

SISTEMA PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO DE AERONAVES NÃO TRIPULADAS A PARTIR DE DADOS COLETADOS POR ENSAIOS EM VOO.

Autores: Bruno Michel Pêra, Gabriel Luiz Freire Gomes, Lucas Aguiar da Silva Nascimento, Lukas Macacari de Matos.

Fundação Vale Paraibana de Ensino - Unidade Centro / Informática, Rua Paraibuna, 75, Jardim São Dimas - 12245-020 - São José dos Campos - SP, Brasil, bruno.pera@univap.br, gfreiregomes@gmail.com, lucas.aguiar.sn@gmail.com, lukasrocket08@gmail.com.

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo principal contribuir para o desenvolvimento de aeronaves não tripuladas (VANTs), mediante o fornecimento e o processamento de dados coletados em voo, de modo a apresentá-los de forma mais intuitiva e visual, facilitando a análise de desempenho. Para o desenvolvimento do *software*, adotou-se a linguagem de programação *Python*, em razão de sua ampla gama de bibliotecas, as quais se mostraram fundamentais para a elaboração e implementação do projeto final. O armazenamento dos dados coletados foi realizado por meio do banco de dados *MongoDB Atlas*, cuja utilização permitiu gerenciar e persistir eficientemente as informações necessárias para o funcionamento adequado do sistema.

Palavras-chave: VANTs. Análise de desempenho. *Python*. *Software*.

Curso: Técnico em Informática.

Introdução

Veículos aéreos não tripulados (VANTs) estão se tornando cada vez mais comuns em todo o mundo, sendo empregados em áreas como filmagem, agricultura, busca e resgate. A maioria dos desafios tecnológicos para torná-los totalmente autônomos já foi superada, restando principalmente questões de custo, aceitação pública e regulamentação (Keane; Sóbester; Scanlan, 2017).

O desenvolvimento de um VANT envolve um processo complexo e multidisciplinar, desde o projeto conceitual até a operação final. Ensaio em voo permitem avaliar o comportamento da aeronave em diferentes regimes e coletar dados de sensores para análise de desempenho e verificação de requisitos, indicando a necessidade de modificações e assegurando a confiabilidade dos sistemas embarcados (Barros; Freitas Pinto; Oliveira, 2000). Apesar da relevância desses dados, engenheiros e operadores ainda enfrentam dificuldades para interpretá-los de forma rápida e precisa, o que pode comprometer decisões críticas e atrasar o desenvolvimento do VANT. A ausência de ferramentas eficazes para visualização e processamento limita a identificação de problemas de projeto ou desempenho, podendo afetar a segurança das missões.

Diante desse cenário, o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma aplicação para processamento, armazenamento e visualização dos dados provenientes dos sensores instalados em um VANT, oferecendo uma interface gráfica clara e direta. A aplicação permitirá exibir informações cruciais sobre o desempenho do VANT, parâmetros como velocidade, altitude e aceleração, bem como indicadores aerodinâmicos como taxa de subida e descida, razão de planeio e desempenho da sustentação com relação ao coeficiente de sustentação em diferentes ângulos de ataque de acordo com o gráfico do aerofólio selecionado (Clark Y).

Metodologia

Os ensaios em voo do VANT possibilitam diversos dados que, para se tornarem informações úteis, precisam ser organizados e simplificados para visualização, além do cálculo de valores básicos para compreender o desempenho da aeronave, tarefa que demanda tempo e atenção dos engenheiros. Para tornar esse processo mais eficiente, foi proposto o desenvolvimento de um software capaz de

organizar, processar e apresentar os dados de forma automatizada, contribuindo para um fluxo de trabalho ágil e melhorando a interpretação das informações. Considerando a proposta, foi implementado um sistema em linguagem *Python*, pela ampla disponibilidade de bibliotecas para manipulação de dados e criação de interfaces gráficas. A interface foi construída com a biblioteca *CustomTkinter*, que possibilitou personalização visual e implementação de recursos *UI*.

O armazenamento e o gerenciamento das informações foram realizados no banco de dados não relacional *MongoDB Atlas*, organizado em três coleções: usuários, aeronaves e voos. A comunicação entre banco e sistema foi feita pela biblioteca *PyMongo*, garantindo a persistência e atualização dos registros de forma eficiente. Essa abordagem possibilitou a vinculação dinâmica entre os dados coletados e as telas exibidas no programa. (Mongo-Python Driver Team, 2025)

A entrada de dados no sistema ocorre pela leitura de arquivos CSV (*Comma-Separated Values*) feita pela biblioteca *Pandas*. Esses arquivos contêm dados do voo, como variação de velocidade do fluxo de ar, altitude, aceleração e angulação nos três eixos, temperaturas externa e de componentes, latitude e longitude. Após processados, os dados são transformados em estruturas manipuláveis, permitindo a geração de gráficos organizados em abas e melhorando a análise.

Para transformar os dados em informações foram utilizadas as bibliotecas: *Matplotlib* para a plotagem de gráficos; *Pywebview* junto ao *Leaflet* para visualização da rota em mapa interativo; *Pandas* para manipulação de arquivos; e *XlsxWriter* e *Reportlab* para exportação dos resultados em Excel e PDF. Também foram aplicadas técnicas para obtenção de indicadores aerodinâmicos, como taxa de subida e descida, razão de planeio e coeficiente de sustentação, por meio do cálculo da força de sustentação. (pandas development team, 2025; xlsxwriter, 2025)

Figura 1 - Equação da força de sustentação.

$$L = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_L$$

Fonte: Austin, (2010).

Resultados

Inicialmente, o sistema conseguiu entregar uma plataforma com todas as operações CRUD (*Create, Read, Update e Delete*) para usuários, aeronaves e voos realizados, formando-se com êxito o fluxo organizacional proposto. Seguindo pela análise final do ensaio em voo específico da aeronave, como o VANT modelo de coleta final ainda está sendo finalizado pelos autores, o sistema de coleta de dados foi instalado em um veículo terrestre a fim de simular a coleta de dados que ocorreria no VANT. Os dados provenientes do veículo terrestre foram processados e transformados em informações na tela principal de análise do voo, onde foi constatado o funcionamento das funcionalidades de separação de dados principais, máximos, mínimos e médios, o funcionamento da geração de arquivos PDF e XLSX (Excel) para os mesmos, como também para as três abas voltadas para gráficos: Brutos (plotagem de dados diretos do CSV, velocidade do ar, altitude, giro e aceleração), Processados (taxa de subida, relações com os ângulos de atitude, razão de planeio, polar de arrasto, coeficiente de sustentação e cruzamento do coeficiente de sustentação de um perfil aerodinâmico padronizado com a velocidade da aeronave no momento de atitude) e de temperaturas (também considerados como brutos por não envolverem processamento interno para serem plotados, porém isolados de forma a melhorar a estrutura das análises).

Nesse contexto, a Figura 2 ilustra a aba de gráficos brutos, evidenciando a tela principal de análise e algumas das funcionalidades implementadas no sistema, gráficos que demonstram velocidade do ar, altitude, giro e aceleração referentes ao tempo.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

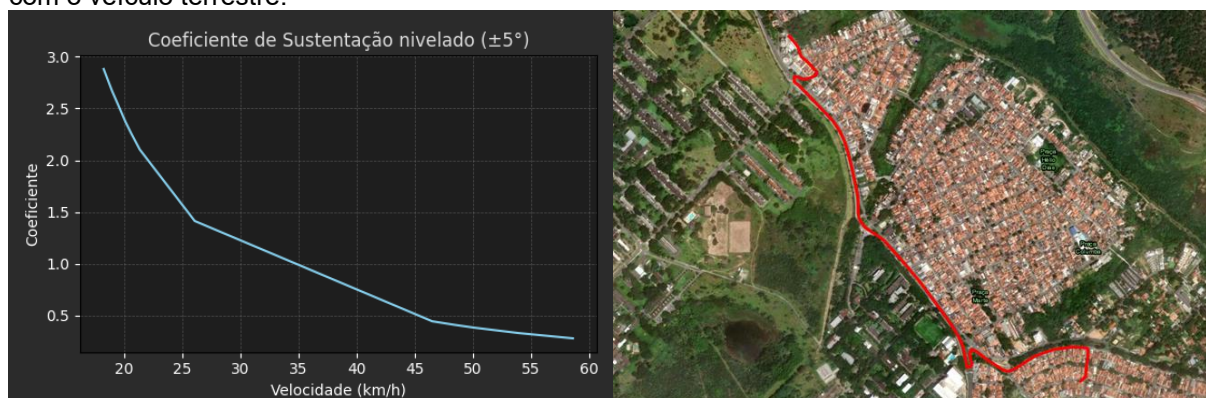
Figura 2 – Aba de gráficos brutos.



Fonte: Os autores, (2025).

Também segue um dos gráficos processados, em que o mesmo se refere ao coeficiente de sustentação (calculada a partir da equação citada anteriormente) pela velocidade e a rota do voo simulado em vermelho (trajetória do veículo capturada na coleta de dados GPS e processada) durante os ensaios.

Figura 3 - A direita o gráfico processado do coeficiente de sustentação e a esquerda a rota da simulação com o veículo terrestre.



Fonte: Os autores, (2025)

Discussão

Os resultados obtidos a partir da simulação terrestre evidenciaram que o sistema desenvolvido possui potencial para auxiliar na análise de dados de VANTs, mesmo em fases iniciais de testes, cuja duração variou de 348 a 365 segundos de processamento. A aplicação mostrou-se capaz de organizar grandes volumes de dados em uma estrutura visual intuitiva conforme apresentado nas figuras anteriores, o que representa um avanço em relação à análise manual, normalmente mais demorada e suscetível a erros. A integração de diferentes bibliotecas e tecnologias possibilitou não apenas a visualização gráfica dos parâmetros de voo, mas também a exportação e armazenamento das

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

informações em formatos acessíveis, ampliando sua aplicabilidade em diferentes contextos operacionais. No entanto, por se tratar de uma validação inicial em ambiente controlado, limitações foram observadas, como a ausência de ruídos e variabilidades típicas que podem ser encontradas em voos reais. Assim, embora os resultados confirmem a eficácia da proposta, a aplicação ainda necessita de ajustes e validação em condições reais de voo para consolidar sua confiabilidade e utilidade prática.

Conclusão

O sistema desenvolvido mostrou-se viável para organizar, processar e visualizar dados de ensaios em voo de VANTs, transformando informações brutas em resultados acessíveis. Mesmo utilizando dados coletados em veículo terrestre, foi possível simular cenários de voo e gerar gráficos e mapas interativos que facilitam a interpretação de parâmetros de desempenho. Dessa forma, a aplicação contribuiu para agilizar a tomada de decisões, aumentar a segurança e otimizar a análise dos resultados. Como etapa de continuidade, pretende-se validar o sistema em voos reais utilizando um VANT desenvolvido especificamente para essa finalidade. O modelo, inspirado no de Havilland Vampire e baseado no projeto de James Whomsley (WHOMSLEY, 2018), foi adaptado para uma estrutura em escala duplicada, resultando no VAMPIRE FLYVIEW. Essa aeronave já realizou seu voo inaugural, mas ainda não houve coleta de dados. