



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

**Construção do protótipo da ferramenta especial para montagem e
desmontagem dos cubos de roda da aeronave C295 CASA.**

Manaus

2022

Heitor Fernando Arantes Neves

**Construção do protótipo da ferramenta especial para montagem e
desmontagem dos cubos de roda da aeronave C295 CASA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento Acadêmico de Processos industriais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus – Centro, como parte dos requisitos para conclusão do curso de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientadora: Prof. Msc. Camila da Costa Pinto

Manaus

2022

Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro

N518c Neves, Heitor Fernando Arantes.

Construção do protótipo da ferramenta especial para montagem e desmontagem dos cubos de roda da aeronave C295 CASA / Heitor Fernando Arantes Neves. – Manaus, 2024.

47 p. : il. color.

Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica). – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus Manaus Centro*, 2024.

Orientadora: Profa. Ma. Camila da Costa Pinto.

1. Engenharia mecânica. 2. Manutenção. 3. Ferramenta especial. 4. C295 CASA. I. Pinto, Camila da Costa. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 621

*“A vida só pode ser compreendida olhando-se
para trás, mas só pode ser vivida olhando-se
para a frente.”*

Soren Kierkegaard

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus. Que sempre me manteve forte.

Agradeço a Dona Regina, minha falecida avó. Que sempre me motivou a estudar, mesmo tendo apenas o ensino fundamental completo, mas era de tamanha sabedoria, com suas leituras e leituras, sempre aumentando seu nível intelectual.

Agradeço aos meus queridos irmãos, Nívea, Thaisa, Ramon e Fernanda, sempre me incentivando a melhorar e mostrando meus pontos fortes. Além disso, auxiliando em todos os passos da vida até o momento.

Agradeço aos meus pais, por terem me dado suporte e educação, sempre fornecendo o melhor que eles poderiam dar, me mostrando que o caminho correto é o do estudo.

Agradeço ao Eduardo Crespo, que foi um dos incentivadores do ingresso na faculdade, meu irmão de vida, de farda e graduação. Sempre estudando comigo, se esforçando, noites e noites viradas estudando.

Agradeço ao Igor Abreu, por ter abdicado tanto do seu tempo, me ajudando na medição da peça, com seus conhecimentos rebuscados.

Agradeço aos meus irmãos de farda e de vida da seção de Hidráulica: Thiago, Danilo, Daniel, Gabriel Victor, De Campos e Lemos. Agradeço pelos apoios que sempre me deram, no dia a dia, em épocas de provas como na confecção desse TCC.

Agradeço ao meu chefe, Cap R1 Raniere, por sempre incentivar o estudo e o crescimento pessoal e profissional.

Agradeço aos meus amigos de graduação: Douglas Motta, Eduardo Devens e Kallil Costa, que nunca deixaram o moral baixar, sempre ao meu lado, estudando e incentivando melhorias diárias e constantes.

Agradeço aos professores: Benedito, Anglada, Sandra Cad, Cláudio Marcelo e outros professores por terem transmitido seus conhecimentos, sempre dispostos a ajudar e retirar dúvidas sobre diversos conteúdos.

Agradeço a minha orientadora, Camila Pinto, por ter me orientado o tempo todo, mesmo não sendo minha orientadora oficial, anteriormente. Obrigado por ter aceitado esse desafio.

FOLHA DE APROVAÇÃO

HEITOR FERNANDO ARANTES NEVES

Este trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título: Construção do protótipo da ferramenta especial para montagem e desmontagem dos cubos de roda da aeronave C295 CASA e aprovado em sua forma final pelo curso de Engenharia Mecânica.

Manaus, 16 de dezembro de 2022.

Banca Examinadora:

Prof. Msc. Camila da Costa Pinto (Membro Departamento de Ensino, Pesquisa e Extensão –
CPRF)
Orientadora

Prof. Msc. Cristovão Américo De Castro (Membro Interno – Departamento de Processos
Industriais IFAM)
Avaliador

Prof. Darbens Silvio Correa Junior

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo a criação de uma ferramenta especial para auxiliar na montagem e desmontagem dos cubos de roda da aeronave C295. Visando um aumento de produtividade e uma redução no tempo utilizado para uma manutenção segura e objetiva. Quando se trata de mecânica de aeronave de transporte de carga e tropa, especificamente, existe toda uma sequência de fatores que influenciam diretamente na disponibilidade da aeronave. Isso pode afetar as demandas existentes, como transporte de suprimentos para localidades mais afastadas, a causa de um acidente aeronáutico, a não realização de uma evacuação aeromédica (EVAM) ou transporte de órgãos, ocasionando o agravamento de situações médicas, podendo levar à perda do paciente. Visto isso, esse estudo foi realizado com abordagem qualitativa e quantitativa, baseando-se em pesquisas bibliográficas e documental, observando a necessidade de uma manutenção preventiva e/ou corretiva mais segura e rápida. Para isso, foram utilizados também os manuais técnicos respeitando os limites previstos evitando danos e perdas de materiais aeronáuticos, contribuindo para a economia do Estado. Ao concluir a pesquisa se obtém que a utilização da ferramenta especial, permite a segurança e de forma positivamente, aumenta a disponibilidade das aeronaves C295.

Palavras-chave: Manutenção. C295 CASA. Ferramenta Especial.

ABSTRACT

This research aims to create a special tool to assist in the assembly and disassembly of the wheel hubs of the C295 aircraft Aiming at an increase in productivity and a reduction in the time used for safe and objective maintenance. When it comes to the mechanics of cargo and troop transport aircraft, specifically, there is a whole sequence of factors that directly influence the availability of the aircraft. This can affect existing demands, such as transportation of supplies to more distant locations, the cause of an aeronautical accident, failure to carry out an aeromedical evacuation (EVAM) or transport of organs, causing the worsening of medical situations, which may lead to the loss of the patient. Given this, this study was carried out with a qualitative and quantitative approach, based on bibliographical and documentary research, nothing the need for safer and faster preventive and/or corrective maintenance. For this, technical manuals were also used, respecting the foreseen limits, avoiding damage and loss of aeronautical materials, contributing to the State's economy. Upon completion of the research, it is found that the use of the special tool allows for safety and, in a positive way, increases the availability of the C295 aircraft.

Keywords: Maintenance. C295 CASA. Special Tool.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAD – Computer Aided Design;
COMAER – Comando da Aeronáutica;
DT – Diretiva Técnica;
EAS – Equipamentos de Apoio ao Solo;
END – Ensaio Não Destrutivo;
FAB – Força Aérea Brasileira;
FUNAI – Fundação Nacional do Índio;
IEA – International Ergonomics Association;
LBF FT – Pound Force Per Foot;
MCA – Manual do Comanda da Aeronáutica;
NR – Norma Regulamentadora;
OFMS - Organizações Fornecedoras de Serviços de Manutenção;
OM – Organização Militar;
PN – Part Number;
SN – Serial Number;
TBO – Time Between Overhaul;
TCC – Trabalho de Conclusão de Curso;

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Gráfico demonstrativo do percentual das horas voadas em três meses.....30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tabela demonstrativa de quantidades de horas de voo.....	29
Tabela 2: Quantidade de vezes que o serviço foi executado em quinze meses.....	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cubo de Roda.....	19
Figura 2: Semi cubo do lado da válvula de alívio.....	20
Figura 3: Semi cubo do lado do freio.....	21
Figura 4: Medição da peça utilizando o paquímetro manual.....	34
Figura 5: Medição do semi cubo de roda para a prototipagem da peça.....	35
Figura 6: Desenho 3D.....	36
Figura 7: Soquete ½ polegada.....	37
Figura 8: Desenho em Perfil do Protótipo.....	38
Figura 9: Vista Frontal.....	39
Figura 10: Vista Lateral.....	39
Figura 11: Vista do Detalhe.....	40
Figura 12: Montagem ou desmontagem do pneu com dois operadores.....	41
Figura 13: Operador do lado do semi cubo do freio.....	42
Figura 14: Protótipo da peça encaixado no semi cubo lado do freio.....	43
Figura 15: Protótipo impresso.....	44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 Atuação da aeronave C295 na Amazônia.....	17
2.2 Noções gerais de cubos de roda.....	18
2.2.1 Desmontagem do pneu do cubo de roda.....	21
2.2.2 Procedimento para desmontagem do cubo.....	21
2.2.3 Procedimento para montagem do cubo.....	23
2.2.3.1 Procedimento de aperto do ângulo de torque.....	24
2.2.3.2 Procedimento Lubtork.....	25
3. TIPOS DE MANUTENÇÃO NO COMAER.....	26
3.1 Manutenção preventiva.....	26
3.1.1 Manutenção corretiva.....	27
3.2 Níveis de Manutenção na Força Aérea Brasileira.....	27
3.2.1 Manutenção Nível Orgânico.....	27
3.2.2 Manutenção Nível Base.....	28
3.2.3 Manutenção Nível Parque.....	28
4. DADOS ESTATÍSTICOS E SAÚDE.....	29
4.1 Dados estatísticos da Operação COVID-19.....	29
4.2 Dados da frequência da execução do serviço.....	30
4.3 Ergonomia.....	31
5. CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO DA FERRAMENTA ESPECIAL COM AUXÍLIO DE CAD/CAM.....	33
5.1 Detalhes técnicos da modelagem da ferramenta.....	33
5.2 Funcionalidade da peça.....	40
6. VANTAGENS.....	45
6.1 Vantagens da utilização da ferramenta.....	45
7. CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

1. INTRODUÇÃO

Visando a redução de tempo na execução dos serviços de manutenção e o aumento da disponibilidade de aeronaves, é fundamental a procura por novas técnicas para auxílio de alguns procedimentos de manutenção conforme a necessidade dos mantenedores, através da engenharia mecânica. Seja em manutenções preventivas, corretivas ou programadas, sempre observando a segurança de voo para que assim, as demandas sejam atendidas.

