

Cadeira Ergonômica para Manutenção de Aeronaves

RESUMO

Gabriella Alves Costa

gabriellalcot@gmail.com

orcid.org/0009-0005-9495-8897
UniEVANGÉLICA - Universidade
Evangélica de Goiás, Brasil.

Victor Caleb Urbina Gonzalez

calebur2@gmail.com

orcid.org/0009-0008-6807-2699
UniEVANGÉLICA - Universidade
Evangélica de Goiás, Brasil.

Brenner Ralf Gonzaga de Morais

brennerralf4@gmail.com

orcid.org/0009-0000-4839-6241
UniEVANGÉLICA - Universidade
Evangélica de Goiás, Brasil.

Lucas Gabriel de Paula

Nascimento

lucasbiel99@hotmail.com

orcid.org/0009-0003-1233-6273
UniEVANGÉLICA - Universidade
Evangélica de Goiás, Brasil.

Ana Luiza Caetana P. da Silva

anauizacaetano0228@gmail.com

orcid.org/0009-0007-4993-1825
UniEVANGÉLICA - Universidade
Evangélica de Goiás, Brasil.

Eduardo Coelho da M. Faria

eduardo.faria@docente.unievangelica.edu.br

orcid.org/0000-0002-4699-4982
UniEVANGÉLICA - Universidade
Evangélica de Goiás, Brasil.

A aviação é um dos modos de transporte mais seguros e utilizados internacionalmente, com aeronaves projetadas com altos níveis de confiabilidade. No entanto, cerca de 65% dos técnicos de manutenção enfrentam dores lombares devido às posturas inadequadas no trabalho. Portanto, considerar a ergonomia é vital para assegurar a qualidade do trabalho e o bem-estar dos profissionais. O Centro Tecnológico da UniEVANGÉLICA em Anápolis foi utilizado para coletar dados, junto com pesquisas em plataformas digitais especializadas, enriquecendo o estudo. A cadeira ergonômica foi desenvolvida de acordo com as Normas Regulamentadoras NR-12 e NR-17, que abordam a segurança em máquinas e a ergonomia no trabalho, levando em consideração também as opiniões de mecânicos de manutenção de aeronaves. Observou-se uma carência na produção desse tipo de equipamento no mercado nacional. Pesquisas em revistas especializadas indicam uma ausência de foco em dispositivos de manutenção que sejam ergonomicamente eficientes, pois, em países mais desenvolvidos, a substituição de trabalhos pesados por máquinas já é algo comum e integrado à rotina. A cadeira busca trazer conforto, ergonomia e agilidade aos técnicos e mecânicos, assim como uma redução no custo em relação a produtos similares internacionais.

PALAVRAS-CHAVE: aviação; manutenção; ergonomia.

INTRODUÇÃO

A aviação desempenha um papel fundamental no contexto do transporte, sendo reconhecida como uma das modalidades mais rápidas e seguras tanto em nível nacional quanto global. Segundo dados provenientes do sistema da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), o Brasil registrou um expressivo volume de passageiros, ultrapassando a marca de 90 milhões, e mais de 400 milhões de quilogramas de carga transportada ao longo do ano de 2023, conforme ilustrado na **Figura 1**. Esse crescimento do setor exige a contínua evolução das condições de operação, segurança e manutenção (BRASIL, NR-12, 2017).

Figura 1 – Total de passageiros e carga.

Empresa Aérea	Valor	Participação	Empresa Aérea	Valor	Participação
TAM - TAM LINHAS AÉREAS S.A.	33.149.084	36,26%	AZU - AZUL LINHAS AÉREAS BRASILEIRAS S/A	144.430.601	32,51%
GLO - GOL LINHAS AÉREAS S.A. (EX- VRG LINHAS AÉREAS S.A.)	29.491.779	32,26%	GLO - GOL LINHAS AÉREAS S.A. (EX- VRG LINHAS AÉREAS S.A.)	108.321.501	24,38%
AZU - AZUL LINHAS AÉREAS BRASILEIRAS S/A	27.847.782	30,46%	TAM - TAM LINHAS AÉREAS S.A.	83.749.405	18,85%
PTB - PASSAREDO TRANSPORTES AÉREOS S.A.	737.928	0,81%	SID - SIDERAL LINHAS AÉREAS LTDA.	48.741.952	10,97%
PAM - MAP TRANSPORTES AÉREOS LTDA.	118.034	0,13%	LTG - ABSA - AEROLINHAS BRASILEIRAS S.A.	27.925.485	6,29%
ACN - AZUL CONECTA LTDA. (EX TWO TAXI AEREO LTDA)	62.676	0,07%	TTL - TOTAL LINHAS AÉREAS S.A.	21.102.359	4,75%
SID - SIDERAL LINHAS AÉREAS LTDA.	16.462	0,02%	MWM - MODERN TRANSPORTE AEREO DE CARGA S.A	8.619.138	1,94%
ABJ - ATA - AEROTÁXI ABAETÉ LTDA.	5.094	0,01%	ACN - AZUL CONECTA LTDA. (EX TWO TAXI AEREO LTDA)	1.195.743	0,27%
OMI - OMNI TÁXI AEREO S.A.	2.888	0,00%	TOT - ANIVIA SERVIÇOS AÉREOS LTDA	170.486	0,04%
TTL - TOTAL LINHAS AÉREAS S.A.	1.347	0,00%	OMI - OMNI TÁXI AEREO S.A.	32.455	0,01%
LTG - ABSA - AEROLINHAS BRASILEIRAS S.A.		0,00%	PTB - PASSAREDO TRANSPORTES AÉREOS S.A.	8.284	0,00%
MWM - MODERN TRANSPORTE AEREO DE CARGA S.A		0,00%	PAM - MAP TRANSPORTES AÉREOS LTDA.	2.273	0,00%
TOT - ANIVIA SERVIÇOS AÉREOS LTDA		0,00%	ABJ - ATA - AEROTÁXI ABAETÉ LTDA.		0,00%
Total	91.433.074	100,00%	Total	444.299.682	100,00%

Total de Passageiros

Total de Carga (kg)

Fonte: ANAC (2023).

Para garantir a confiabilidade das aeronaves, é indispensável que seus projetos contemplem um alto nível de redundância e segurança, assegurando que falhas não afetem a sua operação. No entanto, a segurança da aviação não depende apenas das condições técnicas das aeronaves, mas também de um fator frequentemente negligenciado: a ergonomia no ambiente de trabalho. A manutenção de aeronaves é um processo crucial para garantir a segurança das operações, e, para que essa manutenção seja realizada com eficácia, os profissionais responsáveis devem ser altamente capacitados, com proficiência técnica e trabalhar em condições que priorizem sua saúde e bem-estar. O ambiente de trabalho dos mecânicos de aeronaves, que muitas vezes envolve tarefas repetitivas e posturas inadequadas, tem um impacto direto na qualidade da manutenção e, por consequência, na segurança da aviação. Segundo Costa e Pinto (2021), a segurança no setor aeronáutico não está apenas ligada à qualidade técnica das aeronaves, mas também às condições ergonômicas enfrentadas pelos profissionais durante o processo de manutenção.

Nesse contexto, a ergonomia assume um papel fundamental, sendo uma ferramenta crucial para melhorar as condições de trabalho dos profissionais da aviação. A aplicação de princípios ergonômicos adequados no ambiente de manutenção pode reduzir significativamente o risco de lesões ocupacionais, promovendo maior conforto e saúde no trabalho. Além disso, a ergonomia contribui para a otimização da produtividade, ao permitir que os mecânicos trabalhem de forma mais eficiente e confortável. De acordo com Silveira e Almeida (2019), a implementação de soluções ergonômicas, como cadeiras adequadas e ferramentas que facilitem o trabalho, pode gerar avanços substanciais na prevenção de doenças ocupacionais e na melhoria das condições gerais de trabalho dos técnicos de manutenção de aeronaves.

O foco central deste trabalho é o desenvolvimento de uma cadeira ergonômica especialmente projetada para os mecânicos de manutenção de aeronaves, com base nas Normas Regulamentadoras NR-12 e NR-17. A NR-12 trata da segurança no trabalho com máquinas e equipamentos, enquanto a NR-17 regula a ergonomia no ambiente de trabalho, buscando garantir que os postos de trabalho sejam adaptados às necessidades dos profissionais, tanto em termos físicos quanto cognitivos (BRASIL, NR-12, 2017). A cadeira desenvolvida neste projeto considera as necessidades específicas dos mecânicos, com base nas condições reais que enfrentam em seu dia a dia. A escassez de equipamentos ergonômicos voltados para a manutenção aeronáutica é uma questão relevante, como apontado por Lima e Silva (2016), que observam a falta de oferta no mercado para soluções específicas que atendam às exigências deste setor. Essa lacuna revela a necessidade urgente de inovação e uma maior atenção às questões ergonômicas na aviação.

Este trabalho, portanto, não se limita a discutir a importância da ergonomia no contexto da aviação, mas também explora como a Engenharia Mecânica pode ser aplicada para criar soluções inovadoras e práticas que minimizem os riscos de lesões ocupacionais. A escolha deste tema reflete a capacidade da engenharia em solucionar problemas complexos e melhorar a qualidade de vida no ambiente de trabalho, especialmente em áreas como a aviação, onde a precisão e o conforto são cruciais para a segurança das operações. Além disso, a pesquisa busca contribuir para a conscientização sobre a necessidade de inovação tecnológica no desenvolvimento de equipamentos que atendam não apenas às exigências ergonômicas, mas que também sejam eficientes e viáveis economicamente. A segurança e o bem-estar dos profissionais do setor devem ser prioritários, como destacam Marques e Ferreira (2015), ao discutir a importância da inovação tecnológica para a melhoria das condições de trabalho e produtividade no setor aeronáutico.

Este estudo, assim, se propõe a integrar conhecimentos da ergonomia e da Engenharia Mecânica para desenvolver soluções que atendam às necessidades dos profissionais da aviação, promovendo um ambiente de trabalho mais seguro, confortável e eficiente. Ao focar na criação de equipamentos mais adequados, como cadeiras e ferramentas ergonômicas, o trabalho não só busca otimizar a saúde dos mecânicos, mas também contribuir para a melhoria das condições de trabalho em um setor vital para a segurança pública e operacional da aviação.

Ergonomia na Manutenção de Aeronaves

Diversos estudos e artigos especializados sobre ergonomia no ambiente de trabalho apontam que, apesar dos avanços em países desenvolvidos na adoção de tecnologias que automatizam tarefas pesadas, ainda persiste uma lacuna considerável no desenvolvimento de dispositivos ergonômicos adequados, especificamente voltados para a manutenção aeronáutica. Embora existam soluções de automação em outros setores, a aviação continua carecendo de equipamentos que alinhem as exigências de segurança, eficiência e conforto, aspectos essenciais para o desempenho dos mecânicos de aeronaves. Moura e Silva (2020) destacam que essa defasagem no desenvolvimento de soluções ergonômicas impacta diretamente a saúde dos profissionais, resultando em desconfortos físicos e aumento no risco de doenças ocupacionais. Além disso, a falta de equipamentos projetados com foco na ergonomia compromete a

produtividade das operações de manutenção, um fator crítico para a segurança das aeronaves.

A implementação de tecnologias ergonômicas, como observou a Organização Internacional do Trabalho (ILO, 2019), não só poderia melhorar substancialmente as condições de trabalho, mas também reduzir os custos operacionais em longo prazo. Isso ocorre porque a ergonomia adequada diminui a ocorrência de acidentes e doenças ocupacionais, impactando diretamente a eficiência das operações e, conseqüentemente, a segurança do setor. No contexto aeronáutico, onde a precisão e a confiabilidade são essenciais, a adequação dos ambientes de trabalho é um fator crucial para garantir que a manutenção das aeronaves seja realizada de forma segura e eficiente.

Estudos indicam que, mundialmente, existem entre 2 a 3 milhões de mecânicos de manutenção de aeronaves (MMA), conforme estimativa de Silveira e Almeida (2019). Esse número elevado é motivo de preocupação, pois cerca de 65% dos mecânicos de manutenção relatam dores lombares no final de suas carreiras. Essas dores são frequentemente causadas por posturas inadequadas, como a flexão excessiva e o trabalho com a coluna torcida, comuns em determinadas atividades de manutenção. Lima e Silva (2016) apontam que a prevalência de doenças musculoesqueléticas, em particular as lombares, está diretamente relacionada às condições físicas desafiadoras enfrentadas pelos profissionais da área. Esses trabalhadores, muitas vezes, operam em espaços confinados ou executam movimentos repetitivos ao longo de longas jornadas de trabalho, o que agrava ainda mais esses problemas de saúde.

As conseqüências dessas condições de trabalho não se restringem ao impacto na saúde física dos profissionais, mas também afetam a execução das atividades com a precisão necessária. O desconforto físico pode resultar em falhas operacionais, que comprometem a segurança das aeronaves, um risco que não pode ser ignorado em um setor de tamanha responsabilidade. Além disso, tais condições adversas de trabalho violam as diretrizes estabelecidas pela NR-17, que regula a ergonomia no ambiente de trabalho. A Norma NR-17 especifica que os postos de trabalho devem ser projetados para atender às necessidades físicas e cognitivas dos trabalhadores, minimizando os riscos de lesões e doenças ocupacionais (BRASIL, NR-17, 2017).

Marques e Ferreira (2015) enfatizam que a ausência de condições ergonômicas adequadas também prejudica a eficiência das operações de manutenção. A falta de conforto físico pode aumentar o tempo necessário para a execução das tarefas e reduzir a precisão exigida. Essa falta de conforto, muitas vezes associada à fadiga, pode diminuir a concentração dos profissionais, elevando o risco de erros durante as manutenções. Costa e Pinto (2021) complementam esse ponto ao argumentar que, além das conseqüências físicas, a ausência de soluções ergonômicas adequadas pode resultar em um ambiente de trabalho insalubre e estressante. Isso gera um ciclo negativo que impacta a motivação dos trabalhadores e, por conseqüência, sua produtividade.

Portanto, a implementação de soluções ergonômicas eficazes, como ferramentas adaptadas, cadeiras ajustáveis e bancadas que favoreçam posturas corretas, não é apenas uma medida para garantir o conforto dos mecânicos, mas uma estratégia essencial para assegurar a continuidade da qualidade e segurança das operações no setor de aviação. A ergonomia no ambiente de trabalho deve

ser encarada como um investimento estratégico. Ao promover melhores condições de trabalho, reduz-se não apenas os custos com saúde e acidentes, mas também se melhora o desempenho operacional e a segurança dos serviços prestados. A adoção de práticas ergonômicas no setor aeronáutico, portanto, contribui de forma direta para a melhoria da qualidade do trabalho e para a redução de riscos associados à manutenção de aeronaves, que desempenham um papel vital na garantia da segurança no transporte aéreo.

METODOLOGIA

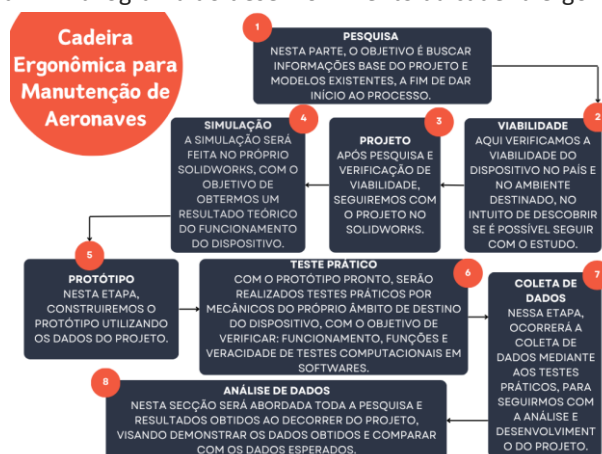
Este trabalho consiste na produção de um protótipo de um banco ajustável com o intuito de auxiliar mecânicos e técnicos com a manutenção de aeronaves de pequeno e médio porte. Outro fator deve-se à proposta de redução do custo de produtos semelhantes no mercado internacional, visando à criação de um produto nacional que atenda às exigências das NR-17 e NR-12 e que seja viável para o mercado brasileiro.

