



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:
Limitações e possibilidades**



FLYERCLEAN: PROCESSO DE CRIAÇÃO DE UM DRONE COM ABASTECIMENTO DE ENERGIA LIMPA

ALEXANDER VINICIUS DE SOUSA JUSTINIANO - alex_vivi_ds@hotmail.com
FACULDADES INTEGRADAS DE BAURU – FIB

JACQUELINE APARECIDA GONÇALVES FERNANDES DE CASTRO -
designcali@gmail.com
FACULDADES INTEGRADAS DE BAURU – FIB

TATIENE MARTINS COELHO TREVISANUTO – tatienecoelho@hotmail.com
FACULDADES INTEGRADAS DE BAURU – FIB

FERNANDO JOSÉ DA SILVA – fernandojsilva@ufmg.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG

ÁREA: 9. ENGENHARIA DA SUSTENTABILIDADE
SUBÁREA: 9.7 - DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

RESUMO: Verifica-se que a demanda por tecnologias sustentáveis tem crescido substancialmente, impulsionada pela necessidade de mitigar os impactos ambientais e aumentar a eficiência operacional em diversos setores industriais. Este estudo concentra-se no desenvolvimento de um drone sustentável, utilizando energia solar fotovoltaica, visando reduzir a pegada de carbono associada às operações aéreas. Por meio da análise comparativa dos drones *Solar Impulse 2*, *Sun Eagle* e *Zephyr Solar* revelaram características interessantes, vantagens e desvantagens em termos de autonomia, capacidade de carga e custo operacional, dando ao estudo a sequência desejada no desenvolvimento de projeto, por meio da Metodologia TRIZ somada a metodologia DFSS, para a construção de um drone autônomo, de energia limpa com sistema de operações sustentável voltado ao transporte. O estudo encontra-se em fase de processo projetual.

PALAVRAS-CHAVES: DRONES, ENERGIA SUSTENTÁVEL, INOVAÇÃO, DESIGN, LOGÍSTICA.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem crescido substancialmente a demanda por tecnologias sustentáveis que possam mitigar os impactos ambientais e aumentar a eficiência operacional em diversos setores industriais.

No contexto dos veículos aéreos não tripulados (drones), reflete na busca por sistemas que ampliam a autonomia, a capacidade de carga, e reduzem a pegada de carbono associada às operações aéreas. A energia solar fotovoltaica é reconhecida como fonte promissora e sustentável do século XXI, convertendo a luz solar em eletricidade de forma eficiente e limpa. Sua integração em setores como transporte, agricultura e construção destaca seu potencial para impulsionar a inovação e desenvolvimento sustentável (Santos; Almeida, 2020).

Este artigo é parte do estudo do trabalho de Conclusão de Curso e se concentra no processo de criação de um drone equipado com um sistema de abastecimento de energia limpa baseado em tecnologia fotovoltaica. Porém, tem-se a proposição de estender a autonomia do drone, além de trabalhar com cargas num sistema de entrega de produtos para promover práticas de transporte mais sustentáveis.

Para o projeto que está em andamento foi utilizado metodologias que combinam princípios da Teoria da Resolução de Problemas Inventivos (TRIZ) conforme Altshuller (1996). Metodologia essa, de característica sistemática de resolução de problemas fundamentada em princípios universais de inovação, que fornece abordagem estruturada em identificações de soluções criativas, para resolução de problemas complexos, auxiliando organizações a alcançarem resultados mais eficientes e eficazes.

Já a Metodologia de Design para Seis Sigma (DFSS) que de acordo com Mann (2007), a *Design for Six Sigma*, é uma metodologia de desenvolvimento de produtos ou serviços que se concentra em garantir os requisitos do cliente, desde a concepção, até a implementação, trabalhando e alinhando maneiras de fomentar inovação e eficácia no desenvolvimento de produtos tecnológicos complexos.

Dessa forma, o foco desse estudo está na análise de drones autônomos com energia limpa, por meio justaposição comparativa dos drones *Solar Impulse 2* (PICCARD, 2016), *Sun* (SMITH, 2018) e *Zephyr Solar* (AIRBUS, 2019), com desafios técnicos, integrando os métodos supracitados, no desenvolvimento de um produto que combina energia limpa, num sistema sustentável de operações de transporte aéreos de cargas.

A integração de tecnologias de energia renovável, como a solar – fotovoltaica - não apenas reduz a emissão de gases de efeito estufa, mas promove a eficiência energética e a

sustentabilidade econômica. A adoção de fontes de energia limpa no setor de transporte aéreo representa um passo grande na luta contra as mudanças climáticas, ao mesmo tempo em que oferece vantagens econômicas a longo prazo (Smith, 2020).