As dificuldades encontradas durante a manutenção, fadigam o mantenedor, ocasionando um menor rendimento e aumentando os riscos de erros de procedimentos. Além disso, muitas manutenções são realizadas em locais não apropriados ou em grande demanda e com pouca mão de obra qualificada para o serviço, sendo outros potenciais de riscos.

O terceiro maior índice de incidentes graves aeronáuticos entre 2010 e 2019 foi dado por manutenção de aeronaves (Aviões Sumário Estatístico 2010 – 2019), assim é observado a importância de um menor esforço para os mantenedores, diminuindo a fadiga.

Segundo Oliveira (2012), a fadiga reporta-se a um somatório de alterações no organismo que, em conjunto, levam a uma sensação generalizada de cansaço e a uma redução das capacidades físicas e mentais, culminando em consequências agressão a saúde do trabalhador. Partindo do princípio de uma melhora na qualidade de trabalho dos mantenedores, reduzindo a fadiga, foi observado a possibilidade da criação de uma ferramenta especial para atender a aeronave C295, com o intuito de auxiliar a montagem e desmontagem dos cubos de roda.

Frequentemente é encontrada alguma dificuldade durante a manutenção. Com o intuito de facilitar a manutenção e expandir os conhecimentos em algumas áreas como manutenção, planejamento e gestão, identificando as causas e soluções para problemáticas advindas no decorrer do cotidiano aumentando a produtividade e a disponibilidade das aeronaves, permitindo voos mais constantes e seguros.

Os cubos de roda são componentes da aeronave que sofrem grandes esforços, bem como os pneus. Em relação ao C295 operando na Amazônia, por ser uma aeronave de carga e pousar em pistas em condições mais precárias – com os solos ruins e de tamanhos curtos -, devido à dificuldade de verba e logística, o desgaste dos pneus são grandes, fazendo com que o serviço seja constante e repetitivo, que oferece perigos, como Erros baseados na perícia: descuido e lapsos (GOMES, 2010).

Segundo GOMES (2010), os descuidos são relacionados com as ações e associam-se à falta de atenção, enquanto os lapsos são eventos mais internos e são inerentes às falhas de

memória. Os descuidos e os lapsos podem ocorrer durante o desempenho de tarefa de rotina e em ambientes que são familiares à pessoa.

A partir desse contexto, surge os questionamentos: Como funciona o processo de montagem e desmontagem de pneus aeronáuticos? A utilização de uma ferramenta especial ajudaria na disponibilidade das aeronaves? Fadigaria menos os mantenedores? Seria possível minimizar as chances de erros de manutenção?

Em busca das respostas para essas perguntas, o objetivo geral desse trabalho é a confecção do protótipo de uma ferramenta especial para a redução do tempo utilizado para a montagem e desmontagem dos cubos de roda, com o número de pessoas envolvidas reduzido. Foram utilizados manuais técnicos da aeronave, dos cubos de roda, específicos do fabricante. Ainda, com o auxílio de CAD foi desenhada a peça para atender a necessidade.

Percebendo que essa proposta de trabalho de conclusão de curso (TCC), trata de aviação que é um campo de estudo que não possui tantos estudos disponíveis, é necessário um aprofundamento, tanto na área técnica quanto em como funciona a manutenção de aeronaves dentro da Força Aérea Brasileira. Por fim, e tão importante quanto as questões anteriormente citadas, por ser a invenção de uma peça em uma área tão delicada que é a aviação.

Referencial teórico e documental são as características de pesquisa desse trabalho, para assim atender devidamente o que foi exposto na introdução. Com isso, foram consultados livros, manuais técnicos, trabalhos acadêmicos e diversos artigos científicos publicados.

Para atender devidamente o que foi exposto na introdução desse TCC foi utilizado o referencial teórico: Hobbs (2008), Gomes (2010) e Oliveira (2012), fundamentando questões sobre fatores humanos.

Dessa forma, é desejável, que seja possível esclarecer algumas dúvidas específicas sobre aeronaves, por explicar alguns componentes dos cubos de freio, montagem, desmontagem e procedimentos de manutenção programada. Assim, ampliando o pequeno acervo de estudos sobre o tema de uma abrangente, contribuindo com pesquisadores e acadêmicos, da área da engenharia mecânica, gestão, psicólogos ou médicos, uma vez que também é tratado sobre a fadiga e ergonomia.

Por fim, esse TCC está dividido em 5 capítulos, onde o primeiro será tratado as noções gerais dos cubos de rodas e os procedimentos de montagem e desmontagem. Será também tratado a necessidade da criação da peça, pela operação da aeronave na região Norte do país. No segundo capítulo serão descritos os tipos de manutenção na Força Aérea Brasileira, bem como a responsabilidade pelos níveis de manutenção. O capítulo três tratará mais especificamente a frequência no qual o serviço é realizado e ergonomia. No quarto capítulo será

desenhado com auxílio de CAD a ferramenta especial e será mostrado seu funcionamento bem como o protótipo da ferramenta impresso em 3D. Para finalizar, no capítulo 5 serão mostradas as vantagens que a utilização do protótipo trazem para os mantenedores.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O corrente tópico descreve o que são os conjuntos de rodas e pneus de forma genérica, onde será explicado alguns componentes, bem como, o processo de montagem e desmontagem. Algumas pistas de pouso na região amazônica serão mostradas explicando o porquê desse processo de manutenção ser tão recorrente bem como a operação em combate a COVID-19.

2.1 Atuação da aeronave C295 CASA na Amazonia:

O esquadrão Arara, sediado em Manaus, opera a aeronave C-105 Amazonas. Essa é a nomenclatura para a versão militar brasileira, do C295. Assim, pode ser falado um pouco da operacionalidade da aeronave na Amazônia, através de matérias feitas na página oficial da Força Aérea Brasileira (FAB, 2020).

Segundo a FAB (2021), o Esquadrão Arara, sediado na Ala 8, em Manaus (AM), completou 50 anos de sua criação. Ao longo de sua trajetória, o Primeiro Esquadrão do Nono Grupo de Aviação (1º/9º GAV) foi o principal vetor de integração da Região Norte. Ainda hoje, é possível encontrar nesses diversos Pelotões a marcante frase que exalta a importância da FAB e do Esquadrão Arara: “da primeira tábuca ao último prego, este Pelotão foi transportado nas asas da Força Aérea Brasileira”.

A aeronave atua em diversas regiões no norte do país, levando insumos, vacinas, transportando enfermos, profissionais da área da saúde – com o intuito de promover a saúde da população indígena nos pontos mais afastados do território brasileiro -, profissionais da FUNAI, entre outras atividades. Mas é de extrema necessidade, citar o trabalho realizado por essa aeronave a partir do ano de 2020 até os dias atuais, durante toda a pandemia. Horas voadas, disponibilidade de pessoal e de aeronave, logística, gerenciamento de manutenção, foram fundamentais para o verdadeiro cumprimento e suporte durante toda a Operação COVID-19.

Durante o combate ao novo Coronavírus, segundo a Força Aérea Brasileira, em março, o Ministério da Defesa ativou o Centro de operações Conjuntas para a execução dessas atividades, os militares atuam organizados em dez Comandos Conjuntos que cobrem todo o território nacional, bem como no Comando de Operações Aeroespaciais (COMAE). Esses Comandos reúnem militares das três Forças (Marinha, Exército e Aeronáutica), que desenvolvem esforços no cumprimento das missões (FAB, 2021).

Duas aeronaves C-105 Amazonas (C295) da Força Aérea Brasileira (FAB) realizaram, Transporte Aéreo Logístico em apoio à Operação COVID-19. Os aviões,

pertencentes ao Primeiro Esquadrão do Nono Grupo de Aviação (1º/9ºGAV) – Esquadrão Arara, transportaram 55 cilindros de oxigênio reabastecidos, de Manaus (AM) para Tabatinga (AM) (FAB, 2021).

Após essas breves demonstrações da atuação da aeronave C295 na Amazônia, por exemplo, será explicado um pouco sobre os cubos de roda.

2.2 Noções Gerais de cubos de roda

A definição de roda, segundo o Dicionário Online de Português, é qualquer dispositivo mecânico em forma circular; disco ou prato. Quando se refere aos cubos de roda da aeronave, estamos considerando os dois semi cubos montados, onde o pneu é acoplado, durante sua montagem. O pneu não possui câmara e possui tamanho 34 x 14.0 – 14. A invenção da roda, 3.000 A.C, foi e ainda é revolucionária, permitindo veículos se locomoverem com maior facilidade, acelerando o processo de produção após algumas modificações através de roldanas e permitindo e assegurando decolagens e pousos seguros.