Para melhor entendimento do artigo foi realizado um fluxograma (**Figura 2**) com cada etapa da elaboração da cadeira ergonômica e foram usados os laboratórios do Centro Tecnológico da Universidade Evangélica de Goiás - UniEVANGÉLICA Anápolis (UniEvangélica). Mediante a coleta de dados, também foram utilizadas análises e pesquisas bibliográficas através de plataformas digitais em sites especializados como o Google Academic, Springer, PubMed, ScienceDirect, Web of Science, visando o enriquecimento do trabalho.

No início foi dividido o trabalho em partes para realizar a pesquisa com o uso de palavras-chave sobre a história, funcionamento e exemplos de aplicações. Algumas dessas palavras-chave foram: manutenção de aeronaves, ergonomia, etc.

Os critérios de seleção dos artigos científicos para a análise foram buscar aqueles que tinham temas com demonstração baseado na ergonomia e mecanismos para manutenção de aeronaves. Foram lidos os títulos dos artigos científicos, resumo e partes específicas que tinham relação ao tema do trabalho. Após análises dos artigos, utilizando a abordagem da pesquisa quantitativa foram selecionados os mais congruentes com o tema a ser desenvolvido e elaborado o trabalho tendo como base esses artigos.

Figura 2 – Fluxograma do desenvolvimento da cadeira ergonômica



Fonte: Autoria própria.

Após a visita em empresas que prestam manutenção em aeronaves de pequeno e médio porte, decorrentes de visita técnica no ano de 2023 nas empresas Asas do socorro e CMA aviação, foram relatados pelos colaboradores certo desconforto nas costas e ombros após o expediente, considerando que eles utilizam bancos convencionais para se apoiar ou ficam em pé por longas jornadas. Assim, o conforto é praticamente inexistente para a pessoa que irá realizar a manutenção.

O serviço de manutenção de aeronaves necessita de calma e muita atenção, sendo necessária a permanência constante na mesma posição para analisar um componente ou verificar seu funcionamento. O conforto está correlacionado com a eficiência e desempenho do trabalhador, visto que, quando bem aplicado, diminui o desconforto físico e mental do profissional, sendo a chave para um desempenho melhor durante a manutenção.

Por se tratar de um mercado grande no território nacional brasileiro, país que consta como o segundo maior em número de aeroportos do mundo, com cerca de 2700 terminais (Grupo APC, 2024), o Brasil sofre com a escassez de empresas focadas na manutenção. Com mais de 700 empresas especializadas exclusivamente à manutenção de aeronaves (Grupo APC, 2024), a demanda por equipamentos que demonstram qualidade e que sejam capazes de ajudar na manutenção torna-se um atrativo para um mercado que sofre com a escassez de empresas. Baseando-se na quantidade de aeroportos espalhados por todo o país, tal mercado está em constante crescimento e necessita de projetos que ajudem nesse sentido.

Outro fator deve-se às opções de projetos parecidos com o *Creeper* no mercado internacional, tendo o custo médio de R\$ 6000,00, contando com taxa de produto e importação, podendo ainda apresentar um aumento exponencial para equipamentos mais sofisticados. Para competir com tais produtos, a estimativa deste projeto tende diminuir o valor para R\$ 1800,00, desta forma competindo com produtos internacionais e oferecendo um produto nacional que tenha qualidade.

Os requisitos técnicos para a elaboração do protótipo foram definidos com base em pesquisas bibliográficas, artigos científicos, produtos similares e pesquisas com profissionais da área. Conforme a proposta de redução de custo para o mercado nacional, foram feitas adaptações para diminuir o preço e manter a qualidade conforme a demanda do mercado. Outro fator deve-se à preocupação em relação às exigências sobre conforto, em que foram verificadas e adequadas conforme as definições da NR-12 e NR-17.

Os projetos e testes do protótipo foram elaborados com o auxílio dos seguintes softwares que permitiram a criação dos modelos virtuais, análise de desempenho e ajustes necessários antes da confecção do protótipo final.

Solidworks: Consiste em um software de CAD (Desenho Assistido por Computador) 3D amplamente usado para projetos mecânicos, simulações e documentação técnica. Sua escolha para o projeto deve-se por representar de forma 3D o projeto e ser capaz de realizar simulações de movimento dentro do próprio aplicativo, sendo vital para o projeto.

CATIA: O *CATIA* (*Computer-Aided Three-dimensional Interactive Application*) é um software de CAD/CAM/CAE mais robusto e versátil, usado em projetos de

alta complexidade, como na indústria automotiva e aeroespacial. A escolha deste software está relacionada com o estudo dos esforços que atuaram no equipamento, demonstrando possíveis falhas que serão ajustadas no projeto final.