2. MÉTODO

O estudo tem característica indutiva, com análise qualitativa com os descritores específicos como drone autônomo, energia limpa, metodologias de inovação, transporte sustentável para o referencial bibliográfico adequado. Depois foi feita uma pesquisa sobre os últimos drones com esses descritores.

Efetuuou-se um protocolo de ação por meio dos descritores e análises dos artigos gerando um sistema de *check list* baseado no método TRIZ. O estudo está em fase de criação de produto, por isso o uso da metodologia TRIZ somada a metodologia DFSS está em andamento para geração do processo de análise de construção da viabilidade do sistema sustentável de operações de transporte de cargas.

2. RESULTADOS

Durante o desenvolvimento do projeto foi avaliado três modelos com energia solar fotovoltaica, sendo: o *Solar Impulse 2*, o *Sun Eagle* e o *Zephyr Solar*. Cada um desses drones possui características interessantes e já aprovadas por pesquisadores de peso no mercado, sendo que os mesmos, apresentam diferentes vantagens e desvantagens, conforme descrito abaixo.

O *Solar Impulse 2* é um exemplo pioneiro no uso de energia solar para aeronaves. Ele é equipado com 17.000 células solares, entre corpo e asa, com bateria de lítio, que dão possibilidade de voo dia e noite. O qual, completou um voo ao redor do mundo, demonstrando a viabilidade da energia fotovoltaica para longas distâncias. Porém, seu tamanho e custo elevado o tornam menos acessível em aplicações comerciais de menor escala.

O *Sun Eagle* é menor e mais acessível que o *Solar Impulse 2*, projetado para missões de observação e monitoramento. Têm alta eficiência no prolongamento do tempo de voo. Não possui mesma autonomia que o *Solar Impulse 2*, porém, é mais adequado para operações de curta e média distância devido ao seu custo-benefício e facilidade de manutenção. Contudo, tem limitações de carga e alcance, podendo ser desvantajoso em algumas aplicações.

O *Zephyr Solar* é para grandes altitudes e longa duração, foi desenvolvido pela Airbus, alimentado apenas por energia solar. Essa capacidade o torna ideal para missões de vigilância, comunicação e monitoramento ambiental. No entanto, como os já supracitados, o *Zephyr*

enfrenta desafios relacionados ao custo de fabricação e operação.

Ao comparar os três drones, é evidente que cada um possui suas próprias forças e fraquezas, dependendo das necessidades específicas da missão. Dessa forma, buscou-se por meio da Figura 1, a geração de uma ficha de detalhes técnicos de cada modelo apresentado.

Figura 1: Justaposição e analogia dos Drones

Característica	Zephyr Solar	Solar Impulse 2	Sun Eagle
Nome	Zephyr Solar	Solar Impulse 2	Sun Eagle
Desenvolvedor	Airbus	Bertrand Piccard e André Borschberg	Universidade de Tóquio
Tipo de Veículo	Pseudo-satélite de alta altitude (HAPS)	Avião tripulado	Drone UAV
Peso	Aproximadamente 75 kg	Aproximadamente 2.300 kg	Geralmente leve, menos de 20 kg
Envergadura	25 metros	72 metros	Varia, geralmente entre 4-6 metros
Fonte de Energia	Células solares	Células solares	Células solares
Capacidade de Bateria	Baterias de lítio recarregáveis	Baterias de lítio-polímero	Baterias de lítio recarregáveis
Autonomia de Voo	Meses	Vários dias (com voo contínuo de 5 dias)	Vários dias, dependendo das condições
Altitude de Operação	Até 21.000 metros	Até 12.000 metros	Geralmente até 5.000 metros
Aplicações	Vigilância, comunicação, monitoramento	Demonstração de tecnologias limpas	Monitoramento ambiental, agricultura de precisão, vigilância
Primeiro Voo	2008	2014	2015
Duração do Projeto	Contínuo	Concluído (projeto específico)	Contínuo
Destakes	Longa duração, flexibilidade	Primeira volta ao mundo em um avião solar	Eficiência, versatilidade
Estrutura das Asas	Longas e finas, para alta altitude e resistência	Largas e robustas, maximizando eficiência solar	Compacta e leve, adaptável a diferentes missões
Material das Asas	Fibra de carbono	Fibra de carbono ultraleve	Materiais compostos e alumínio
Capacidade de Carga	Limitada a sensores e equipamentos leves	Inclui piloto, baterias, sistemas de navegação e comunicação	Sensores de monitoramento ou câmeras
Sistema de Propulsão	Motores elétricos	Quatro motores elétricos	Motores elétricos de alta eficiência
Flexibilidade	Alta, pode permanecer no ar por meses	Projetado para demonstração de potencial da energia solar	Alta, devido ao tamanho compacto e leveza, fácil adaptação

Fonte: Dos Autores – 2024.