Os semi cubos são nominados como lado da válvula de enchimento, e lado do freio. São compostos de liga de alumínio, as superfícies de metal são anodizadas e pintadas evitando corrosão. Possuem 14 parafusos e porcas, 28 arruelas e 14 orifícios de ventilação para convecção do ar quente ao redor. Do lado do freio são instalados 3 conjuntos de fusíveis, 7 blocos de acionamento e 7 escudos térmicos. Do lado da válvula, 1 conjunto de válvula de inflação e um bujão de segurança. Os cubos são balanceados independentemente, por isso que a letra B que identifica o ponto de equilíbrio máximo de cada cubo, que na hora de montar, são colocados alinhados. Cada cubo possui suas marcações específicas como PN, SN e eles devem ser sempre montados combinando os seus seriais. Os cubos possuem fusíveis de pressão que são ativados quando atingem 175 +/- 25 psi nas margens de temperaturas de no mínimo 15°C e máxima de 180°C. Estas informações foram retiradas e adaptadas do manual MEGGIT, Component Maintenance Manual 32-45-10.

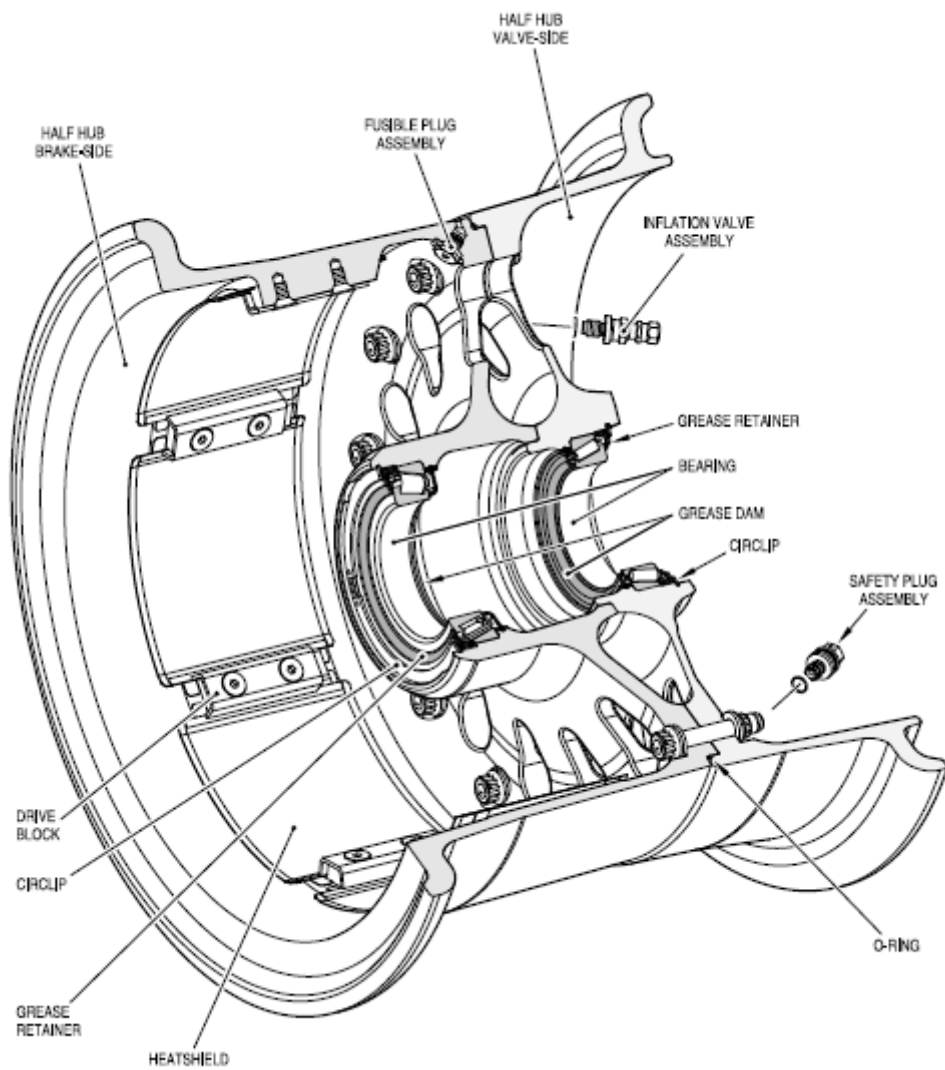


Figura 1: cubo de roda. Fonte: MEGGIT, Component Maintenance Manual 32-45-10.



Figura 2: Semi cubo do lado da válvula de alívio. Fonte: Próprio Autor. 08/11/2022 - Manaus.



Figura 3: Semi cubo do lado do freio. Fonte: Próprio Autor. 08/11/2022 – Manaus.

2.2.1 Desmontagem do pneu no cubo de roda

Antes de qualquer procedimento de manutenção é necessário atentar para os perigos iminentes, ou seja, deve-se iniciar o processo com segurança. Para isso, se faz necessário alguns

procedimentos como observar a segurança ao redor do local onde vai ser executada a manutenção, a utilização dos EPIs, a efetiva calibração das ferramentas, entre outras.

2.2.2 Procedimento para desmontagem do cubo:

A desmontagem em questão é de nível base. Manutenção realizada com intuito de verificar possíveis trincas superficiais, manter a limpeza do equipamento e trocar os pneus desgastados. Este procedimento foi adaptado do manual MEGGIT, Component Maintenance Manual 32-45-10.

Ferramentas: Soquete de torque 7/16 polegadas longa bi-hexadecimal e uma soquete de torque 1/2 polegadas bi-hexadecimal. Arco de velocidade para atender a soquete de 1/2 polegada e uma chave catraca para a de 7/16, com a finalidade de remover os torques e a ferramenta para deflação dos pneus.

Passo à passo:

- 1) Remover a capa do conjunto de válvula de enchimento;
- 2) Remover a válvula de enchimento, no conjunto de válvula de enchimento, usando a chave de deflação;
- 3) Colocar a roda principal e os semi cubos no equipamento de remoção de pneus;
- 4) Colocar o pneu contra o anel de remoção que não se move;
- 5) Usar a chave catraca para ajustar a altura do quadro do removedor de pneus, até o furo do eixo alinhar com os do rolamento da roda;
- 6) Empurrar o anel contra o pneu;
- 7) Usar a chave catraca para apertar o eixo do equipamento, soltando os talões dos pneus;
- 8) Remover o conjunto de roda e os pneus do equipamento.

Observações do procedimento:

No passo 7, certificar que o anel do equipamento está somente nas rodas e não nos semi cubos. No item oito, caso haja dificuldade para soltar os talões dos pneus, aplicar a carga inicial máxima do equipamento contra os pneus, apertando o eixo do removedor de pneus. A carga máxima inicial pode ser aplicada até dois minutos. Se a situação não for resolvida, aumentar a carga.

- 9) Utilizar a soquete de torque de 1/2 polegada com a extensão de uma catraca para segurar os parafusos de fixação;

- 10) Utilizar a soquete de torque longa de 7/16 polegada com a extensão com a finalidade de remover o torque e afrouxar os parafusos, na porca deles, seguindo uma ordem cruzada (diagonalmente oposta);
- 11) Remover as porcas, arruelas e parafusos do conjunto de cubos;
- 12) Separar os semi cubos;
- 13) Remover o pneu;
- 14) Remover e descartar a O-ring no semi cubo.

2.2.3 Procedimento para montagem do cubo:

As ferramentas utilizadas para a montagem são as mesmas que para a desmontagem, com apenas um acréscimo de um torquímetro de até 50 lbf ft (libra-força pé). Em relação ao procedimento de montagem, existem algumas particularidades. Este procedimento foi adaptado do MEGGIT, Component Maintenance Manual 32-45-10.

Passo a passo:

- 1) É necessário a substituição da gaxeta de vedação;
- 2) Lubrificar a gaxeta;
- 3) Lubrificar as faces de acoplamento dos semi cubos;
- 4) Instalar a gaxeta no semi cubo, no lado do freio;
- 5) Certificar que os pneus estão secos;
- 6) Certificar que os números de série dos semi cubos estão acordando;
- 7) Alinhar o máximo possível os dois pontos B, dos semi cubos, com o ponto de triangulação do pneu;
- 8) Os furos dos parafusos dos semi cubos devem estar alinhados;
- 9) Usar a ferramenta de conjunto de roda, para juntar os semi cubos;
- 10) Lubrificar os parafusos com antigripante;
- 11) Colocar quatro parafusos com as arruelas, no lado do freio, em posições aproximadamente iguais;
- 12) Colocar as arruelas do lado da válvula de enchimento, de forma que o escareador de cada arruela fique contra a porca;
- 13) Adicionar as porcas;
- 14) Apertar as porcas;

Observações no procedimento:

Não ultrapassar o torque de 8 lbf ft durante esses passos.

- 15) Repetir os passos 12, 13 e 14 para os outros 10 parafusos;
- 16) Remover a ferramenta de conjunto de roda;

Existem dois procedimentos a serem adotados, para dar o torque previsto no manual do cubo de roda. O procedimento de aperto do ângulo de torque e o procedimento Lubtork, eles são usados de acordo com a preferência. Os procedimentos a seguir foram retirados e adaptados do MEGGIT, Component Maintenance Manual 32-45-10.

