

ACADEMIA DA FORÇA AÉREA

DIVISÃO DE ENSINO

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE UM MODELO LOGÍSTICO SUSTENTÁVEL PARA
O DESMANTELAMENTO DA AERONAVE DE INSTRUÇÃO T-25 ¹**

GABRIEL ISIDORO DE OLIVEIRA ²

LUÍS SÉRGIO PAÇÓ LOPES ³

RESUMO

A crescente valorização de gestões organizacionais que se preocupam com aspectos como a sustentabilidade, a logística sustentável e o meio ambiente coloca novos desafios a serem enfrentados pelos administradores públicos. No âmbito da indústria aeronáutica e seus clientes, novas condições se impõem aos seus gestores. Os aviões em fase de aposentadoria e desmontagem que, anteriormente, eram depositados em desertos ou nos Parques de Manutenção Aeronáutica, ficando expostos e sujeitos às condições ambientais, passam a requerer novas soluções representadas pela aplicação de processos de descarte e aproveitamento mais sustentáveis. No Brasil, a inexistência de uma empresa com essas características, faz com que aeronaves militares em fim de serviço sejam deixadas em Parques de Manutenção Aeronáutica e que seus resíduos sólidos não sejam aproveitados da melhor forma. Embora não tenha sido formalmente divulgada a intenção de encerramento do ciclo de vida da aeronave T-25 por parte do Comando da Força Aérea Brasileira (FAB), este artigo visa se antecipar a uma futura decisão nesse sentido, propondo um estudo sobre a viabilidade adoção de um modelo logístico sustentável para a desmontagem da aeronave de instrução básica T-25.

Palavras-chave: Aeronave T-25. Desmantelamento. Modelo de Gestão do Ciclo de Vida do Produto (CVP).

¹ Artigo apresentado para Avaliação Final do Trabalho de Conclusão de Curso, como pré-requisito para a conclusão do Curso de Formação de Oficiais Intendentes da Academia da Força Aérea de Pirassununga/ SP.

² Cadete do 4º (ANO) Esquadrão de Intendência da Academia da Força Aérea – Pirassununga/ SP.

³ Professor Associado da Academia da Força Aérea – Pirassununga/ SP.

FEASIBILITY STUDY OF A SUSTAINABLE LOGISTICS MODEL FOR THE T-25 INSTRUCTION AIRCRAFT DISMANTLING

The growing appreciation of organizational managements that are concerned with aspects such as sustainability, sustainable logistics and the environment poses new challenges to be faced by public administrators. In the scope of the aeronautical industry and its customers, new conditions impose themselves to their managers. The aircraft in the retirement and disassembly phase, which were previously deposited in deserts or Aircraft Maintenance yards, being exposed and subject to environmental conditions, now require new solutions represented by the application of more sustainable disposal and recycling processes. In Brazil, the inexistence of a company with these characteristics means that military aircraft at the end of their service are left in Aircraft Maintenance yards and their solid residues are not used in the best way possible. Although it has not been formally disclosed the intention of the Brazilian Air Force Command to close the aircraft life cycle of the T-25, this article aims to anticipate a future decision in this direction, proposing a study on the feasibility of adopting a sustainable logistics model for the dismantling of the T-25 basic training aircraft.

Keywords: *T-25 Aircraft. Dismantling. Product Life Cycle Management (PLM).*

INTRODUÇÃO

Há muito tempo reconhece-se que o planeta Terra possui recursos naturais esgotáveis, porém somente a partir de 1970, os países industrializados começaram a intensificar a sua atenção para a questão ambiental. Observa-se, atualmente, que o comportamento de adquirir e descartar o que não tem mais utilidade, sem dar a devida atenção à viabilidade de reciclagem e a uma destinação adequada desses materiais, não é mais uma estratégia economicamente interessante. Além dos aspectos econômicos, há outras questões de longo prazo a serem enfrentadas, tais como, o problema ambiental causado pelo descarte incorreto de resíduos sólidos que podem ocasionar a contaminação do solo, dos lençóis freáticos, dos rios, além de outros efeitos nocivos que podem afetar a qualidade de vida futura dos seres humanos. No setor aeroespacial não é diferente, o processo de descarte de peças e resíduos de aeronaves necessita de cuidados especiais, pois cada componente requer uma destinação adequada, sendo necessário desenvolver um esforço adicional para, diante das cada vez mais rigorosas exigências, obter resultados satisfatórios. Na Inglaterra, por exemplo, o processo de descarte de aeronaves, tanto civis quanto militares, é feito pela Air Salvage Internacional, uma empresa privada que utiliza como matéria-prima os aviões descartados, aproveitando até 95% das aeronaves que deixaram de operar.

Atualmente, a Academia da Força Aérea (AFA) possui 32 células de aeronaves de instrução básica T-25 que se aproximam, por diversos motivos, da sua fase final do seu ciclo de vida operacional. Diante de uma eventual decisão de aposentadoria destas aeronaves ou substituição por outras tecnologias de processo de instrução, tais como, simuladores de voo ou novas aeronaves, é aconselhável que seja estudada a viabilidade de adoção de um modelo logístico de modo a aproveitar ao máximo os materiais e componentes e, ao mesmo tempo, definir uma forma adequada de descartar os resíduos sólidos não aproveitados da aeronave.

A MCA 66-7 (2017) que trata sobre doutrina, processos e documentação de manutenção, e a DCA 400-6 que trata do ciclo de vida de sistemas e materiais da aeronáutica, estabelecem alguns procedimentos a serem adotados pela FAB na fase de desativação de uma aeronave. Esta fase compreende duas subfases: planejamento e execução. É na subfase de planejamento que é elaborado um plano de desativação, o qual visa evitar perdas de materiais desnecessários preservando,

da melhor forma, a aeronave ou material em desativação. Na subfase de execução é feito o plano de alienação ou inutilização, sendo elaborado um documento que define o processo ao qual a aeronave será submetida ou material que será desativado. O primeiro refere-se à transferência do material ou sistema a outro órgão que tenha interesse e o segundo ocorre quando o material não passará por um processo de alienação devendo ser destruído ou incinerado. Observa-se, entretanto, que a DCA 400-6 não contempla aspectos de sustentabilidade como a reciclagem de aeronaves.

Esta pesquisa tem como principal objetivo a análise da viabilidade de possíveis soluções sustentáveis aplicáveis ao processo de desmantelamento da aeronave de instrução aérea T-25, com base na aplicação de modelos logísticos existentes. É importante ressaltar a relevância deste estudo para a Força Aérea Brasileira sob vários pontos de vista. Adotar os preceitos de um modelo de desmantelamento para a aeronave T-25, pode trazer benefícios econômicos à Força Aérea Brasileira, bem como evitar a geração de passivos jurídicos oriundos dos requisitos estabelecidos pela Lei 12.305/2010. Para estas aeronaves, a adoção de um modelo de gestão de final do seu ciclo de vida pode ser viável na medida em que este auxilia num melhor aproveitamento de componentes, materiais e, ao mesmo tempo, orienta para um adequado descarte de resíduos sólidos. Além das vantagens diretas derivadas do aproveitamento de componentes e materiais, há outros potenciais ganhos. Uma destas vantagens é a imagem de responsabilidade social desenvolvida a partir das ações que manifestam a preocupação em relação aos impactos ambientais. Este aspecto pode ser aproveitado pelo Centro de Comunicação Social da Aeronáutica (CECOMSAER) por meio da divulgação dessas ações a todos os cidadãos brasileiros.

Outra vantagem obtida a longo prazo está relacionada a aspectos legais inerentes à responsabilidade dos gestores em relação ao ciclo de vida dos produtos e o descarte dos resíduos sólidos. A Lei nº 12.305, promulgada em 02 de agosto de 2010, tem como um dos seus objetivos definir a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos (Lei nº 12.305/2010, Capítulo II, Art. 6º inciso VII). A Lei 12.305 também determina que os responsáveis pelos chamados resíduos de serviços de transporte, que incluem os originários de aeroportos, deverão elaborar

um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (Lei no 12.305/2010, artigo 20, inciso IV).

Por se tratar de área de estudo relativamente recente existem poucos projetos voltados para a reciclagem de aeronaves. Dentre os projetos encontrados durante a pesquisa pode-se ressaltar o modelo *Process for Advanced Management of End of Life Aircraft* - PAMELA, o projeto *Aircraft Fleet Recycling Association* - AFRA e o modelo de reciclagem proposto por Ribeiro e Gomes (2015).

O presente estudo baseia-se em pesquisa bibliográfica realizada em consulta a livros, artigos científicos, dissertações acadêmicas cuja principal finalidade foi a de obter informações sobre os diferentes modelos de gestão do final do ciclo de vida de aeronaves, suas principais características e índices de desempenho. Pesquisas em sítios da internet também foram realizadas para a obtenção de informações sobre leis, normas e instruções correlatas ao assunto tratado.

Com a intenção de buscar aprofundamento especializado no assunto, foram realizadas reuniões com mecânicos de aeronaves e oficiais da FAB a fim de nortear o desenvolvimento do projeto.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Força Aérea Brasileira já possui um planejamento para lidar com suas aeronaves em fase de fim de vida, porém será que existe um modelo mais sustentável capaz de lidar com seus componentes e resíduos sólidos? A necessidade de preservação do meio ambiente deu origem a um conjunto de políticas e legislações que tratam da garantia da sustentabilidade dos recursos naturais. O Plano Nacional de Logística Sustentável (2019, p.5) descreve que a implementação e a adoção de políticas sustentáveis geram uma nova perspectiva de vida para as futuras gerações e garantem a manutenção de recursos naturais escassos. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) na Resolução CONAMA Nº 5 (1993) fornece orientações sobre os resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários e responsabiliza os agentes pela destinação correta destes resíduos.

De acordo com a Constituição Federal de 1988, no inciso VI do Art. 23. parágrafo único é competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios proteger o meio ambiente e combater a poluição em todas as suas

formas.

Ainda na mesma linha de raciocínio, a Lei Nº 12.305, no inciso XVII do Art. 3º, institui que todos os que participam do ciclo de vida dos produtos possuem responsabilidade compartilhada no sentido de minimizar o volume de resíduos sólidos e os rejeitos gerados, bem como, minimizar os danos causados à saúde humana e ao meio ambiente. Desta forma, a Lei Nº 12.305 responsabiliza também as Forças Armadas e, no caso concreto, a Força Aérea Brasileira pela destinação adequada dos resíduos sólidos gerados pelas aeronaves.

Segundo Miranda (2019), a aeronave de instrução Neiva T-25 sempre foi fundamental na formação de pilotos na AFA, porém, mesmo com a manutenção e o prolongamento da sua vida útil, há um limite de tolerância da célula assim como a obsolescência do equipamento e, desta forma, o final do seu ciclo de vida é inevitável. A constante evolução dos simuladores e o seu emprego na formação dos Cadetes da Força Aérea tendem a contribuir ainda mais para o término do ciclo de vida do T-25.

Miranda (2019, p.62) afirma que:

“Ainda que não haja, no momento, nenhuma definição de qual será o eventual substituto do Neiva T-25 Universal, cogita-se a necessidade de substituição por um novo vetor de treinamento dotado de recursos de instrumentação digital, em conjunto com um sistema de treinamento baseado em simuladores digitais, para maximizar seu emprego.”

Em consonância, a MCA 66-7/2017 prevê que será proposta a desativação do material aeronáutico toda vez que os custos de manutenção e suprimento se tornarem excessivos em comparação aos benefícios obtidos.

Assim, conforme os preceitos da sustentabilidade ambiental, ao chegar ao fim da sua vida útil de operação, é importante dar a destinação correta a cada componente da aeronave de acordo com o prescrito pelas normas legais e segundo sua condição e classificação.

Guerato (2010, p.14) afirma que:

“Até o presente momento, a maioria das aeronaves que chegam ao final de sua vida ativa são armazenadas em desertos, abandonadas em aeroportos, deixadas ao longo de rodovias para deteriorarem ou destruídas em condições ambientais e de segurança altamente questionáveis.”

O escopo geral deste estudo está relacionado à logística reversa e reciclagem

sobre o qual há vasta literatura. Porém, de forma mais específica para o setor aeronáutico, a abordagem de gestão de resíduos sólidos é relativamente recente e há uma relativa escassez de livros e artigos publicados.

Guerato (2010) aborda o ciclo de vida das aeronaves desde o seu processo de produção até sua fase de descarte e ainda propõe um método capaz de sistematizar a reciclagem ou descarte de estruturas da aeronave. Seu método envolve a criação de uma lista de critérios de projeto com foco nos critérios ambientais para serem aplicados durante o desenvolvimento de estruturas da aeronave de forma a tornar seu desmanche e sua reciclagem facilitada ao final do seu ciclo de vida.

Ribeiro e Gomes (2015), relatam que está aumentando a preocupação pública sobre os impactos do crescimento da aviação, em especial com o fim do ciclo de vida dos aviões. Segundo estes autores, o fim de vida de aeronaves vem sendo negligenciado há muito tempo, tornando cada vez mais urgente desenvolver uma sistemática, completa e qualitativa para auxiliar no processo de desmontagem de aeronaves. Os autores citam, também, algumas abordagens existentes para lidar com aeronaves em fim de vida que servirão de base para esse estudo. Inicialmente, foi apresentado o modelo PAMELA, que é uma iniciativa da Airbus e se trata de um modelo de reciclagem de aeronaves dividido em 3 fases. A seguir os autores apresentam a iniciativa AFRA que foi proposta pela Boeing e se trata de uma associação que tem como objetivo permitir que companhias aéreas gerenciem suas aeronaves em fim de vida de forma sustentável e ambientalmente correta com base em um guia de melhores práticas - *Best Management Practice* - BMP. Por fim, os autores propõem um modelo de reciclagem bem similar ao modelo PAMELA, porém com algumas peculiaridades como a adição de "diretivas de legislação" e "diretivas de aeronaves em fim de vida".

1.1 Gestão do Ciclo de Vida de uma Aeronave

Segundo COSTA (2009), a Gestão do Ciclo de Vida de Produtos (CVP) é abordagem de gestão que se inicia no gerenciamento de portfólio, passando pela geração, desenvolvimento e estruturação do conceito dos produtos, pela gestão de mudanças e termina na obsolescência e descontinuação do produto.

A FAB realiza a gestão do ciclo de vida das suas aeronaves, dentre outros itens, produtos e tecnologias, de forma a tomar decisões que vão desde a modernização até a aquisição. Em função da evolução constante da tecnologia

embarcada nas aeronaves e da necessidade de manter a FAB preparada para cumprir suas missões, surge a necessidade de adquirir novos vetores e, como consequência, reestruturar a forma de preparação dos futuros oficiais aviadores, além de outros aspectos como estoques de peças, manutenção etc.

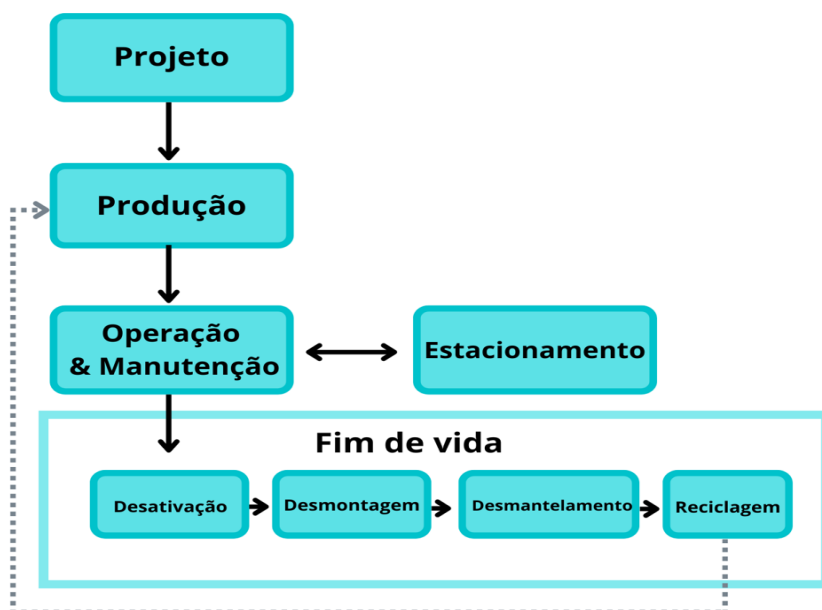
Nos últimos anos, a FAB optou pela modernização das aeronaves F-5, T-27 e pela aquisição dos novos KC-390 Millennium e o F-39 Gripen (BRASIL, 2020). Todos esses vetores apresentam moderna e padronizada aviônica, tornando a aeronave de instrução básica T-25 obsoleta na medida que ainda possui sistemas analógicos.

Observa-se que na formação dos pilotos passou a existir um degrau de tecnologia que possivelmente pode ser eliminado se estes já tiverem um preparo em aeronaves que já possuam sistemas digitais similares aos que irão utilizar nas futuras etapas de treinamento.

A recente implementação de simuladores de voo apresenta, como uma de suas vantagens, oferecer, já nas etapas iniciais da instrução de voo, a utilização de sistemas de aviônica mais avançados e presentes nas demais aeronaves da FAB.

Dessa forma, ainda que não haja conhecimento formal de decisão do Comando da FAB a respeito, este artigo visa se antecipar, diante do contexto, a uma futura decisão de encerramento do ciclo de vida da aeronave de instrução básica T-25.

Figura 1: Ciclo de vida ideal de uma aeronave



Fonte: adaptado de *Aircraft metals recycling: process, challenges and opportunities*, 2014.

Com base na abordagem de gestão do ciclo de vida do produto (CVP), tem sido cada vez mais necessário um melhor planejamento sustentável para lidar com a fase de fim de vida das aeronaves. Desta forma, o ciclo de vida ideal de toda aeronave pode ser resumido em 6 estágios: projeto, fabricação, operação, manutenção, estacionamento/armazenamento e fim de vida ou *end of life* (EOL). A figura 1 representa o ciclo de vida ideal de uma aeronave.

1.2 Aeronave Neiva T-25

Desenvolvida por Joseph Kovacs e sua equipe, a aeronave Neiva T-25, Neiva “Universal” ou N-621, foi o primeiro monomotor brasileiro de alto desempenho destinado a ser fabricado em série. Em dezembro de 1967, a Sociedade Construtora Aeronáutica Neiva ganhou o contrato para a fabricação de 150 unidades de T-25 e, em Abril de 1971, era entregue à FAB o primeiro T-25. Atualmente é utilizada como aeronave de instrução primária de voo aos cadetes da AFA.

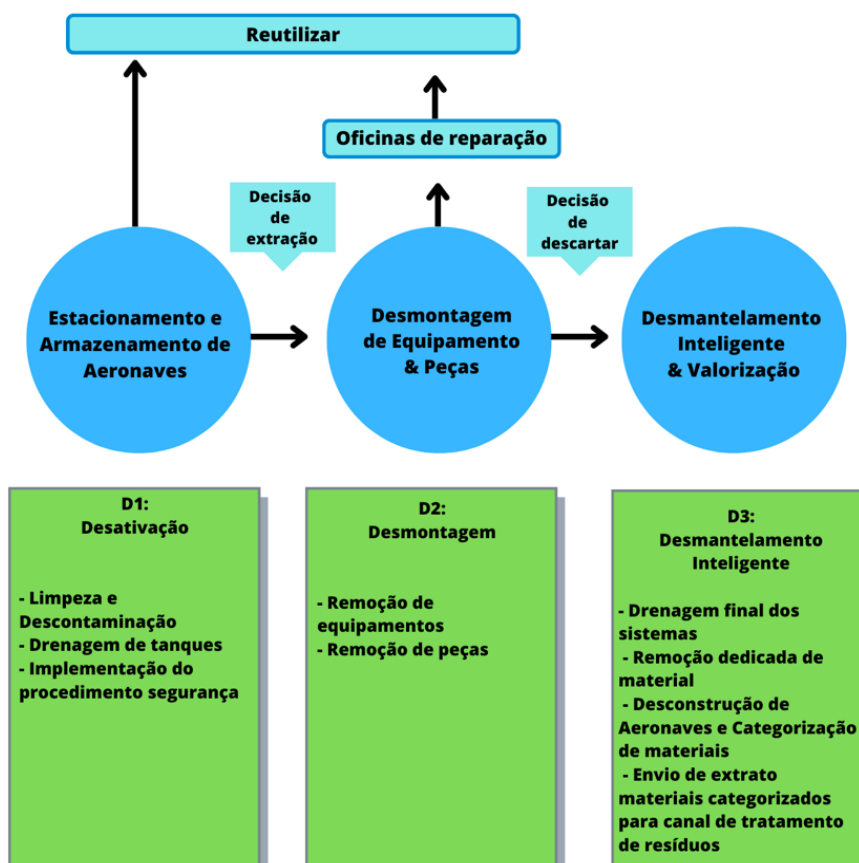
Informações técnicas:

- Emprego: Treinamento
- Características: Monoplano, asa baixa, monomotor, biplace lado a lado
- Motor: Lycoming IO-540K1D5 de 300Hp, horizontal de 6 cilindros opostos e injeção direta
- Envergadura: 11,00 m
- Comprimento: 8,60 m
- Altura: 3,00 m
- Superfície alar: 17,20 m²
- Peso vazio: 1.150 Kg
- Peso máximo: 1.700 Kg
- Velocidade máxima: 275 Km/h

1.3 Modelo PAMELA

O modelo PAMELA consiste num processo de três etapas, conhecido como abordagem 3D: Desativação, Desmontagem e Desmantelamento Inteligente. A figura 2 apresenta um fluxograma geral dos processos do modelo PAMELA.

Figura 2: Visão geral dos processos do modelo PAMELA.



Fonte: adaptado de *Proposed framework for End-Of-Life aircraft recycling*, 2015

Desativação - D1: nessa etapa a aeronave já retirada de serviço é inspecionada. Durante a inspeção da aeronave é feita uma lista detalhada de suas peças que podem ser desmontadas e reutilizadas. A seguir, a aeronave é limpa e descontaminada, momento esse em que tanques, sistemas e canos são drenados. Ocorre a remoção de fluidos como combustível, óleo e fluidos hidráulicos. A figura 3 apresenta a sequência de operações da etapa de desativação.

Figura 3: Detalhes do processo de desativação.



Fonte: adaptado de *Proposed framework for End-Of-Life aircraft recycling*, 2015

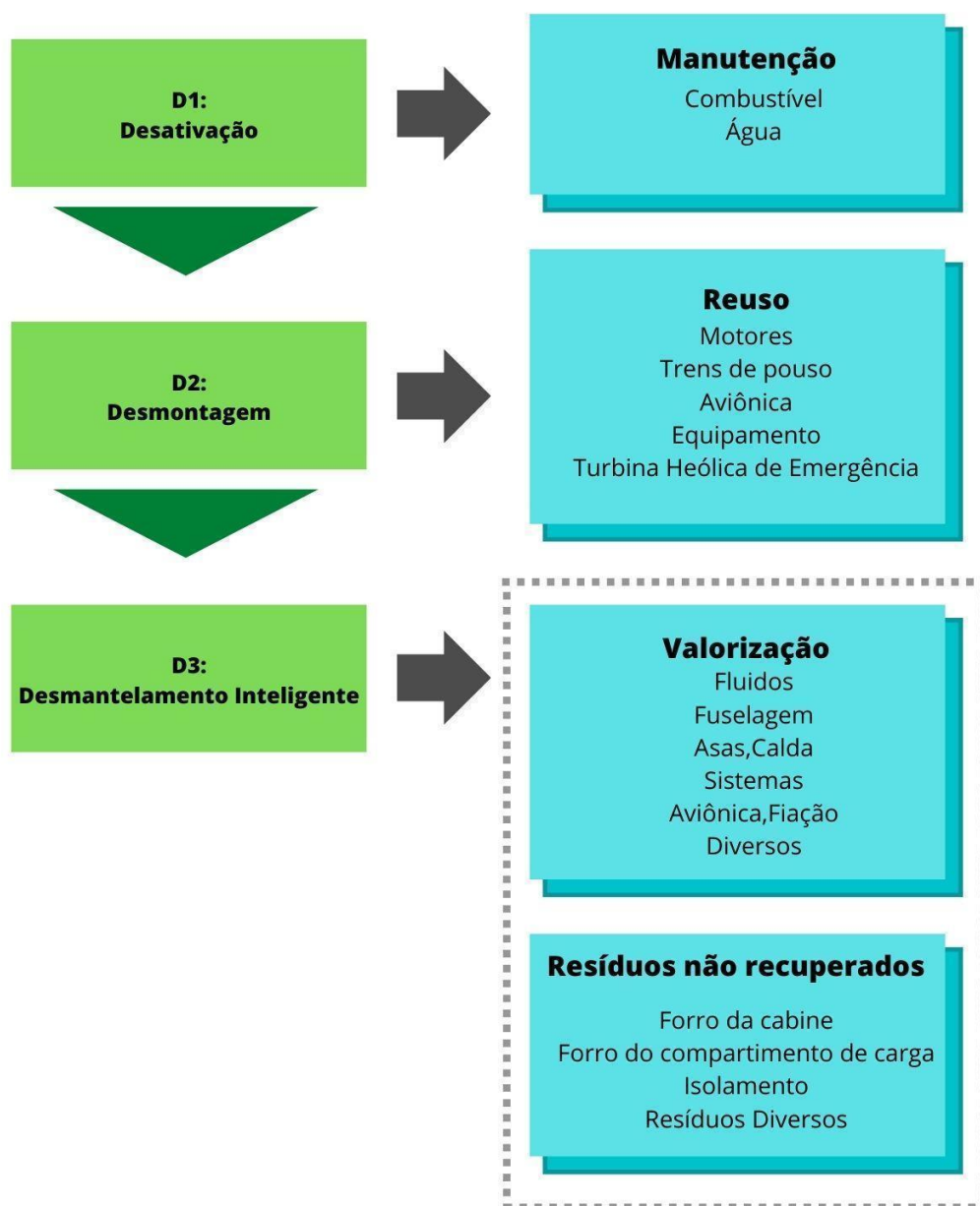
Desmontagem D2: etapa que consiste em uma separação sistemática e eficiente dos componentes da aeronave e para isso é necessário um planejamento de desmontagem. Esse planejamento visa identificar peças com capacidade de serem reutilizadas e peças a serem descartadas. As peças selecionadas devem ser classificadas em grupos de desmontagem e uma ordem para a desmontagem de peças e grupos de componentes deve ser elaborada. Durante essa etapa conhecimentos de estrutura, materiais e composição química são requeridos. A figura 4 mostra o fluxo de operações relacionadas ao processo de desmontagem.

Figura 4: Detalhes do processo de desmontagem.



Fonte: adaptado de *Proposed framework for End-Of-Life aircraft recycling*, 2015.

Figura 5: Fases do modelo PAMELA e o Desmantelamento Inteligente.

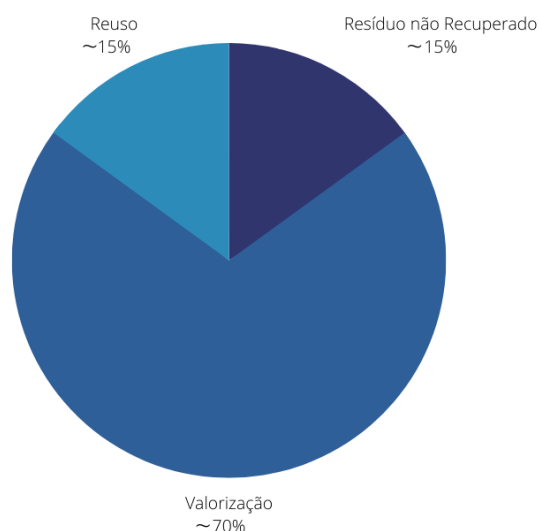


Fonte: adaptado de *Proposed framework for End-Of-Life aircraft recycling*, 2015

Desmantelamento Inteligente - D3: Após o processo de desmontagem diferentes canais de recuperação e requisitos associados devem ser identificados. Além disso, no planejamento deve ser definida uma ordem específica de separação de modo a otimizar a recuperação dos materiais. A seguir, os materiais resultantes da desmontagem devem ser agrupados de acordo com os requisitos dos canais de

recuperação. A figura 6 apresenta informações sobre o nível e formas de aproveitamento dos materiais e componentes da aeronave A330 após a aplicação dos processos propostos pelo modelo PAMELA.

Figura 6: Eficiência do processo do modelo PAMELA.



Fonte: adaptado de *Proposed framework for End-Of-Life aircraft recycling*, 2015

O projeto de desmontagem e reciclagem PAMELA, por se tratar de um modelo universal, pode ser aplicado a qualquer aeronave. Seu conjunto de processos permite que qualquer aeronave seja reciclada de forma ecologicamente correta, seguindo uma sequência de processos que respeitam as medidas de segurança.

2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste estudo é baseada em pesquisa bibliográfica, por meio de consulta a livros, artigos científicos e dissertações acadêmicas cuja principal finalidade foi a de obter informações sobre os diferentes modelos de gestão do final do ciclo de vida de aeronaves, suas principais características e seus índices de desempenho. Pesquisas em sítios da internet também foram realizadas para a obtenção de informações sobre os modelos *End-of-Life* (EOL) de empresas privadas estrangeiras. Também foram consultadas leis, normas e instruções e normas internas da FAB.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base na pesquisa realizada foram identificados diversos métodos de gestão de reciclagem de aeronaves, a saber o modelo PAMELA, o modelo AFRA e o modelo proposto por Ribeiro e Gomes (2015), anteriormente citados. Contudo, observou-se que o modelo pioneiro PAMELA da Airbus serviu como base para os demais em função da existência das similaridades de processos e práticas que estes apresentam.

A análise do modelo PAMELA permitiu atestar a sua robustez, completude e, ao mesmo tempo, flexibilidade de forma a possibilitar sua aplicação a quaisquer tipos e portes de aeronaves. Este modelo também apresenta processos que demonstram simples execução e grande adaptabilidade ao modelo de aeronave em estudo.

Informações presentes no Proposed Framework for End-of-Life Aircraft Recycling (2015) revelam que, em termos de produtividade, o modelo PAMELA apresentou um elevado nível de reaproveitamento da aeronave nos testes realizados nas aeronaves A300 e A380, alcançando um aproveitamento de 85% do peso da aeronave entre atividades de reciclagem, reutilização e/ou recuperação. Cabe aqui observar que o nível de aproveitamento pode sofrer modificações em função do fator de escala, ou seja, da diferença de dimensões das aeronaves A330 ou A380 em relação à aeronave T-25.

Devido à ausência de empresas privadas no Brasil, que sejam especializadas no processo de reciclagem de aeronaves, é possível pensar em duas possíveis soluções para a execução do modelo PAMELA: a primeira seria o desenvolvimento ou adaptação de um setor, dentro dos Parques de Material da FAB e a segunda seria propor uma iniciativa de parceria em conjunto com alguma empresa privada de manutenção de aeronaves para o desenvolvimento de um setor dedicado à reciclagem de aviões.

No primeiro caso, para que o modelo PAMELA seja implementado na FAB seria necessária a criação de um setor dentro dos Parques de Material, que seja capacitado para realizar os processos de desmontagem segundo as práticas do modelo, sendo necessário realizar elevados investimentos financeiros. As restrições financeiras podem ser um óbice para o desenvolvimento de programas deste tipo em função do reduzido volume de aeronaves da FAB a serem processadas.

Na existência destas restrições orçamentárias, outra possível solução para a implementação desse modelo seria uma iniciativa de formação de uma empresa

joint-venture entre a FAB e uma empresa de serviços de manutenção de aeronaves existente. Esta opção poderia estimular o desenvolvimento nacional em um setor relativamente novo e pouco explorado e, assim, obter recursos financeiros de instituições de crédito governamentais de fomento ao desenvolvimento econômico e social, como por exemplo, o BNDES.

No cenário industrial aeronáutico nacional existem diversas empresas capacitadas para a prestação de serviços de manutenção e desmontagem, desta forma a busca por um contrato que seja de interesse de ambas as partes interessadas em desenvolver um projeto de reciclagem de aeronaves possa, talvez, ser uma opção viável.

Outra possibilidade seria a contratação de uma empresa estrangeira especializada na reciclagem de aeronaves, embora muitas destas empresas restrinjam suas operações a tipos específicos de aeronaves, como por exemplo, aeronaves comerciais, aeronaves de médio e grande porte etc. Dentre as empresas encontradas pode-se citar a TARMAC Aerosave, que é uma empresa especializada em armazenamento, manutenção e reciclagem de aeronaves e motores que adota processos baseados no modelo PAMELA.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente importância dada à sustentabilidade ambiental tem sido ratificada por uma série de iniciativas em termos de normas, leis e modelos de gestão que se apresentam como novas atribuições e responsabilidades aos gestores das organizações.

Apesar de ainda não haver comunicados oficiais da FAB em relação ao final do ciclo de vida das aeronaves de instrução básica Neiva T-25, este estudo procura se antecipar a esse inevitável evento em função do seu tempo de vida útil e da sua obsolescência. Diante dessa futura ocorrência, a FAB precisará tomar decisões em relação à gestão do final do ciclo de vida das aeronaves com base na adoção de um modelo de desmantelamento no sentido de reciclar materiais, aproveitar componentes úteis e proceder o descarte de eventuais resíduos sólidos no intuito de obter retornos financeiros, seguindo o princípio da economicidade na administração pública e, ao mesmo tempo, atender às exigências legais impostas pela legislação ambiental.

Este trabalho buscou estudar a viabilidade de um modelo logístico sustentável para o desmantelamento da aeronave de instrução Neiva T-25.

Com base em pesquisa bibliográfica a partir de consulta a livros, artigos científicos e pesquisa em sítios da internet, documentos normativos da FAB e normas jurídicas, este estudo identificou a existência de diversos modelos de gestão do ciclo de vida de aeronaves.

A análise destes modelos em função da sua simplicidade, completude e flexibilidade para diversos tipos de aeronaves foi possível identificar significativas vantagens em termos de robustez, simplicidade e flexibilidade do Modelo PAMELA desenvolvido sob liderança da empresa Airbus sobre os demais identificados.

Em relação à eficiência dos processos, o modelo PAMELA alcançou um aproveitamento de 85% do peso das aeronaves em testes realizados entre a reciclagem, a reutilização e a recuperação de materiais e componentes.

Também foram apresentadas possíveis configurações organizacionais que poderiam ser adotadas para a aplicação do referido modelo, em função de possíveis restrições orçamentárias, problemas de escala de produção e atendimento futuro a diferentes tipos de aeronaves da FAB. Tais configurações podem ser representadas pela criação de um setor dentro dos Parques de Material, que seja capacitado de realizar os processos de desmontagem segundo as práticas do modelo, pela criação de uma parceria público-privada (PPP) entre a FAB e empresa de manutenção de aeronaves ou mesmo uma empresa estrangeira habilitada para a realização dessas operações. A escolha da configuração organizacional dependerá da disponibilidade de recursos orçamentários, da escala de produção e do interesse de empresas de manutenção em desenvolver esse novo tipo de operação. No caso de uma organização estrangeira pode haver restrições em relação ao tipo de aeronave.

Dessa forma, além de possíveis retornos financeiros, a FAB atenderia aos requisitos legais e ambientais e poderia obter os ganhos em termos de imagem organizacional como uma organização pública economicamente eficiente e associada à sustentabilidade e à responsabilidade social.

Em relação a sugestões para futuros trabalhos, cabe aqui ressaltar que, ainda que as soluções encontradas sejam plausíveis, estas carecem de estudos mais aprofundados. A falta de uma análise financeira detalhada não permite identificar precisamente qual das alternativas identificadas pode ser considerada a mais viável. Além disso, uma futura pesquisa poderia abordar os aspectos técnicos

do modelo PAMELA, fazendo um comparativo de eficiência de reciclagem entre o A330 e T-25.

Deve-se ressaltar também que, apesar desse estudo estar inicialmente voltado para a desativação da aeronave T-25, as soluções encontradas durante a pesquisa são analogamente aplicáveis a outras aeronaves em fim de vida no âmbito da FAB, tais como, aeronaves de Patrulha, Transporte, Caça, Reconhecimento a Asas Rotativas.

REFERÊNCIAS

- AIRBUS. **Aircraft recyclability moves to the next level with PAMELA A380 tests**. Julho 2008.
- BRASIL, **Lei N° 12.305** de 02 de agosto de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.
- BRASIL. **Plano de Gestão de Logística Sustentável** (2019)
- BRASIL.PORTARIA N°129/GC4, DE 5 DE MARÇO DE 2007. Aprova a DCA 400-6 **"Diretriz que dispõe sobre Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica"**. Publicado no BCA n° 047, de 9 de março de 2007.
- BRASIL. PORTARIA N° 78/PLON-2, DE 05 DE JULHO DE 2017. Aprova a MCA 66-7 **"Manual que estabelece a doutrina, os processos e a documentação de manutenção do Sistema de Material da Aeronáutica"**. Publicado no BCA n° 118, de 12 de julho de 2017.
- BRASIL. PORTARIA COMGAP N° 12/ADNP, DE 4 DE FEVEREIRO DE 2021. Aprova o PCA 400-215 **"Plano de Desativação do Projeto C-130 da Força Aérea Brasileira"**. Publicado no BCA n° 027, de 9 de fevereiro de 2021.
- BURCHELL, Bill. **Recycling Aircraft**. *Aviation Week*, 2006.
- BUTTERWORTH-HAYES, P. Europe pioneers' aircraft recycling initiatives. **Aerospace America**, August, 2006.
- GUERATO, A. M. **Projeto voltado para o descarte de estruturas primárias de material de compósito**. Dissertação. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP, 2010.
- HESELBACH, J. HERRMANN, C. **Globalized Solutions for Sustainability in Manufacturing**. 2011.
- LACERDA, L. Logística Reversa – **Uma Visão sobre os Conceitos Básicos e as Práticas Operacionais** Centro de Estudos em Logística, COPPEAD, UFRJ, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.
- LEITE, P. R. **Logística Reversa: Meio Ambiente e Competitividade**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- MIRANDA, V. S. **Estudo de viabilidade visando a escolha de um avião de treinamento primário para a Força Aérea Brasileira**. Universidade de Taubaté, Taubaté, São Paulo, 2019.
- PINHEIRO, E. J. **Desenvolvimento de modelo para análise preliminar de alternativas de fim de vida de aeronaves**. 2013. Dissertação. Instituto Tecnológico

de Aeronáutica, São José dos Campos, SP, 2013.

RIBEIRO, Jr S., GOMES, J de O. **Proposed framework for End-Of-Life aircraft recycling**, São José dos Campos, SP, 2015.

SUOMALAINEN, Emilia. CELIKEL, Ayce. VÉNUAT, Pierre. **Aircraft metals recycling: process, challenges and opportunities**, 2014.

TOWLE. C. J., LINGWOOD, R. P.S. G. **The Aircraft at End-of-Life Sector: A Preliminary Study**.

WONG, K., RUDD, C., PICKERING, S., LIU, X. **Composites recycling solutions for the aviation industry**, 2017.