A análise destes drones abastecidos por energia solar fotovoltaica demonstra o potencial e os desafios associados ao uso de energia limpa em aeronaves. A escolha do drone mais adequado dependerá das especificidades de cada aplicação, considerando fatores como custo, alcance, duração do voo e capacidade de carga. O projeto *FLYER CLEAN* visa integrar as melhores práticas observadas nestes modelos para desenvolver um drone eficiente, sustentável e economicamente viável.

O projeto encontra-se em fase do processo projetual, com intenção de desenvolver um sistema de operações sustentável para o transporte aéreo de cargas, por abastecimento de energia limpa. Logo, esse sistema visa reduzir a emissão de gases poluentes, diminuir os custos operacionais e aumentar a eficiência logística. Ao integrar tecnologias de energia solar fotovoltaica e outras fontes renováveis, pretende-se criar uma solução ecologicamente responsável e economicamente viável para o setor de transporte aéreo de cargas.

2. CONCLUSÕES

Devido a demanda por tecnologias sustentáveis, impulsionada pela busca atenuar os impactos ambientais e aumentar a eficiência operacional em diversos setores industriais. Este estudo concentra-se no desenvolvimento de um drone sustentável, utilizando energia solar

fotovoltaica, visando reduzir a pegada de carbono associado às operações aéreas.

Nessa análise comparativa dos drones *Solar Impulse 2*, *Sun Eagle* e *Zephyr Solar* revela suas características interessantes, vantagens e desvantagens em termos de autonomia, capacidade de carga e custo operacional. Onde, o *Solar Impulse 2* destaca-se pela sua capacidade de voo contínuo de longa distância, mas possui custo elevado. O *Sun Eagle* é mais acessível e adequado para missões de curta a média distância, enquanto o *Zephyr Solar* é ideal para missões de alta altitude e longa duração, apesar dos desafios de custo.

Então, foi enfrentado desafios de integração metodológica da TRIZ, mais a DFSS, adicionado o estudo dos descritores de pesquisa e escolha dos Drones supracitados, equiparados por ficha protocolar que ajudam identificar soluções e garantir que o produto (*FLYERCLEAN*) atenda aos requisitos do projeto desde a concepção à prototipação.

Os objetivos desse estudo foram alcançados, em relação ao processo de análise do projeto, o qual envolveu o estudo do referencial bibliográfico, estudo de metodologia e escolha por análise de inovação e implementação, pela TRIZ + DFSS, somadas a ficha protocolar de identificação de soluções para o projeto em questão.

Nos próximos passos do projeto almeja-se criar um sistema de transporte aéreo de cargas sustentável, com o drone *FLYERCLEAN*, alimentado por energia limpa, promovendo práticas de transporte mais sustentáveis. Com intenção de reduzir a emissão de gases poluentes e custos operacionais, buscando aumentar a eficiência logística, para um futuro mais sustentável e ecologicamente responsável.

REFERÊNCIAS

AIRBUS. Zephyr: *The High Altitude Pseudo-Satellite* (HAPS). Disponível em: <https://www.airbus.com/defence/uav/zephyr.html>. Acesso em: 1 jul. 2024.

ALTSHULLER, G. *And Suddenly the Inventor Appeared: TRIZ, the Theory of Inventive Problem Solving*. Technical Innovation Center, Inc., 1996.

DRONE INDUSTRY INSIGHTS. Sun Eagle: A Case Study in Solar-Powered Drones. Disponível em: <https://www.droneii.com/sun-eagle-solar-powered-drone>. Acesso em: 1 jul. 2024.

MANN, D. *Design for Six Sigma: Innovation for Enhanced Competitiveness*. Gower Publishing, 2007.

SANTOS, F.; ALMEIDA, R. *Energia Solar Fotovoltaica: Inovação e Sustentabilidade no Século XXI*. Editora Sustentável, 2020.

SMITH, J. *Renewable Energy in Aviation: A Pathway to Sustainable Air Transport*. Green Aviation Press, 2020.

SOLAR IMPULSE. Solar Impulse 2. Disponível em: <https://www.solarimpulse.com/solar-impulse-2>. Acesso em: 1 jul. 2024.