2.2.3.1 Procedimento de aperto do ângulo de torque:

- 1) Usar a soquete de torque com extensão bi-hexadecimal 1/2 polegada com uma extensão de 12 polegadas com um adaptador de 3/8 de polegada, firmando a cabeça do parafuso, garantindo que ele não se mova enquanto sofre o torque;
 - 2) Se algum parafuso sofrer mais torque do que 8 lbf ft, afrouxar a porca e repetir o processo de torquar.
- Conjunto da ferramenta de aperto do ângulo de torque:
 - a) Soquete de torque 7/16 polegadas;
 - b) Extensão;
 - c) Torquímetro de 0 a 50 lbf ft;
 - d) Medidor de ângulo de torque.
- 3) Usar o conjunto da ferramenta, apertando cada porca em aproximadamente 90°;
 - 4) Verificar o valor nominal no medidor de ângulo de torque;
- Observação do procedimento (passo 3 e 4):

Certificar que o valor não seja menor que 21 lbf ft e que não seja maior que 37 lbf ft. Caso seja visualizado um valor fora da faixa de torque prevista, retirar o torque e remover as porcas, arruelas e parafusos. Limpar e analisar cada componente removido.

As causas do torque muito baixo podem ser: a junta entre os semi cubos não foi totalmente fechada ou a porca, arruela e parafusos não podem ser reparados, item condenado.

Repetir os procedimentos 3 e 4 novamente, após a limpeza e análise com componentes.

2.2.3.2 Procedimento Lubtork:

A soquete de torque 7/16 polegadas, com a extensão e o torquímetro, são as ferramentas necessárias para a execução desse procedimento. Nessa etapa são dados dois torques distintos e graduais.

- 1) Apertar as porcas em uma sequência de padrão cruzado;
- 2) Dar o torque inicial de 22 lbf ft;
- 3) Dar o toque final de 37 lbf ft.

Após a realização de um dos procedimentos de torque

- 17) Remover as ferramentas;
- 18) Adicionar a válvula de enchimento;
- 19) Inflar o pneu montado com a roda.

3. TIPOS DE MANUTENÇÃO NO COMAER.

Manutenção é o conjunto de ações ou medidas necessárias à preservação do material, para mantê-lo em serviço, restituir suas condições de utilização, prover a máxima segurança em sua operação e estender sua vida útil tanto quanto seja desejável e viável técnica e economicamente. Também, pode ser as ações que têm por encargo reduzir ou evitar a queda do desempenho do material, sua degradação e, ainda, reduzir a possibilidade de avarias por intermédio da inspeção periódica ou não dos itens, acompanhada das intervenções julgadas necessárias ao restabelecimento de sua condição operacional (MCA 66-7, 2017).

A manutenção de aeronaves é de alta complexidade, onde são utilizados meios específicos para cada tipo de projeto, horas voadas, quantidade de pousos ou até mesmo, localidade de operação. Com o auxílio de variadas formas de manutenções e de pessoal, se mantém as aeronaves disponíveis e com o voo seguro.

Segundo Hobbs (2008), a manutenção é essencial para a segurança da aviação, mas a manutenção inadequada contribui para uma proporção de acidentes e incidentes aéreos. Com o intuito de mitigar esses riscos, na aviação diversos tipos de manutenções são realizados, como, a preventiva, a corretiva e a programada.

De acordo com o significado de manutenção, existem alguns tipos de manutenção a serem descritos nesse trabalho como, manutenção preventiva, corretiva e programada.

3.1 Manutenção preventiva

Manutenção programada ou preventiva que é aquela realizada em aviões, equipamentos ou acessórios e em outros materiais aeronáuticos, em intervalos preestabelecidos, definidos pelo fabricante ou por publicações específicas do Comando da Aeronáutica – COMAER (BRASIL, 2017).

Segundo Xenos (2014), a manutenção preventiva deve ser a atividade principal de qualquer empresa. É o coração das atividades de manutenção.

Com esse modelo de manutenção é possível, principalmente, programar, controlar e coordenar as necessidades atuais e futuras. A diagonal de manutenção é gerada através dela, por exemplo, inspeções de aeronaves por quantidade de horas voadas ou ciclos de equipamentos, evitando perdas totais de equipamentos, os enviando para revisões antes do TBO (Time Between Overhaul).

O fundamento principal é evitar perdas materiais ou possíveis falhas de equipamento ou sistema, assegurando o voo e a operacionalidade, ou ainda, aumentando o tempo de disponibilidade das aeronaves.

3.1.1 Manutenção Corretiva

Manutenção não programada ou corretiva é aquela realizada fora da manutenção programada devido, de modo usual, a falhas inesperadas de equipamentos e sistemas (BRASIL, 2017).

A manutenção corretiva sempre é feita depois que a falha ocorreu. Em princípio, a opção por este método de manutenção deve levar em conta fatores econômicos: é mais barato consertar uma falha do que tomar ações preventivas? Se for, a manutenção corretiva é uma boa opção (XENOS, 2014).

O intuito de economia de manutenção corretiva, não deve ser avaliado apenas para questões de componentes. A análise de diminuição de produtividade, desfalque em estoque, insatisfação, hora extra, entre outros, deve ser levada em consideração, uma vez que, a manutenção não programada, pode facilmente, ultrapassar o custo das medidas preventivas.

3.2 Níveis de Manutenção na Força Aérea Brasileira

Níveis de manutenção são as camadas onde as tarefas de manutenção são divididas. Se são de níveis baixos, significa que são manutenções menores e analogamente, para as maiores manutenções. Pode ser o grau ou amplitude de trabalho requerido nas atividades de manutenção em função da profundidade e pormenorização do serviço a ser cumprido (BRASIL, 2017).

3.2.1 Manutenção Nível Orgânico

Também conhecida como manutenção de nível Operador ou 1º nível. Segundo o Manual do Comando da Aeronáutica 66-7 - Manutenção (MCA), consiste em tarefas realizadas na aeronave ou equipamento que sejam efetuadas sob a responsabilidade do próprio Operador ou pela Organização Militar (OM) responsável pelo equipamento com os meios disponíveis, visando manter o material em condições de funcionamento e conservação.

É uma manutenção mais simples, que visa limpeza, lubrificação, pequenos reparos, montagem, substituição de pequenos conjuntos e inspeções visuais. Assim, as atividades são executadas no próprio local, sem a necessidade de condições específicas para o cumprimento da tarefa.

3.2.2 Manutenção de Nível Base

É aquela que envolve serviços que sejam comuns a qualquer tipo de aeronave, como estrutura, metalurgia, limpeza, pintura e manutenção de baterias, para os quais o Operador pode não possuir recursos de realizá-los (BRASIL, 2017). Pode ser chamada de 2º nível ou nível Intermediário.

Requer oficinas fixas, equipamentos de apoio ao solo (EAS), com a finalidade de trocar conjuntos maiores como trem de pouso, motor, flap etc. Neste nível, se faz necessário o cumprimento de diretivas técnicas (DT), inspeções programadas (curtos períodos), não programadas, análise da diagonal de manutenção. Engloba ainda, a manutenção de 1º nível.

3.2.3 Manutenção de Nível Parque

É o 3º nível de manutenção, onde são realizados serviços de inspeções programadas de longa duração e grandes reparos – em componentes e estruturais-. São basicamente, oficinas especializadas em restaurar o que foi danificado ou desgastado.

É incumbida de efetuar tarefas de manutenção que exijam grande capacitação de pessoal técnico e de oficinas e tem a faculdade de ser cumprida no equipamento ou fora dele. Fisicamente, são unidades especializadas, Organizações Fornecedoras de Serviços de Manutenção (OFSM) contratadas ou fabricantes de equipamento que apoiam determinados tipos de sistemas, acessórios e/ou partes deles. As suas instalações são situadas em local remoto, em geral e usualmente, este escalão é realizado somente em itens caros e intrincados, que requerem qualificações específicas, EAS apropriados e materiais exclusivos (BRASIL, 2017).

4 DADOS ESTATÍSTICOS E SAÚDE.

4.1 Dados Estatísticos da Operação COVID-19

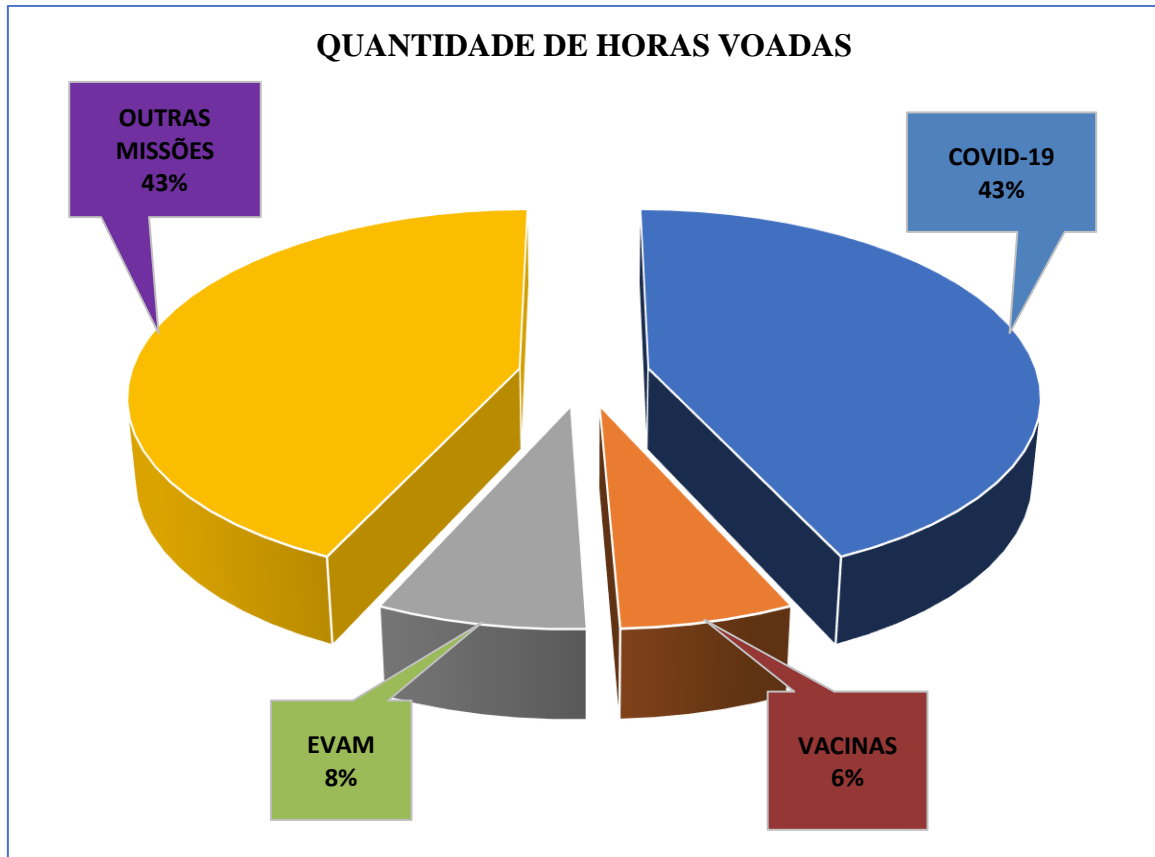
A aeronave C-105, através do Esquadrão Arara, foi uma das que mais apoiou a região amazônica, não apenas nos dias comuns, mas também durante a pandemia. Fez diversas missões, incansavelmente, atuando em todos os períodos do dia, 24h. Transportou portadores da COVID-19 para melhor atendimento médico-hospitalar – EVAM: Evacuação Aeromédica, cilindros de oxigênio, vacinas, bem como outros componentes importantes para o combate ao novo Coronavírus.

Alguns dos dados divulgados, pelo próprio esquadrão, foram as horas voadas em missões COVID-19, que englobam EVAM e o restante do apoio logístico, e transporte de vacinas, no período de 01 de janeiro de 2021 a 31 de março do mesmo ano.

Em um período de três (03) meses, as aeronaves voaram mais de 350 horas só em missões COVID-19 transportando cilindros de oxigênio e outras demandas necessitadas, mais de 50 horas no transporte logístico de vacinas e mais que 60 horas em evacuações aeromédicas. Considerando que as aeronaves voaram por volta de 850 horas nesse período, mais que 50% das horas voadas nesse período foram a fim de atender as necessidades do país, salvando vidas. Ao analisar, é possível perceber que em torno de 390 horas não foram utilizadas no combate ao COVID-19 pois essas horas tratavam de outras missões como: transporte logístico aos PEFs, evacuações aeromédicas distintas, transportes de órgãos, lançamentos de cargas entre outras demais atividades. O período em questão não foi inteiramente composto por necessidades extremas referentes a COVID-19.

FINALIDADE DE HORAS VOADAS	QUANTIDADE DE HORAS VOADAS
COVID-19	350
VACINAS	50
EVAM	60
OUTRAS MISSÕES	350

Tabela 1: Tabela demonstrativa de quantidades de horas de voo aproximada. Fonte: FAB.



Quadro 1: Gráfico demonstrativo do percentual aproximado das horas voadas em três meses.
Fonte: FAB.

4.2 Dados da frequência da execução do serviço.

Devido a altíssima quantidade repetitiva da realização do serviço, bem como, a análise da diagonal de manutenção, se faz necessário o controle com a finalidade de analisar a diagonal de manutenção. O componente é controlado por ciclos de montagem, desmontagem e lavagem.

A realização de um ensaio não destrutivo (END) a cada lavagem do item é realizada para assegurar a confiabilidade, considerando que a peça recebe toda a carga da aeronave, tanto em pousos, decolagens, taxiamento ou estacionada. Segundo a ANAC (2013), os END são métodos que permitem a inspeção de produtos aeronáuticos tais como aeronave, motor, hélice e componentes, com equipamentos extremamente portáteis e complexas estações de trabalho.

A princípio, o cubo é removido da aeronave quando os pneus estão apresentando um desgaste antes da lona. Porém, outros motivos influenciam na remoção/instalação como: apresentação de Shimmy (vibração), deformação de pneu, deflação inesperada na válvula de alívio do cubo ou da roda, por exemplo. Com este tipo de ocorrências é obrigatório um bom controle, não permitindo que as aeronaves fiquem paradas por falta de peças, seja por estarem realizando o Eddy Current ou se estiverem na Overhaul.

O Eddy Current é o ensaio não destrutivo realizado na manutenção nível base, onde é feito em alguns pontos específicos do cubo, depois de cada desmontagem e lavagem do cubo. Após a 4ª desmontagem, é necessário o recolhimento do item para o Parque, para que assim, seja realizado outro END, um de nível mais detalhado, onde a tinta do cubo é removida.

Considerando o serviço de montagem e desmontagem de pneus de agosto de 2021 a outubro de 2022, em conjunto com o controle realizado dos procedimentos, pode ser dito que a média por mês é de 12 vezes, de acordo com a tabela a seguir.

	2021	2022	TOTAL
QUANTIDADE DE MESES	5	10	15
TROCAS REALIZADAS	74	106	180
MÉDIA MENSAL	14,8	10,6	12

Tabela 2: Quantidade de vezes que o serviço foi executado em quinze meses. Fonte: FAB

Ao analisar os dados, é possível perceber que a execução do serviço é realizada em média, 3 vezes durante a semana, o que demonstra a repetitividade. Dessa forma, se faz importante pensarmos em Ergonomia, considerando que foi observado a quantidade de vezes de realização e o esforço realizado por dois mantenedores para a execução dessa manutenção, que dura em média uma hora.

4.3 Ergonomia

Para a redução da fadiga e aumento da confiabilidade da manutenção, faz-se necessário a análise da ergonomia. O estresse, a pressão de tempo, as condições de trabalho (em altura, com ruídos, calor, frio, sol etc.) são condições frequentes na vida do mantenedor, que aumentam o cansaço físico e mental. A Norma Regulamentadora 17 – Ergonomia (NR), que prevê as condições trabalhistas, diretamente ligada a saúde.

Segundo a Associação Internacional de Ergonomia (IEA – *International Ergonomics Association*), ergonomia é a disciplina científica preocupada com a compreensão das interações entre humanos e outros elementos de um sistema, é a profissão que aplica teoria, princípios, dados e métodos para projetar, para otimizar o bem-estar humano e o desempenho geral do sistema.

Considerando que, todo procedimento de montagem e desmontagem é sempre realizado com duas ou mais pessoas, é esperado que a criação da peça, minimize a utilização da mão de obra, uma vez que ela é capaz de substituir inteiramente o papel de um dos mantenedores.

Assim, é esperado que com a diminuição de pessoal envolvido numa mesma manutenção, em diversas horas do dia, seja mais ergonômico ou saudável. Não apenas pela execução do serviço ter um aumento de disponibilidade de pessoal em outras manutenções e ainda, o descanso dos mantenedores, visto que, o serviço ocorre constantemente em horários não comerciais, reduzindo ainda o custo de hora extra, considerando empresa privada.

5 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO DA FERRAMENTA ESPECIAL COM AUXÍLIO DE CAD/CAM

Com a evolução tecnológica, softwares mais potentes e entendíveis foram desenvolvidos facilitando a produtividade e acessibilidade. Dessa forma, é extremamente possível, desenhar uma peça ou até mesmo um boneco e tê-lo em mãos em algumas horas, possuindo o conhecimento necessário para desenhar o que se deseja e uma impressora 3D.

Esses desenhos são denominados como CAD – *Computer Aided Design* ou Desenho Assistido por Computador. Com esta ferramenta é possível fazer a prototipagem do objeto em parte ou por inteiro, em 2D ou 3D. Em conjunto, ainda é possível utilizar a tecnologia CAM – *Computer-Aided Manufacturing* ou Manufatura Assistida por Computador, que executa a criação da peça, ou seja, a manufatura do objeto.

Para a modelagem da ferramenta, foi utilizado o software INVENTOR-2022 e para a impressão o arquivo foi transformado de CAD para STL - *Standard Tessellation Language*, que é o formato comumente utilizado para impressão 3D.

O protótipo foi impresso no material PLA, teve duração de aproximadamente 2 horas.

A modelagem foi realizada tanto em 3D quanto em 2D – DWG. com o intuito de futuras melhorias ou reproduções.

5.1 Detalhes técnicos da modelagem da ferramenta.

Para as medições, foi usado um paquímetro manual, a fim de garantir uma boa precisão e minimizar os possíveis erros. Acredita-se que o ideal seria um paquímetro digital, mas não foi possível a utilização do instrumento de medição.



Figura 4: Medição da peça utilizando o paquímetro manual. Fonte: Próprio Autor. 21/09/2022 - Manaus.



Figura 5: Medição do semi cubo de roda para a prototipagem da peça. Fonte: Próprio Autor. 21/09/2022 - Manaus.

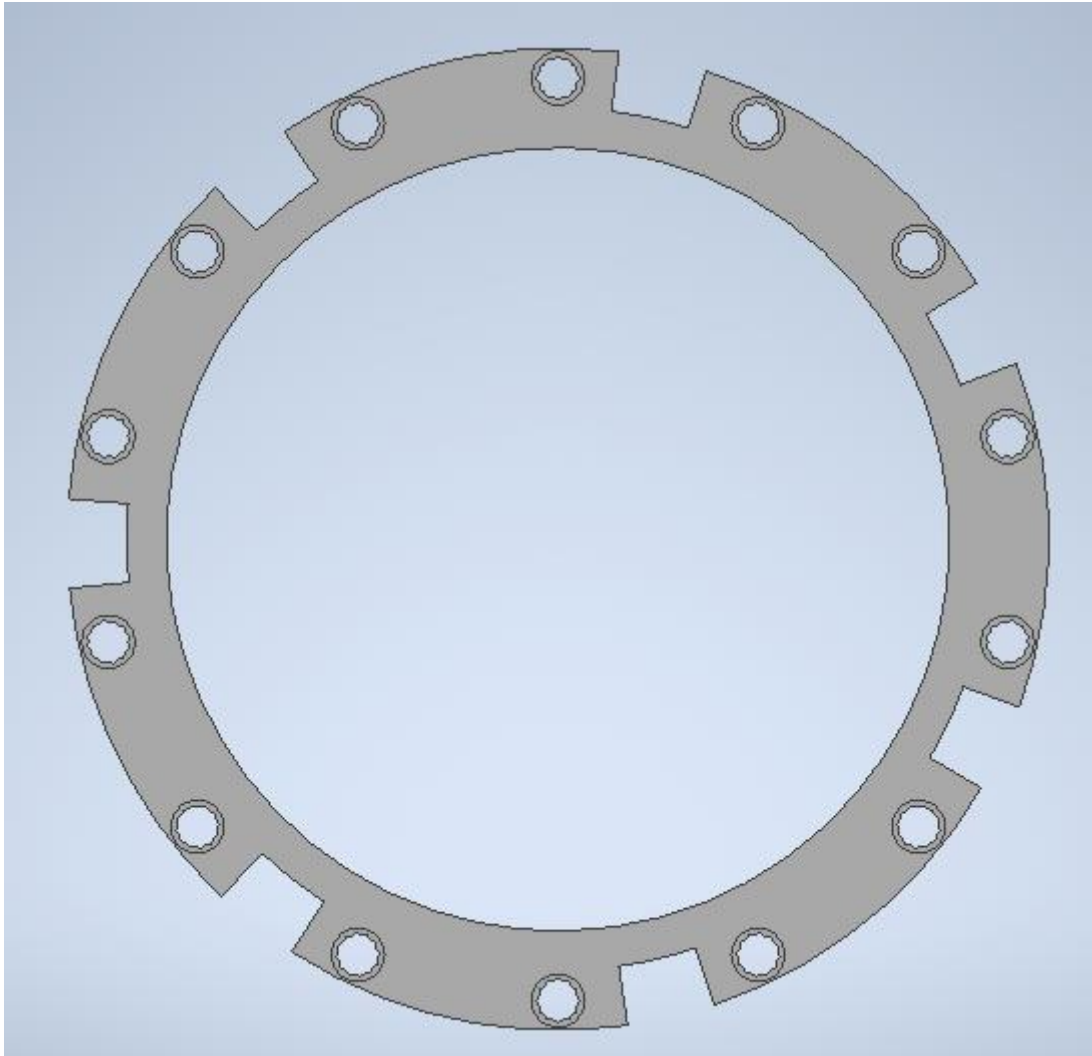


Figura 6: Desenho 3D. Fonte: Próprio Autor. 26/09/2022 – Manaus.

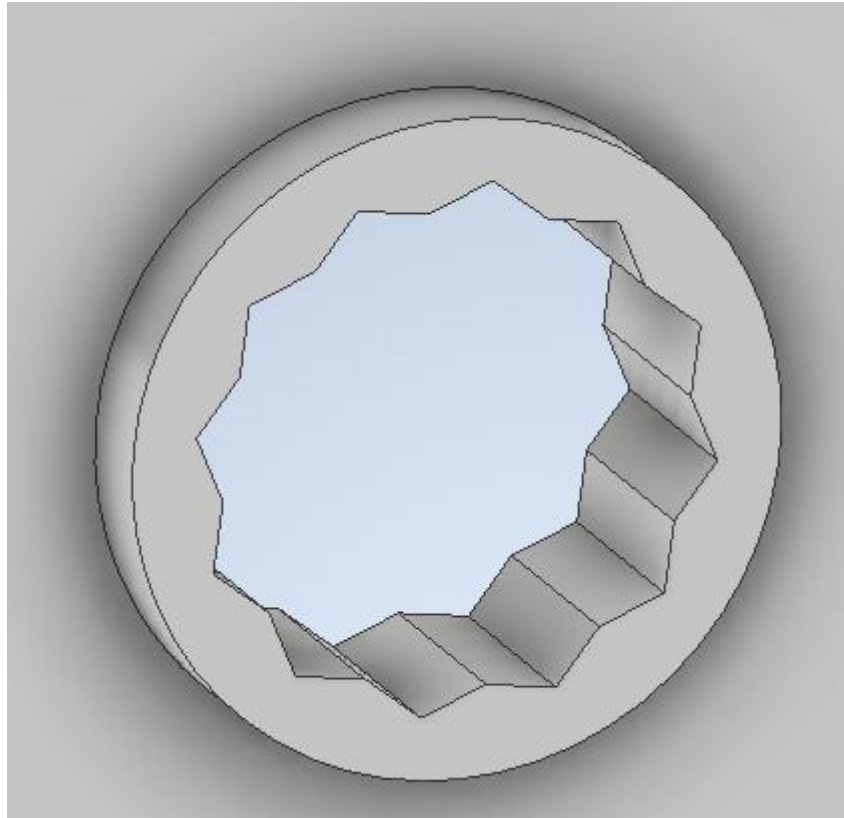


Figura 7: Soquete ½ Polegada. Fonte: Próprio Autor. 26/09/2022 – Manaus.



Figura 8: Desenho em Perfil do Protótipo. Fonte: Próprio Autor. 26/09/2022 – Manaus.

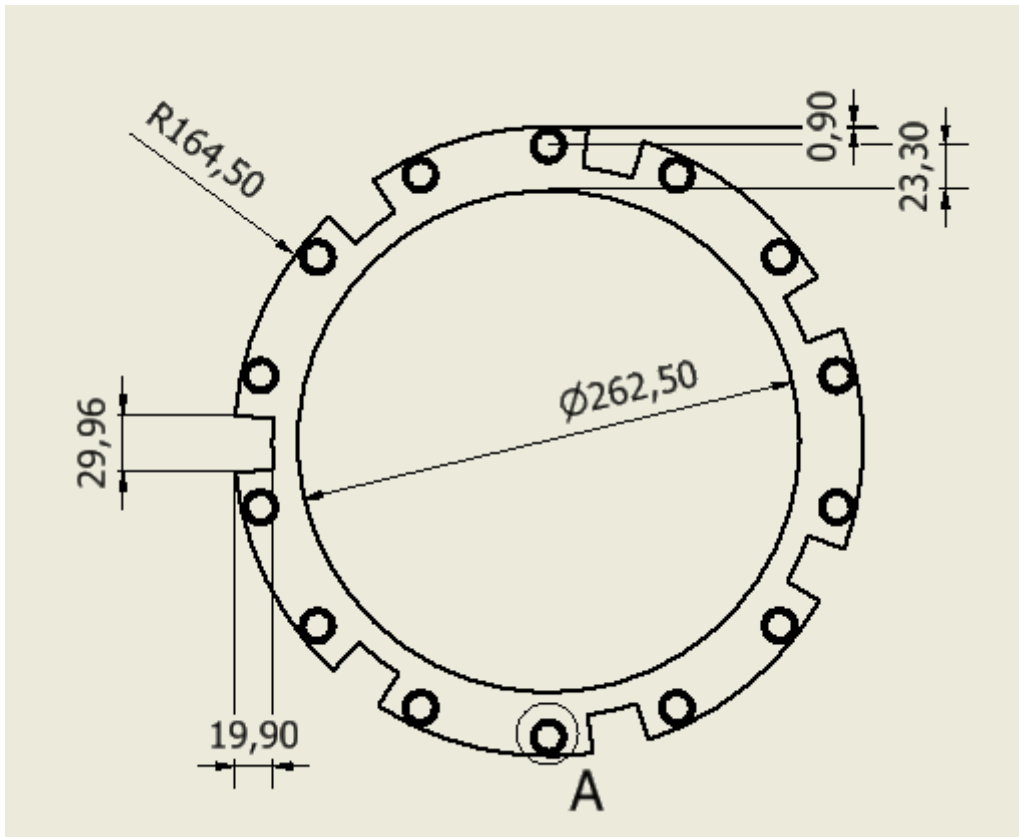


Figura 9: Vista Frontal. Fonte: Próprio Autor. 26/09/2022 – Manaus.

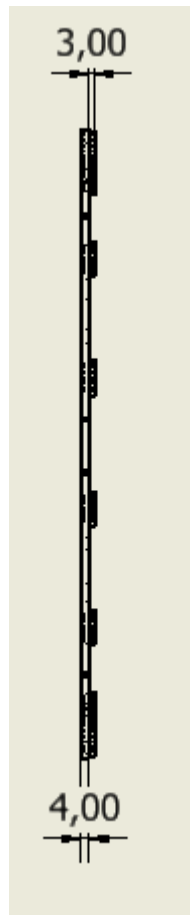


Figura 10: Vista Lateral. Fonte: Próprio Autor. 26/09/2022 – Manaus.

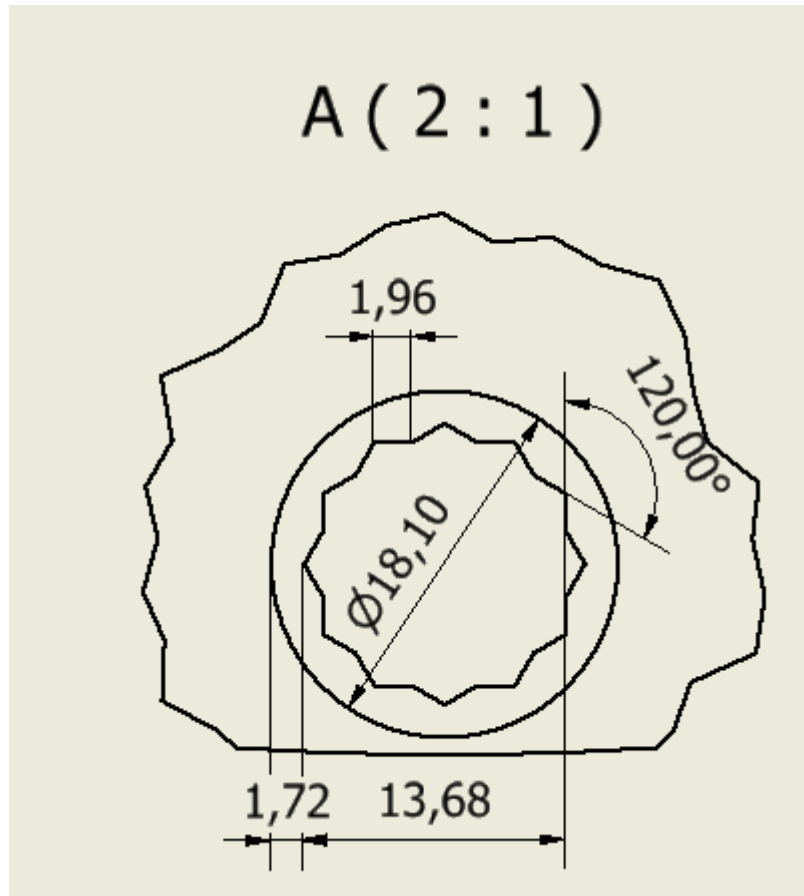


Figura 11: Vista do Detalhe. Fonte: Próprio Autor. 26/09/2022 – Manaus.

5.2 Funcionalidade da peça

Partindo do princípio de que são dois semi cubos que precisam se unir ou separar, dependendo do procedimento adotado, considera-se a necessidade para a realização do serviço de no mínimo duas pessoas devidamente capacitadas.

A ideia da peça é substituir o mantenedor que fica do lado do semi cubo do freio, uma vez que o papel deste é segurar a “cabeça” do parafuso, com a soquete ½ polegada para que seja possível a aplicação ou remoção do torque na porca, que fica do lado do fusível de pressão. Ainda, o restante da remoção ou aplicação das porcas e arruelas fixados, com o auxílio de um arco de velocidade.

Ao se encaixar em todos os parafusos a peça automaticamente não ganhará movimentos rotacionais, permitindo assim os procedimentos de montagem e desmontagem, com menos um dos operadores presentes.



Figura 12: Montagem ou desmontagem do pneu com dois operadores: Fonte: Próprio Autor.
19/11/2022 – Manaus.



Figura 13: Operador do lado do semi cubo do freio. Fonte: Próprio Autor. 19/11/2022 – Manaus.

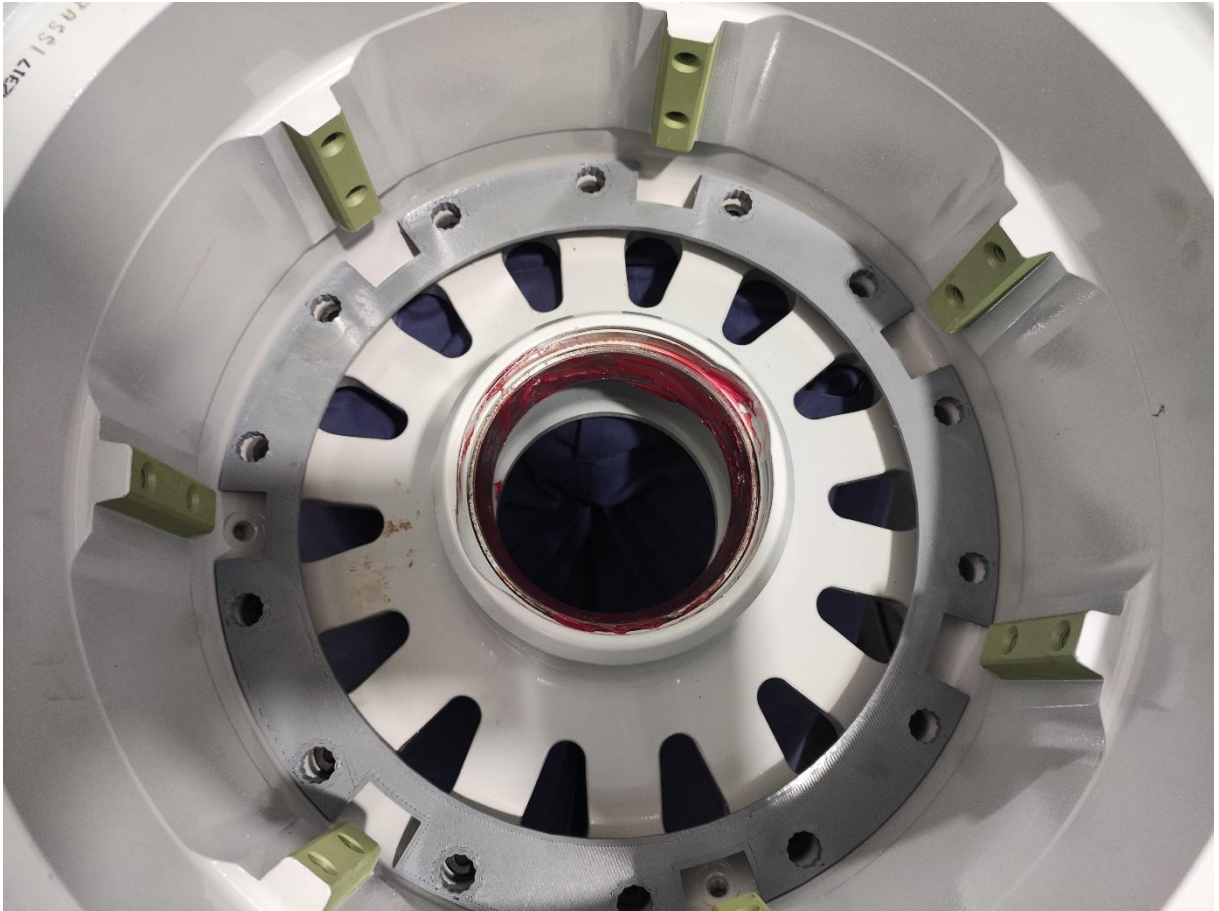


Figura 14: Protótipo da peça encaixado no semi cubo lado do freio. Fonte: Próprio Autor. 19/11/2022 – Manaus.

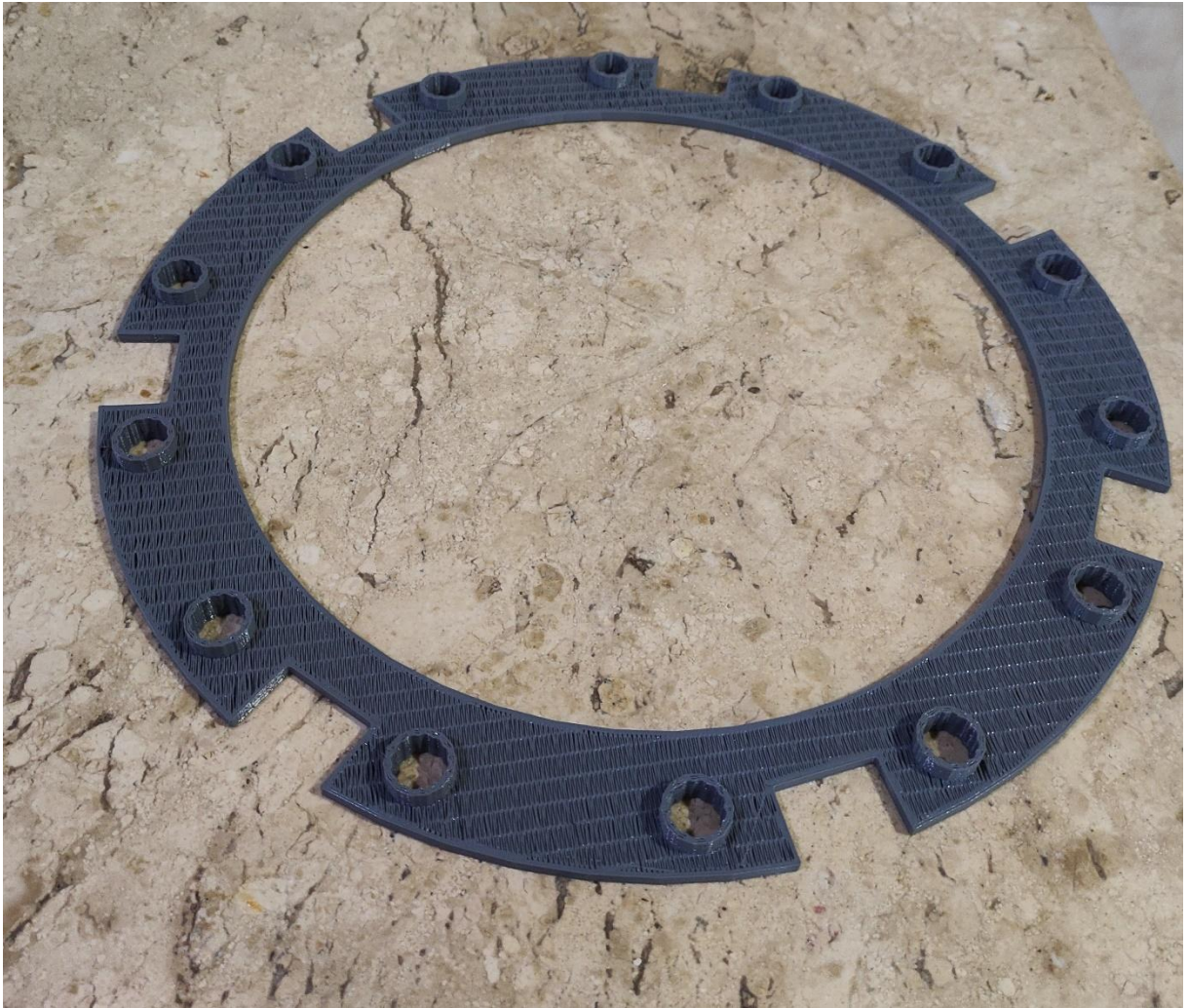


Figura 15: Protótipo impresso. Fonte: Próprio Autor. 19/11/2022 – Manaus.

6 VANTAGENS

6.1 Vantagens da utilização da ferramenta.

Com a utilização da ferramenta especial em relação a manutenção sem o uso da peça é possível analisar as seguintes vantagens:

- Redução da utilização da mão de obra pela metade;
- Maior ergonomia;
- Redução do custo de mão de obra;
- Redução do tempo trabalhado;
- Maior disponibilidade de pessoal;
- Aumento na variedade de pessoal na manutenção;
- Redução da fadiga e estresse; e
- Redução dos riscos de acidentes e incidentes.

Após essa análise feita, é possível perceber a importância da criação dessa ferramenta, não só com a finalidade de aumentar a disponibilidade das aeronaves, mas principalmente, reduzindo a utilização da mão de obra e a fadiga dos mantenedores. Estes que trabalham em condições adversas e estressantes, por questões de tempo de conclusão de serviços, falta de ferramentas, condições climáticas e ergonômicas.

7 CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi abordado a importância da criação de uma ferramenta especial para a aeronave C295 no procedimento de manutenção de desmontagem e montagem de cubos de roda. Dessa forma, através de uma ampla pesquisa teórica e técnica profissional, concluiu-se que a falta dessa ferramenta pode aumentar os riscos de erros de procedimentos de manutenção, acidentes e incidentes aeronáuticos, devido a fadiga ser um fator extremamente influente na manutenção de aeronaves.

O objetivo geral deste trabalho é criar a ferramenta especial, com a finalidade de minimizar a utilização de mão de obra e melhoria da ergonomia, aumentando a segurança de voo. E para isso foi criado o protótipo da ferramenta com o auxílio de CAD usando o programa Inventor – versão 2022, e impresso na Sethi3D S4X.

Foi mostrado numericamente através de índices a quantidade de vezes que o mesmo serviço é realizado, e como seria mais simples e menos prejudicial a realização deste procedimento com o uso da ferramenta.

Pode considerar que o investimento para a fabricação da peça seja relativamente caro analisando a curto prazo, porém, ao considerar as vantagens anteriormente demonstradas, percebe-se que o investimento traria muitos mais benefícios tanto físicos, psicológicos e econômicos, uma vez que a utilização da mão de obra é reduzida pela metade.

O trabalho tornou-se relevante após comprovar as mais variadas vantagens econômicas e produtivas e de baixo custo de investimento para a confecção da peça. Espera-se que este estudo realizado possa contribuir, significativamente, para futuros estudos e incentivo para a criação de peças no âmbito de manutenção de aeronaves facilitando o procedimento e aumentando a produtividade. Sempre analisando a segurança de voo através dos olhos da Engenharia Mecânica, de acordo com as Normas Regulamentadoras e respeitando as limitações dos projetos de aeronaves, seja financeiro, estrutural ou de pessoal.

Visto que, o assunto de manutenção de aeronaves possui um acervo reduzido, e o trabalho acadêmico possui limitações, sugere-se que seja dada continuidade as pesquisas nesse ambiente, para maiores contextualizações do assunto e enriquecimento das informações sobre a engenharia mecânica atuando na aviação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **MCA 66-7. Manual de manutenção, doutrina, processos e documentação de manutenção**. Brasília, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, ANAC, **Instrução suplementar – IS. N° 43.13-003**, 2013.

Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). **Assessoria Estatística; Aviação - Sumário Estatístico 2010-2019**. Brasília. 2020. Disponível em: <<https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/estatisticas/panorama?download=207:sumario-estatistico-de-avioes>>. Acesso em: 16 de mai. de 2022.

GOMES, F. (2010). **Factores Humanos em Manutenção de Aeronaves**. Disponível em: <<https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/3655/1/Factores%20Humanos%20em%20Manutencao%20de%20Aeronaves.pdf>>. Acesso em: 29 de mai. de 2022.

OLIVEIRA, L. (2012), **A Fadiga no Trabalho**. Disponível em: <http://itages.com.br/itag/?page_id=482#>. Acesso em: 29 de mai. de 2022.

HOBBS, A. (2008). **An Overview of Human Factors in Aviation Maintenance**. (Aviation Research and Analysis Report AR-2008-055) Australian Transport Safety Bureau: Camberra.

DANTONIELE. **Esquadrão Arara completa 50 anos de criação**. Agência Força Aérea, 31 março 2020. Disponível em: <<https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/35517/ANIVERSARIO%20-%20Esquadr%20Arara%20completa%2050%20anos%20de%20criacao>>. Acesso em: 26 agosto 2022.

ALVES, Raquel. **FAB transporta profissionais de saúde para comunidades indígenas**. Agência Força Aérea, 02 de julho de 2020. Disponível em: <<https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/35975/OPERACAO%20COVID-19>>.

[%20FAB%20transporta%20profissionais%20de%20sa%C3%BAde%20para%20comunidade%20ind%C3%ADgenas](#) >. Acesso em: 26 de agosto de 2022.

ROCHA, Flávia. **Aeronaves da FAB transportam mais de 20 toneladas de insumos para a região norte.** Agência Força Aérea, 30 de junho de 2020. Disponível em: < <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/35926/OPERA%C3%87%C3%83O%20COVID-19%20-%20Aeronaves%20da%20FAB%20transportam%20mais%20de%2020%20toneladas%20de%20insumos%20para%20a%20regi%C3%A3o%20norte> >. Acesso em: 26 de agosto de 2022.

INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION, IEA. **What is Ergonomics (HFE)? Definition and Application**, 2000. Disponível em: < <https://iea.cc/what-is-ergonomics/> >. Acesso em: 20 de outubro de 2022.

XENOS. H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva.** Belo Horizonte: EDG- Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2014.

MEGGIT. **Component Maintenance Manual 32-45-10: Main Wheel P/N AHA2317.** Aircraft applicability: CASA C295. England: MEGGIT AIRCRAFT BRAKING SYSTEMS, 2016, 138.