindo a sofrer efeitos da obsolescência após esse período (SHUMAN; CARR, 2002), dos quais, o principal para este estudo é o aumento de custo. Dessa forma, por se entender que o H-60M é uma aeronave moderna, e a fim de realizar uma projeção mais confiável, considerou-se o custo inalterado apenas até o 7º ano de operação (2031), caso hipoteticamente a aeronave fosse implementada já em 2024

Gráfico 4 - CHV H-60M Projetado



Fonte: O Autor

Após esse período, por entender-se que a natureza da elevação dos custos é a mesma que o H-60L sofre atualmente, aplicou-se a taxa de crescimento de custos encontrada no projeto antecessor. Ressalta-se que a taxa de crescimento real só poderá ser calculada após o envelhecimento do projeto, sendo este cálculo, portanto, apenas uma estimativa. Por fim, o eixo Y representa a porcentagem total de crescimento do custo em relação ao valor praticado em 2023.

Nota-se que, como já demonstrado anteriormente, enquanto os custos do H-60L apresentam uma tendência de crescimento, o H-60M apresenta uma tendência a estabilidade de custo, e mesmo

com o cenário de elevação de custo após o 7º ano, este modelo chega a custar 3,5 vezes menos que seu antecessor no último período apresentado (2038).

Deve-se considerar, no entanto, que para essa versão, incidir-se-á o custo relativo à aquisição das novas aeronaves. A fim de fornecer um panorama mais fidedigno de viabilidade, tais comparações serão apresentadas no tópico 4.4 Comparação de Custos.

4.3 PROJEÇÃO H-60LM

Para o projeto LM, os custos de hora de voo tendem a se mostrar semelhantes ao H-60M, uma vez que a proposta prevê que toda a parte de aviônicos da aeronave seja substituída por componentes semelhantes aos utilizados na versão mais atual do projeto.

Dessa forma, a versão L, M e LM compartilhariam dos mesmos itens hidráulicos, e da maioria dos itens mecânicos, mas somente as versões M e LM teriam componentes eletrônicos mais recentes e semelhantes.

Portanto, o gráfico de custos de HV dessa versão se mostra semelhante ao anterior, com a diferença principal em seu custo de aquisição, uma vez que apenas o KIT de modernização seria adquirido.

O valor de tal Kit é composto por 2 parcelas de custo. O chamado “custo não-recorrente” (CNR), ou seja, custo do desenvolvimento do projeto, que independe da quantidade de aeronaves a serem modernizadas e o “custo unitário de material e mão-de-obra” (CMM) que deve ser multiplicado pela quantidade de aeronaves a serem modernizadas. Portanto, considerando a atual frota de 16 aeronaves da FAB, o cálculo do custo total da modernização (CTM) ficaria como segue:

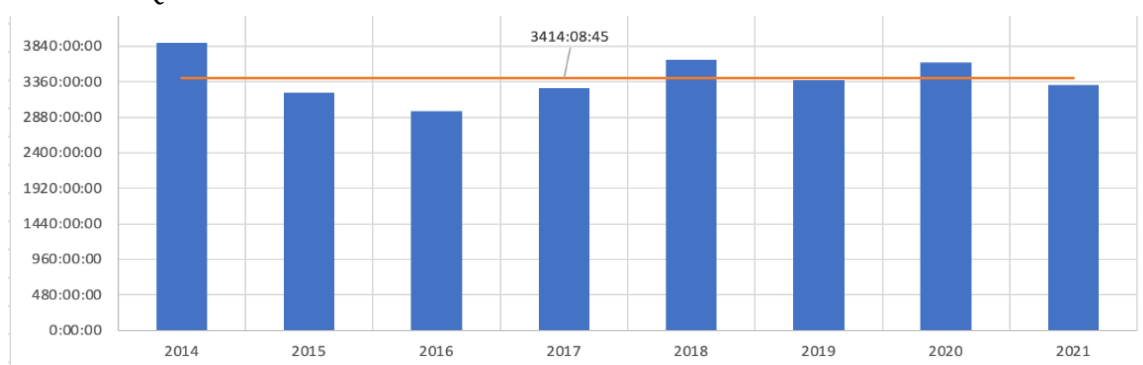
$$CNR + (CMM \times Quant. de Anv) = CTM$$

Dessa forma, pode-se comparar os custos totais de cada projeto, conforme se segue no próximo ponto.

4.4 COMPARAÇÃO DE CUSTOS

Antes de se comparar os valores obtidos, vale ressaltar que este trabalho tem como premissa que a quantidade média de horas voadas nos próximos anos se manterá constante, independentemente da versão em uso. Isso se deve ao fato de que nos anos anteriores a variação média de horas de voo, obtida através do Sistema Integrado de Logística de Material e de Serviços (SILOMS), foi relativamente baixa, tendo sido o desvio padrão de 274:10 h, 08% em relação à média e a amplitude máxima de variação em torno da média de 14%, o que representa 478:06 h, conforme mostra o gráfico 5 (onde o eixo vertical indica a quantidade de horas voadas e o horizontal indica o ano de operação). Em outras palavras, a média de horas anuais tende a se manter em torno de 3400h.

Gráfico 5 - Quantidade de Horas voadas do H-60L



Fonte: O Autor

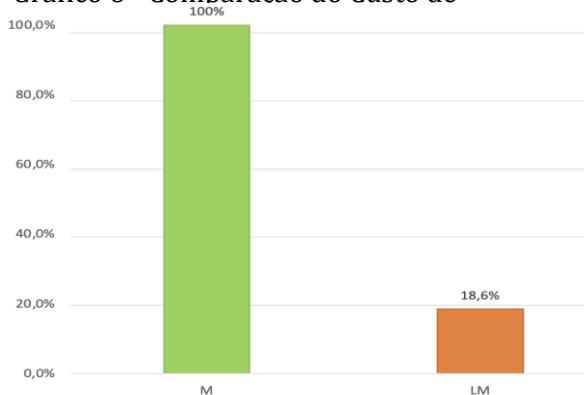
Dito isso, ao se comparar os custos dos projetos analisados neste trabalho, pôde-se chegar a três análises básicas de comparação: Custo de Aquisição, Custo Anual de HV e Custo Total Acumulado de HV.

A primeira, a saber, o Custo de Aquisição, incide somente sobre o H-60M e o H60LM (representado neste caso pelo CTM), uma vez que tais custos já foram pagos para o H-60L. Nota-se que o CTM, do H-60LM tende a ser bem menor do que o valor de aquisição do H-60M, uma vez que o custo de desenvolvimento é diluído entre as 16 unidades, restando a ser custeado basicamente a mão de obra e os itens aviônicos a serem instalados nas células já existentes.

Por esse motivo, o gráfico de comparação do custo de aquisição apresenta o H-60M como referência, por ter maior custo. O CTM do H-60LM aparece representando 18,6% do custo de aquisição do outro projeto (H-60M).

Um segundo tipo de comparação que se pode fazer está relacionado ao Custo anual de Hora de voo, derivando-se desta, duas abordagens. A primeira abordagem é a comparação de custo por hora de voo a cada ano, independentemente da utilização da aeronave. A segunda, é a comparação de custo aplicada ao cenário brasileiro, a saber, 3400 h por ano, com possíveis cenários de implementação dos projetos para cada caso.

Gráfico 6 - Comparação do Custo de



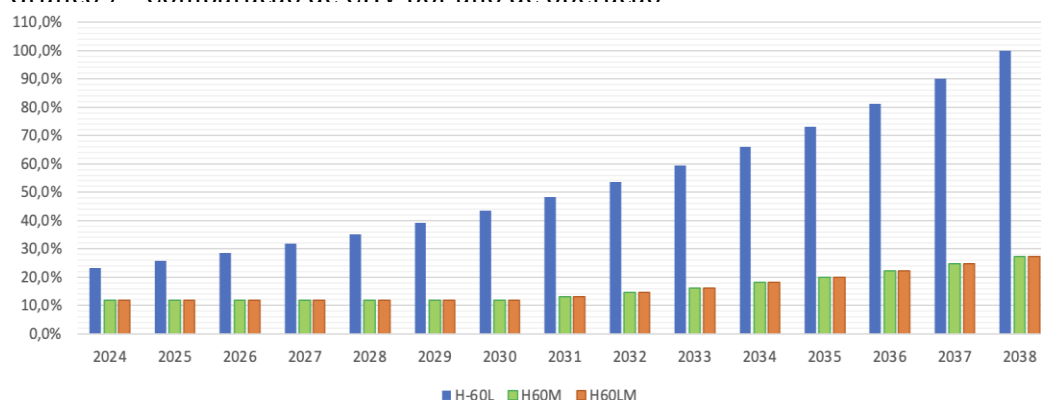
Fonte: O Autor

A comparação da primeira abordagem aparece no gráfico 7, em que o H60L é apresentado na cor azul, o H-60M na cor verde e o H-60LM na cor laranja. Ressalta-se que os valores apresentados são projeções já demonstradas anteriormente, sendo a projeção do H-60LM um valor hipotético, tendo por base a proposta de modernização.

Observa-se pelos valores do gráfico que já em 2024 a tendência é que as versões mais modernas do H-60 custem, aproximadamente, 50% do H-60L. De fato, no corrente ano, a versão M já custa 44% menos que o seu antecessor. No ano de 2029, essa porcentagem pode chegar à 70% de economia do M/LM em relação ao L, tendendo-se a estabilizar próximo a este valor, mesmo com elevação de custo dos projetos mais modernos, uma vez que a versão L tende a apresentar um valor de custo ainda mais elevado.

Para a segunda abordagem, a fim de apresentar um estudo mais próximo dos impactos reais econômicos, foram simulados dois cenários de substituição de aeronaves. O primeiro, para o caso do H-60L ser substituído pelo H-60M e o segundo, para a versão LM substituir a versão L.

Gráfico 7 - Comparação de CHV por ano de operação



Fonte: O Autor

Nesse sentido, para ambos os casos, assumiu-se as seguintes premissas: **1)** O contrato é assinado no denominado ano 01; **2)** as 16 matrículas atualmente em operação voariam a mesma quantidade de horas anuais; **3)** a substituição iniciar-se-ia no quarto ano após a assinatura do contrato, devido ao desenvolvimento e produção inicial; **4)** a janela de pagamento dos novos projetos iniciar-se-ia no ano seguinte à assinatura do contrato, com o pagamento de 04 unidades por ano e **5)** seriam implantadas 04 matrículas por ano, seja através de modernização (para a versão H-60LM) ou de aquisição de novas unidades (versão H-60M). Neste último caso, a cada nova matrícula em operação, uma matrícula antiga é aposentada, mantendo-se constante o número de 16 aeronaves. Admite-se também que as matrículas que deixam de operar não apresentam valor de alienação.

Foi desconsiderado todo e qualquer valor de aquisição de Equipamentos de Apoio ao Solo (EAS), uma vez que os equipamentos atualmente em uso são compatíveis com as versões mais modernas do H-60. Não foram considerados os valores necessários para treinamento e adaptação das equipagens.

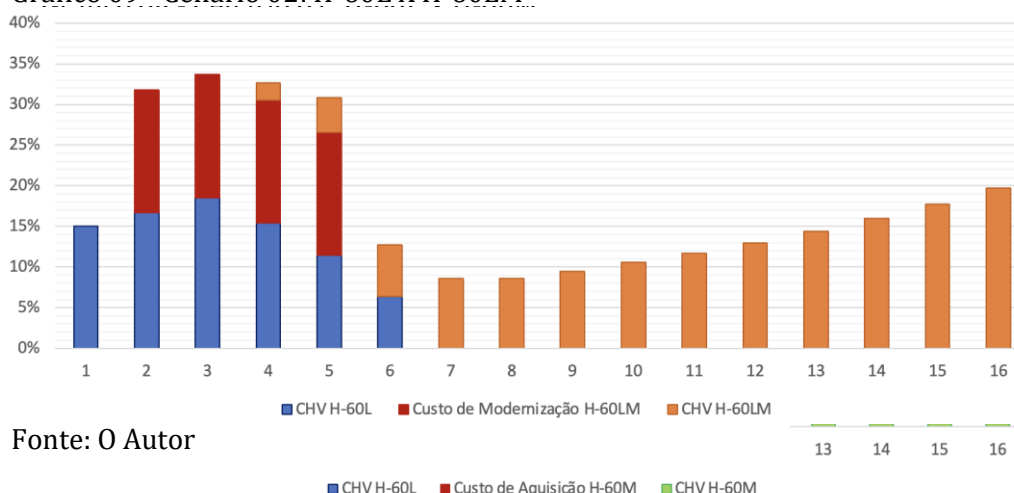
Para o cálculo de valor de aquisição do H-60M foi considerado o valor médio de proposta feita pelo *PowerPack* ao Exército Brasileiro, obtendo-se assim o mesmo valor de pagamento em todos os anos. O cálculo do custo de modernização do H-60LM já foi apresentado anteriormente.

Dessa forma, os gráficos 8 e 9 apresentam as comparações por hipótese de substituição, sendo o gráfico 8 para o cenário 01 e o gráfico 9 para o cenário 02. Em ambos os gráficos, o CHV

do H-60L aparece em azul, o custo de aquisição ou modernização aparece em vermelho, o CHV do H-60M figura em verde e o CHV do H-60LM está em laranja. Também para ambos os gráficos foi adotado como parâmetro de comparação (100%) o maior valor a ser gasto em um único período (período 03 do cenário 01), sendo as porcentagens que figuram no eixo Y em relação a esse valor.

Nota-se que, como descrito anteriormente, o CTM do H-60LM apresenta-se bem abaixo do custo de aquisição do H-60M, estimando-se que o custo de modernização para 16 unidades chegue a ser aproximadamente a 18,5% do custo de aquisição de 16 novas unidades. Ademais, no período de maior custo do cenário 02 (período 03), gastar-se-ia apenas 32% em relação ao mesmo período do cenário 01.

Gráfico 09 - Cenário 02: H-60L X H-60LM



Fonte: O Autor

Fonte: O Autor

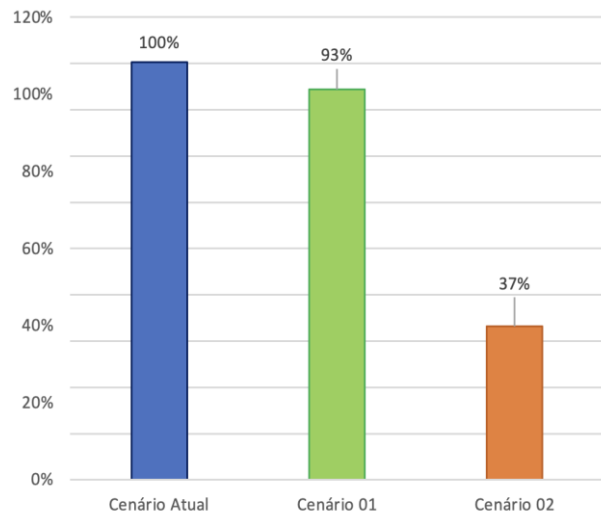
Essa comparação direciona o estudo para a última paridade a ser apresentada, o Custo Total Acumulado (CTA).

O gráfico de comparação para o CTA nos próximos 15 anos, foi realizado a partir das projeções citadas anteriormente, sendo basicamente o somatório dos valores apresentados nos

últimos dois gráficos. Para efeitos de comparação, foi acrescentado um cenário, o cenário atual, em que as aeronaves que operam atualmente continuariam em operação, sem serem substituídas ou modernizadas.

Percebe-se que o cenário atual, em azul, possui o maior custo acumulado, sendo este tomado como referência para os demais (100%). Em segundo lugar, encontra-se o H-60M, em verde, que representa 93% do custo total do H-60L e por fim, o H-60LM, que representa 37% do custo do atual projeto em operação.

Gráfico 10 - Comparação do Custo Total Acumulado



Fonte: O Autor

Ante o exposto, nota-se que é importante considerar os custos envolvidos no projeto, mas também deve-se observar seu impacto estratégico institucional. Dessa forma, segue-se para o próximo tópico.

4.5 ANÁLISE MACBETH

Para aplicação da metodologia escolhida, foi utilizado o Software M-Macbeth versão *beta*, que proporciona uma automação do método Macbeth. Será apresentado, portanto, o passo a passo da construção e execução do modelo.

4.5.1 Critérios

A partir dos critérios estabelecidos, foi criada uma árvore de valores no programa. Os critérios passam a ser denominados de “nós”, tendo cada “nó” níveis qualitativos de performance atribuídos, sendo, por isso, chamados de “nó critério”. Os níveis foram atribuídos conforme a DCA 11-1/2020, considerando-se “NÍVEL 5” o maior incremento de capacidade e o “NÍVEL 1” a não existência de incrementos de capacidade.

Para cada critério, os níveis de performance foram classificados, seguindo o preconizado na DCA 11-1/2020. No entanto, na DCA, a diferença é de 01 ponto para cada nível, essa diferença foi ajustada para a metodologia Macbeth, permitindo que a pontuação final de cada nível de performance diste igualmente de seu antecessor ou sucessor.

Por fim, a metodologia Macbeth permite que cada critério seja ponderado, de acordo com as determinações do usuário. Como a DCA não discorre sobre ponderação entre os critérios, assumiu-se que todos os critérios teriam pesos iguais entre si.

4.5.2 Opções

As três opções apresentadas neste trabalho foram inseridas no programa do método, com seus respectivos valores de Custo Total Acumulado de HV. Foram também inseridas outras 3 opções de comparação: A “desativação da aeronave H-60L” (sem substituto), o “total atendimento das concepções estratégicas” e o “total desalinhamento das concepções estratégicas”.

De forma simples, o total atendimento e o total desalinhamento são opções fictícias de máximo e mínimo atendimento aos critérios estabelecidos e foram inseridos apenas para elucidar ainda melhor a comparação. Por outro lado, a opção de desativação do H-60L foi analisada com idêntico rigor das demais opções, sendo considerado o custo de desativação igual a zero.

Para análise de atendimento dos critérios estabelecidos na DCA 11-1, as capacidades de cada opção foram confrontadas com o documento base estabelecido pela própria DCA, a saber, o Planejamento Estratégico Força Aérea 100.

Nesse diapasão, das capacidades dispostas em tal expediente, nota-se que todos os projetos atendem a pelo menos duas capacidades especificadas: “Projeção do Poder Estratégico” e “Superioridade nos ambientes aéreo e espacial”.

Ambas as características demandam “(..) alcance, penetração, velocidade, mobilidade e flexibilidade”. (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2018, p. 26). Todas essas peculiaridades demandadas são inerentes aos modelos em questão e já foram incontestavelmente provadas ao longo dos anos. Pode-se citar como exemplo recente a Operação Yanomami, em que o portal da FAB identifica o H-60L como único capaz de chegar àquela parte do território brasileiro.

Dessa forma, nota-se que helicópteros com as competências dos H-60 são fundamentais para o alcance dos objetivos estratégicos da FAB, principalmente “projeção” e “superioridade”.

O modelo LM, no entanto, pode oferecer uma capacidade a mais que seus pares, a saber a capacidade de “Comando e Controle” (C2). O desenvolvimento desse projeto, pode oferecer a concepção de um meio de comunicação “e Tecnologia da Informação seguros, robustos e integrados com outras Forças” (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2018, p. 26), exclusivamente brasileiro. Por esse motivo, considera-se que o H60LM pode incrementar 3 capacidades estratégicas.

Com relação aos demais critérios, pelos motivos citados acima, entende-se que o modelo de aeronave H-60 está plenamente alinhado com o mapa estratégico, porque está alinhado ao objetivo resultado descrito na perspectiva sociedade, a saber, “fortalecer (...) a integração do território nacional” (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2020, p. 58).

Acerca de “vínculo com outros projetos”, nenhuma das aeronaves estudadas possui interferência com caminhos críticos ou vínculo que as ligue a outros projetos estratégicos.

Por fim, o helicóptero H-60 se mostra necessário porque a sua não implementação, ou melhor dizendo, sua desativação, resultaria numa degradação significativa dos processos finalísticos já descritos acima. Uma vez feita a correspondência a DCA 11-1, os dados foram inseridos na tabela “performance” do modelo. Pode-se, então, gerar os resultados da análise.

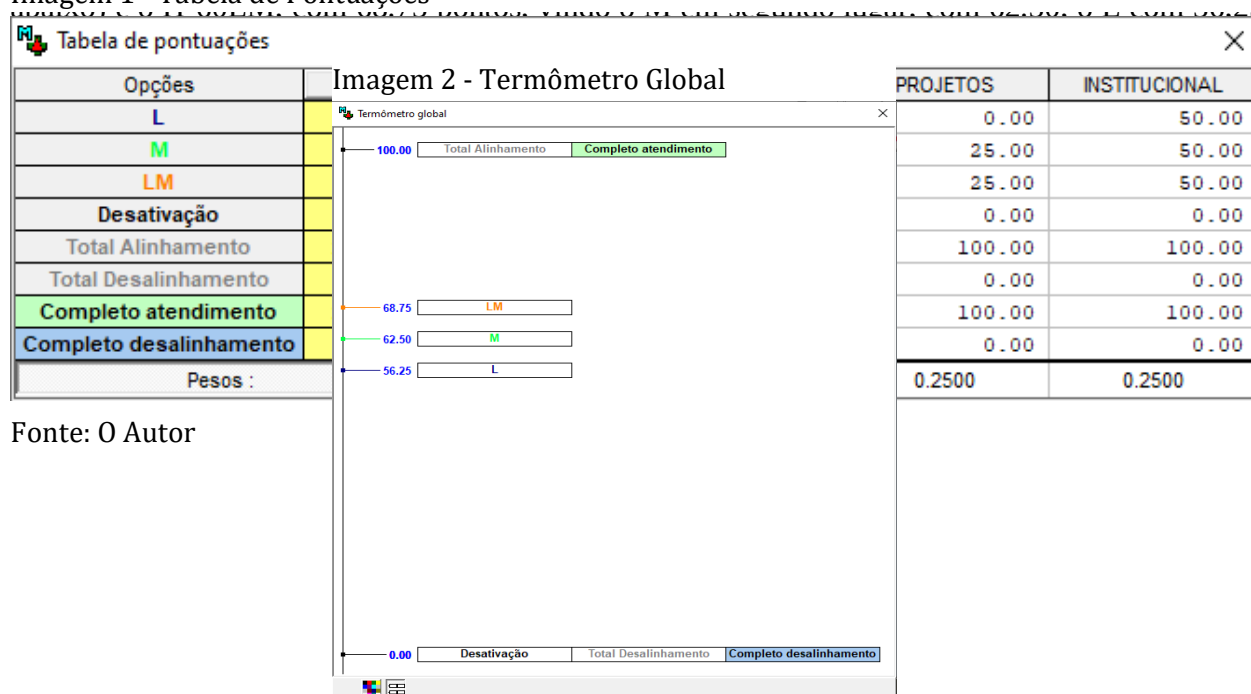
4.5.3 Resultados da Análise

O resultado gerado pelo sistema leva em conta o apresentado acima, e pode ser visualizado de diversas maneiras diferentes, no entanto, dada a extensão do presente trabalho, decidiu-se por apresentar apenas três perspectivas de resultado.

A primeira perspectiva do resultado é a tabela de pontuações atribuídas pelo próprio método. Nela é possível observar a pontuação geral de cada opção e sua respectiva pontuação em cada critério, bem como os pesos de cada um dos critérios inseridos. Nesse contexto, é possível discernir quais opções atendem melhor determinado critério.

Outra possível maneira de expor os resultados é a disposição de gráfico, sendo possível acrescentar ou não o valor de cada opção. Por exemplo, a opção termômetro global apresenta as opções escalonadas pela pontuação global, ficando acima a opção com maior pontuação e abaixo a opção com menor pontuação.

Percebe-se que a melhor opção em termos de pontuação (como também aparece na imagem Imagem 1 - Tabela de Pontuações

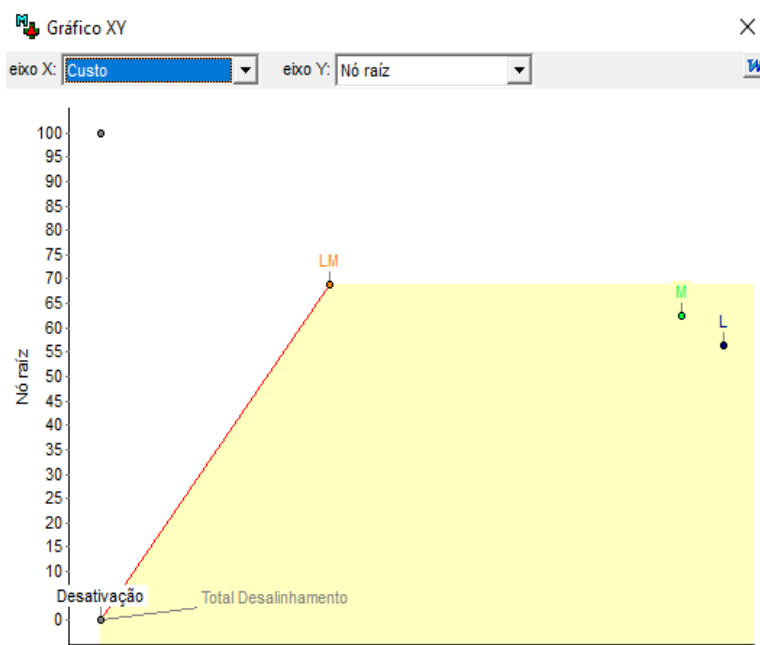


Fonte: O Autor

Fonte: O Autor

Todavia, é importante verificar se a opção representa economicidade. Tal verificação, já foi abordada nos tópicos anteriores, no entanto, também pode ser inserida na análise M-Macbeth, a fim de verificar quais os impactos econômicos de cada opção.

Imagem 3 - Gráfico XY: Custo x Pontuação



Fonte: O Autor

Inserido o valor de cada alternativa, tem-se a obtenção do gráfico XY, onde o eixo X apresenta os valores de custo de cada projeto e o eixo Y apresenta a pontuação gerada pelo método, tal como mostra a imagem abaixo:

Nota-se que os valores de X foram omitidos, mas cada opção está posicionada de acordo com o respectivo Custo Acumulado de HV. No gráfico, também foi traçado a fronteira de eficiência, em que é possível observar que a versão LM é a mais eficiente, por ser a mais econômica, com melhor resultado, sendo os outros pontos (M e L) superados pela versão LM.

Dessa forma, sacramenta-se, à luz da análise Macbeth, a versão LM como mais eficiente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O intuito deste trabalho foi verificar a economicidade da modernização do UH-60L Black Hawk, através da avaliação dos custos de uma possível modernização ou substituição das unidades operadas pela FAB. Tal análise foi feita a partir do ponto de vista do custo de hora de voo, estimando os impactos econômicos de cada opção para os próximos 15 anos de operação, comparando-as através do método multicritério MacBeth.

Verificou-se que, de fato, o custo de hora de voo do H-60L apresenta tendência a tornar-se extremamente elevado para os próximos anos de operação, podendo chegar ao dobro do valor atual em 07 anos.

No entanto, do ponto de vista econômico, para os próximos 15 anos, as duas opções de substituição apresentadas neste trabalho se mostraram economicamente viáveis, sendo a melhor delas a modernização denominada H-60LM, chegando a gerar 63% de economia em comparação à versão atualmente em uso.

Ademais, ao analisar os critérios estratégicos estabelecidos pela FAB, percebe-se que o H-60 é imprescindível à missão precípua da Força, sendo sua substituição por um modelo de menor performance inviável para os objetivos estabelecidos. Dessa forma, através do uso da ferramenta de análise multicritério MacBeth, foi possível perceber que a opção de modernização (H-60LM) mostrou-se mais atrativa e vantajosa, sendo a desativação do helicóptero completamente desalinhada com os objetivos da Força.

Diante de todo o exposto, pode-se verificar que há maior economicidade na modernização do H-60L Black Hawk, possibilitando um incremento de disponibilidade para os próximos 15 anos, viabilizando, dessa forma, a operação e a manutenção dos objetivos estratégicos da Força Aérea Brasileira no futuro.

Não se pretende esgotar todos os custos relativos aos cenários estudados neste trabalho, mas apenas fornecer um comparativo com base nos custos de aquisição, modernização e hora de voo. Nota-se que, do ponto de vista financeiro, este trabalho não foi capaz de abordar todas as variáveis econômicas, tais como inflação, custos relativos a treinamento, variações de mercado entre outras, mas ateve-se apenas ao aspecto de Hora de Voo. Ademais, os valores apresentados para os próximos anos são projeções matemáticas, podendo apresentar variação em função de fatores alheios a este trabalho.

Por fim, este estudo abre um leque para novos trabalhos. Uma avaliação pormenorizada da metodologia de uso da ferramenta M-Macbeth para as legislações da FAB em vigor poderia contribuir para as análises feitas neste trabalho. Outrossim, verificar e ajustar a própria metodologia de cálculo do custo de hora de voo, sugerida pelo CBO, seriam também estudos valiosos para projetar com mais precisão os cálculos feitos nesta obra. Por fim, acredita-se que um estudo futuro de comparação possa ser realizado, a fim de verificar e ajustar a metodologia de cálculo para a realidade brasileira de operação.

REFERÊNCIAS

BANA E COSTA, C.A.; DE CORTE, J.M.; VANSICK, J.C. **M-MACBETH (BETA) Manual do usuário**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.m-macbeth.com>.

BANA E COSTA, C. A.; DE CORTE, J.M.; VANSNICK, J.C. **MACBETH**. [s.l.] LSE, Dep. of Operational Research, jan. 2003.

BEZERRA, R. T. S.; ANDRADE BALLARDIN, R.; RODRIGUES DE SÁ, F. **GESTÃO DE OBSOLESCÊNCIA PARA O PROJETO UH-60L BLACK HAWK DA FORÇA AÉREA BRASILEIRA OBSOLESCENCE MANAGEMENT FOR THE BRAZILIAN AIR FORCE UH-60L BLACK HAWK PROJECT**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Logística Empresarial) - Universidade Sul de Minas, Varginha, 2022.

BLANCHARD, B. S. **Logistics Engineering and Management**. Sixth Edition ed. Harlow: Pearson, 2014.

BRASIL, MINISTÉRIO DA DEFESA; COMANDO DA AERONÁUTICA, BRAZILIAN AERONAUTICAL COMISSÃO IN WASHINGTON D.C. **CONTRACT 023/CABW/2020**. Washington D.C. 21 dez. 2020.

BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA, COMANDO DA AERONÁUTICA. **DCA 11-45/2018: CONCEPÇÃO ESTRATÉGICA FORÇA AÉREA 100**. [s.n.]. Brasília.

BRASIL, MINISTÉRIO DA DEFESA, COMANDO DA AERONÁUTICA. **SISTEMÁTICA DE PLANEJAMENTO E GESTÃO INSTITUCIONAL DA AERONÁUTICA VOLUME 1**. 1 jul. 2020.

UNITED STATES OF AMERICA. Congress of the United States, Congressional Budget Office. **Operating Costs of Aging Air Force Aircraft**. [s.n.]. Washington, D.C. Dispossession em: <www.cbo.gov/publication/54113>.

CHEIN, F. **Introdução aos modelos de regressão linear**. Brasília: ENAP, 2019.

LOCKHEED MARTIN. **Black Hawk Comparison Brazil Army-Black Hawk**. Brasília, 2023.

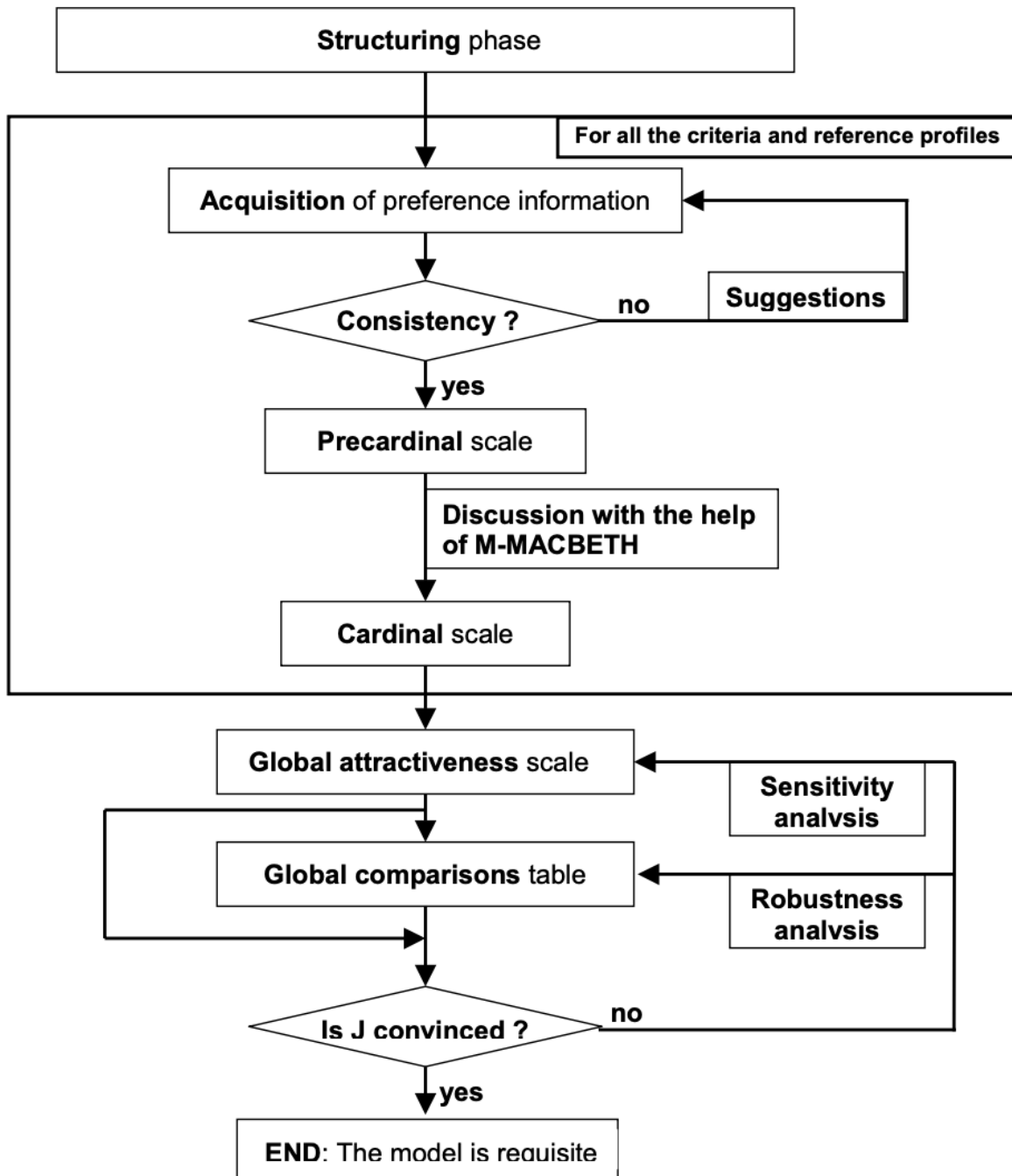
LOCKHEED MARTIN, M. **Sikorsky Delivers 5,000th “Hawk,” Highlights Versatility and Future of Iconic Helicopter**. Disponível em: <<https://news.lockheedmartin.com/2023-01-20-Sikorsky-Delivers-5,000th-Hawk,-Highlights-Versatility-and-Future-of-Iconic-Helicopter#print>>. Acesso em: 28 jul. 2023b.

PROGRAM EXECUTIVE OFFICE, A. **40 years of aviation service: The Black Hawk helicopter | Article | The United States Army**. Disponível em: <https://www.army.mil/article/213155/40_years_of_aviation_service_the_black_hawk_helicopter>. Acesso em: 22 jul. 2023.

SANTOS, T. E. **H-60 Black Hawk da FAB tem papel fundamental na Operação Yanomami - Força Aérea Brasileira**. Brasília, 03 fev 2023, Disponível em: <<https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/40311/OPERA%C3%87%C3%83O>>. Acesso em: 22 jul. 2023.

SHUMAN, L. L.; CARR, M. B. K. **COST-BENEFIT ANALYSIS TOOLS FOR AVIONICS PARTS OBSOLESCENCE**. 2002. 33f. Research Report - AIR UNIVERSITY, Maxwell Air Force Base, Alabama, 2002

ANEXO 1 – Diagrama da Lógica do M-MACBETH



Fonte: BANA E COSTA; DE CORTE; VANSNICK, 2003, p.32

ANEXO 2 – MAPA ESTRATÉGICO DA FAB

Fonte: COMANDO DA AERONÁUTICA, 2020, p.56