Para a construção do protótipo, foram utilizados materiais que garantiram resistência mecânica, estabilidade e acabamento adequado, conforme lista especificada **Quadro 1**.

Quadro 1 – Lista de materiais usados na construção do protótipo

Lista de materiais do protótipo

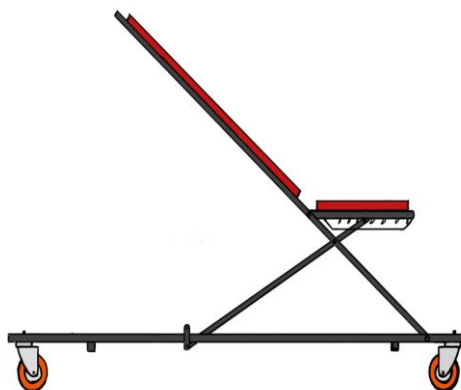
Kit de Rolamento Linear Lm10uu Para Eixo De 10mm
Kit de Rodízio Roda Espiga Parafuso Com Trava 400kg
Parafuso Phillips Máquina Panela MA 5 X 40 Ferro Bi cromatizado
Tecnil barra de nylon 30mm x 500mm branco poliamida
Tubos Quadrado 30x30 #3,00 mm
Ferro redondo $\varnothing 3/4''$
Chapa Aço Carbono Lisa #5,00 mm
Placa de MDF 20 mm
Espuma de alta densidade 22 mm
Couro sintético vermelho

Fonte: Autoria própria.

PROJETO

Para a elaboração da cadeira ergonômica foram consideradas as Normas Regulamentadoras (NRs) NR-12 e NR-17 que preveem a segurança em máquinas e equipamentos e a adaptação da ergonomia no trabalho, assim como opiniões de Mecânicos de Manutenção de Aeronaves. Como o objetivo da cadeira ergonômica é para realizar manutenção de aeronaves em espaços confinados e em diferentes alturas foram coletados dados de alturas de aeronaves da fabricante Cessna modelo 172, 206 e 210 assim como aeronave da fabricante Vans Aircraft modelo RV-10. Depois de obtidas as medidas das aeronaves, foi elaborado um esboço do que seria a cadeira (**Figura 3**).

Figura 3 – Esboço da cadeira ergonômica



Fonte: Autorial própria.

A cadeira foi projetada por meio do software *Solidworks*, em que, a fim de obtermos um resultado preciso na montagem do protótipo, foi realizada a simulação e cálculo de esforços para que haja a melhor seleção de materiais na construção do protótipo. Na **Figura 4** é apresentado o desenho 3D do dispositivo.

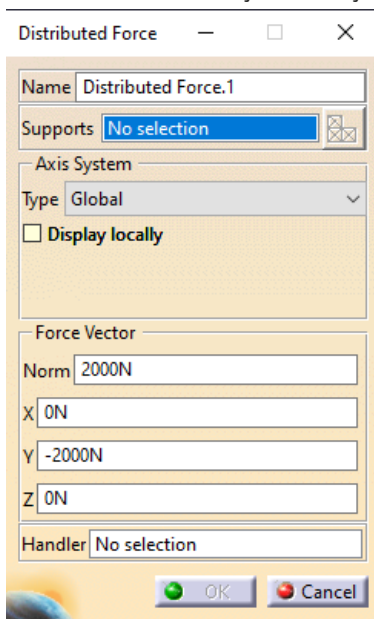
Figura 4 – Desenho 3D da cadeira ergonômica.



Fonte: Autorial própria.

Para a simulação foi utilizado o software *CATIA V5* onde os componentes desenhados no *SolidWorks* foram remontados para realizar os testes. O programa simula os efeitos da carga cujo valor é selecionado pelo usuário, neste caso sendo 2000 N, no comando “Carga distribuída”, onde também inserimos as coordenadas delas como pode ser observado na **Figura 5**.

Figura 5 – Interface de distribuição de força CATIA V5.



Fonte: Autoria própria.

O software computa a carga inserida na coordenada Y por toda a estrutura. Os cálculos partem dos princípios básicos de distribuição de força demonstrados na **Equação 1**.

$$F_r = q \cdot L \quad (1)$$

Onde:

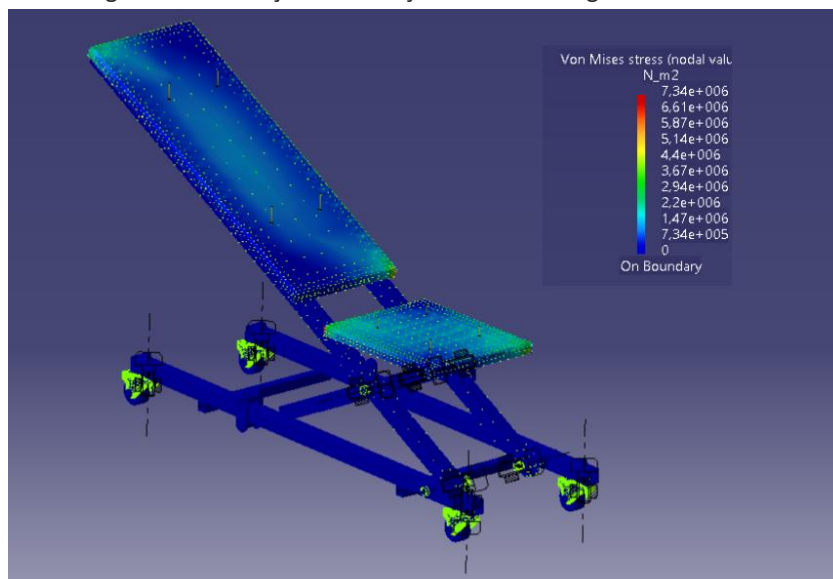
F_r - Força distribuída

q - Carga aplicada por unidade de comprimento

L - Comprimento

O software permite diferentes maneiras de representar os esforços realizados pelo aço (material selecionado) disponibilizando um diagrama de cores que descrevem o nível de tensão. Também é possível gerar uma simulação em vídeo onde se consegue capturar cada momento desde a fase elástica até a ruptura. Na **Figura 6** o comando utilizado foi “Von Mises stress” em que os pontos e a coloração indicam o estresse gerado por 2000 N (200 kg) considerando um fator de segurança 1,5 para o projeto. Visto que a coloração amarela em diante indica uma condição próxima à ruptura, o projeto atende ao peso atribuído.

Figura 6 – Simulação de esforços na cadeira ergonômica CATIA V5



Fonte: Autoria própria.

PROTÓTIPO

Após a realização do design inicial em 3D, juntamente com o cálculo dos esforços no CATIA, a construção do equipamento foi iniciada. Para a elaboração do protótipo, foram utilizados os laboratórios do Centro Tecnológico da Universidade Evangélica de Goiás (UniEvangélica), prontamente com o auxílio dos técnicos que trabalhavam na instalação. Por se tratar de um protótipo visando reduzir custos, optou-se por produzir a cadeira pelos próprios membros do grupo, devido ao tempo cobrado e custo de produção elevado por empresas terceiras. Desta forma, foram comprados os materiais e levados até o local de montagem para dar início ao procedimento de confecção da cadeira.

No processo inicial de montagem, foram definidas duplas para melhor dinamismo, sendo uma responsável pelo corte com serra e furos das peças, enquanto a outra equipe realizava acabamento com lixas e limas, para retirar imperfeições das peças. A peça responsável pelo ângulo de inclinação da cadeira foi confeccionada por uma empresa terceirizada, usando a técnica de corte a plasma, por se tratar de uma geometria complexa. Após todos os cortes e acabamentos, a montagem foi realizada conforme o desenho na planta de corte, em que as peças eram fixadas com parafusos, arruelas e porcas. Posteriormente, foram anexadas as rodas da cadeira e o banco em couro sintético automotivo foi encaixado, finalizando a etapa da montagem.

Após a conclusão dos testes nos softwares e a montagem do protótipo, avançamos para o teste prático que é uma etapa crucial no desenvolvimento do equipamento, visando identificar falhas e coletar *feedback* inicial. A cadeira foi testada por 10 mecânicos/técnicos e ao final do teste foi aplicado um questionário de avaliação, ilustrado na **Figura 7**, a fim de verificar a satisfação dos usuários e reunir dados para futuras revisões.

Figura 7 – Questionário avaliativo

CADEIRA ERGONÔMICA PARA MANUTENÇÃO DE AERONAVES

Questionário de Avaliação

Por favor, avalie nosso produto usando a escala de 1 (Muito insatisfeito) a 5 (Muito satisfeito):

Critérios de Avaliação	1	2	3	4	5
1. Conforto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Otimização do trabalho	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Confiabilidade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Interesse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Design	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sugestões de Melhoria

Por favor, escreva suas sugestões ou comentários abaixo:

Fonte: Autoria própria.

Os parâmetros avaliativos escolhidos remetem a importância da análise de fatores como conforto e usabilidade do equipamento, sendo fundamental para obter resultados precisos com o protótipo. Para a realização dos testes, foram conduzidas atividades de manutenção rotineiras utilizando o protótipo, com o tempo de execução devidamente cronometrado. Em seguida, os mesmos procedimentos foram realizados com os equipamentos já disponíveis na Organização de Manutenção, permitindo a comparação dos tempos obtidos.

Este estudo não envolveu experimentação com seres humanos. Foram realizadas entrevistas voluntárias com profissionais de manutenção, sem coleta de dados sensíveis ou identificáveis. Todos os participantes foram informados sobre os objetivos do estudo e consentiram em participar; as respostas foram registradas de forma anônima.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O projeto tem como objetivo a otimização do processo de manutenção e atender as necessidades ergonômicas dos usuários. A cadeira em questão aparenta obter sucesso em ambos os propósitos. O erro humano quanto às posições de trabalho, é algo a ser considerado na implementação de equipamentos como esse, além do conforto a cadeira apenas permite a forma correta ergonomicamente falando de utilizá-la.

O teste do protótipo foi realizado nas empresas AEROBAT e CMA, especializadas em manutenção de aeronaves na cidade de Anápolis, Goiás. Conforme pode ser observado na **Figura 8**.

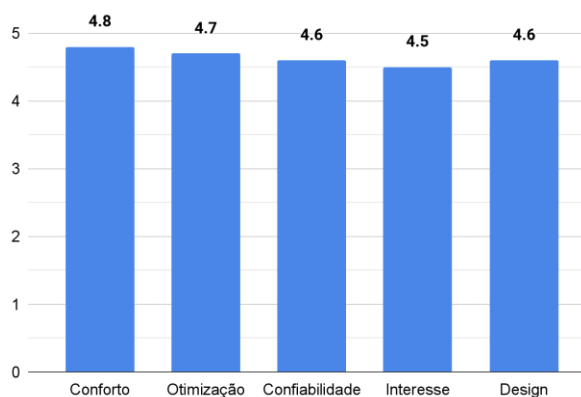
Figura 8 – Teste da cadeira ergonômica



Fonte: A autoria própria.

A cadeira foi utilizada em uma rotina de manutenção padrão, visando identificar o desempenho do equipamento no dia a dia do profissional. Todas as dúvidas e sugestões foram anotadas e posteriormente analisadas para o desenvolvimento do projeto. Os resultados obtidos podem ser observados no gráfico da **Figura 9**.

Figura 9 – Resultados obtidos após os testes



Fonte: A autoria própria.

Por meio de pesquisas, observou-se que um trabalhador na utilização de uma boa cadeira ergonômica possui uma considerável redução de fadiga e aumento de produtividade. As rodas na cadeira permitem maior dinâmica na manutenção e movimentação durante o processo, não necessitando carregar o dispositivo.

Além dos cálculos realizados para conhecimento da resistência à tração e compressão do equipamento, o estofamento adicionado acima da grelha consegue gerar bastante conforto e acomodação das nádegas do usuário, que, possivelmente, irá utilizar o dispositivo por longos períodos durante a manutenção, que por sua vez, está em constante desenvolvimento no Brasil.

Levando em consideração a utilização dos planos de manutenção (PCM) que estão implantados no âmbito de aeronaves podemos ponderar a manutenção diária como parte de prevenção realizada, um ator importante na aplicabilidade da cadeira ergonômica. Os resultados esperados serão vistos em longo prazo. A

ANAC contém um registro de 2463 aeroportos no Brasil, e isso nos fornece a ideia do quanto otimizado o equipamento poderá ser no futuro.

Ao projetar a cadeira consideramos o fator de escassez na produção desse tipo de equipamento. Estudos realizados em artigos apontam uma falta de foco em equipamentos destinados à manutenção que são ergonomicamente eficientes, já que, em países mais desenvolvidos, a substituição de trabalhos pesados por máquinas já é algo bastante comum e presente no dia a dia.

Analisando o equipamento consideramos o valor como um fator importante no âmbito aeronáutico e econômico. Além da escassez de mercado, o item pode atingir valores consideravelmente altos sem nem mesmo incluímos taxas de importação. Logo, parte dos objetivos alcançados neste artigo é a acessibilidade ao dispositivo e expansão da biomecânica por parte dele no Brasil.

CONCLUSÃO

Em razão dos argumentos abordados neste trabalho, constata-se que a cadeira ergonômica para manutenção de aeronaves possui enorme aplicação para profissionais da área, visto que o conforto e a praticidade se tornam o ponto principal do dispositivo. Tendo em vista o vasto mercado nacional e a falta de equipamentos especializados para a aviação, torna-se viável a construção e posteriormente a comercialização de tal equipamento.

Outro fator seria a utilização de um mecanismo para a regulação da altura, possibilitando uma maior flexibilidade de operação, desta forma atendendo aeronaves com diferentes alturas. Nesse viés, um dispositivo com valor menor ao de importação, que atende os requisitos das NR-12 e NR-17 sobre segurança de máquina e ergonomia, apresenta viabilidade e espaço no mercado nacional, mostra-se um atrativo para a elaboração e confecção de tal dispositivo.

Ergonomic Chair for Aircraft Maintenance

ABSTRACT

Aviation is one of the safest and most widely used modes of transportation worldwide, with aircrafts designed to meet high levels of reliability. However, approximately 65% of maintenance technicians experience lower back pain due to inadequate working postures. Therefore, considering ergonomics is essential to ensure both work quality and the well-being of professionals. The Technological Center of UniEVANGÉLICA University in Anápolis (Brazil) was used to collect data, along with research conducted on specialized digital platforms, enriching the study. The ergonomic chair was developed in accordance with Regulatory Standards NR-12 and NR-17, which address machine safety and workplace ergonomics, while also taking into account feedback from Aircraft Maintenance Mechanics. A lack of production of this type of equipment was observed. A research published in specialized journals indicates an absence of focus on ergonomically efficient maintenance devices, as in more developed countries; the replacement of heavy manual labor with machines is already common and integrated into the work routine. The chair aims to provide comfort, ergonomics, and agility to technicians and mechanics, as well as to reduce the product's cost compared to similar international models.

KEYWORDS: aviation; maintenance; ergonomics.

Silla Ergonómica para el Mantenimiento de Aeronaves

RESUMEN

La aviación es uno de los medios de transporte más seguros y utilizados a nivel internacional, con aeronaves diseñadas con altos niveles de fiabilidad. Sin embargo, aproximadamente el 65% de los técnicos de mantenimiento presentan dolores lumbares debido a posturas inadecuadas durante el trabajo. Por lo tanto, considerar la ergonomía es fundamental para garantizar la calidad del trabajo y el bienestar de los profesionales. El Centro Tecnológico de la Universidad UniEVANGÉLICA en Anápolis (Brasil) fue utilizado para la recolección de datos, junto con investigaciones realizadas en plataformas digitales especializadas, lo que enriqueció el estudio. La silla ergonómica fue desarrollada de acuerdo con las Normas Reglamentarias NR-12 y NR-17, que tratan sobre la seguridad en máquinas y la ergonomía en el trabajo, teniendo también en cuenta las opiniones de los Mecánicos de Mantenimiento de Aeronaves. Se observó una falta en la producción de este tipo de equipamiento. Investigaciones en revistas especializadas indican una ausencia de enfoque en dispositivos de mantenimiento que sean ergonómicamente eficientes, ya que en países más desarrollados la sustitución del trabajo pesado por máquinas es algo común e integrado en la rutina laboral. La silla busca ofrecer comodidad, ergonomía y agilidad a los técnicos y mecánicos, así como una reducción en el costo del producto en comparación con modelos internacionales similares.

PALABRAS CLAVE: aviación; mantenimiento; ergonomía.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, por nos conceder força, sabedoria e perseverança durante toda essa jornada.

Ao nosso orientador, Professor Eduardo Coelho, expressamos nossa sincera gratidão pela orientação, paciência e dedicação ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Seu apoio, conhecimento e incentivo foram fundamentais para a conclusão desta pesquisa.

Aos nossos familiares e amigos, agradeço por todo o apoio, compreensão e palavras de encorajamento, especialmente nos momentos mais desafiadores.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, deixamos aqui o nosso muito obrigado.

REFERÊNCIAS

ASADI, HAMED. Risk factors for musculoskeletal injuries in airline maintenance, repair & overhaul. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2019.

ALVES, M. C.; LIMA, G. D. Impactos econômicos da implementação de soluções ergonômicas em ambientes industriais. *Revista de Administração Industrial*, v. 30, n. 2, p. 123-137, 2020.

BARBOSA, T.; MENDES, L. Inovação em Engenharia Mecânica: Soluções Tecnológicas no Design de Ferramentas Ergonômicas. *IEEE Transactions on Industrial Engineering*, v. 40, n. 1, p. 56-70, 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). NR-12: Segurança no Trabalho com Máquinas e Equipamentos. Brasília, DF: Ministério do Trabalho e Emprego, 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). NR-17: Ergonomia. Brasília, DF: Ministério do Trabalho e Emprego, 2017.

COSTA, R. P.; PINTO, D. L. O retorno sobre investimento em ergonomia: o caso da aviação. *Journal of Occupational Health Economics*, v. 18, n. 3, p. 112-125, 2021.

COSTA, S. P.; RIBEIRO, P. M. Desenvolvimento de dispositivos ergonômicos na Engenharia Mecânica: Estudos de caso. Universidade Federal de Pernambuco, 2018.

FIGUEIREDO, P. J. Normas Regulamentadoras e ergonomia no Brasil: uma abordagem crítica. *Revista de Saúde e Segurança Ocupacional*, v. 21, n. 3, p. 220-235, 2019.

GAMA, R.; BARBOSA, D. Ergonomia no Trabalho: Prevenção de Lesões e Melhoria de Desempenho. 1. ed. São Paulo: SENAI, 2017.

LIMA, E. C.; SILVA, T. L. Análise ergonômica de atividades em manutenção de aeronaves: um estudo de caso. Revista Brasileira de Engenharia de Produção, v. 36, n. 2, p. 245-259, 2016.

MARQUES, A. L.; FERREIRA, M. R. Tecnologia e Ergonomia: Inovação no Design de Equipamentos para a Indústria. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2015.

MOURA, J. P.; SILVA, F. D. A Engenharia Mecânica e a Ergonomia: Soluções Inovadoras para o Ambiente de Trabalho. Springer, 2020.

SILVEIRA, E. A.; ALMEIDA, J. B. Desenvolvimento de Ferramentas Ergonômicas para a Indústria Aeronáutica: Desafios e Oportunidades. Revista Brasileira de Engenharia Aeronáutica, v. 41, n. 1, p. 78-90, 2019.

Grupo APC. Aeroportos no Brasil: Dados e Tendências para 2024. 2024. Disponível em: <<https://apc.com.br/industria/aeroportos-no-brasil-dados-e-tendencias-para-2024/>> Acesso em: 28 ago. 2024.

SILVA, L. F.; SOUZA, F. G. A aplicação de softwares CAD na Engenharia Mecânica: Simulações de Desempenho de Equipamentos Ergonômicos. Journal of Mechanical Engineering, v. 27, n. 2, p. 88-100, 2018.

ANAC, Painel de Demanda e Oferta. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-do-transporte-aereo/demanda-e-oferta>. Acesso em: 16 de novembro de 2024.

Recebido: 31 de outubro de 2025.
Aprovado: 24 de março de 2026.

DOI:

Como citar: COSTA, Gabriella Alves; GONZALEZ, Victor Caleb Urbina; MORAIS, Brenner Ralf Gonzaga de; NASCIMENTO, Lucas Gabriel de Paula; SILVA, Ana Luiza Caetana P. da; FARIA, Eduardo Coelho da M., Cadeira ergonômica para manutenção de aeronaves, *Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada*, Ponta Grossa, v. 13, n. 1, p. 1-17, jun. 2026.

Contato: gabriellalcot@gmail.com

Direito autorial: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

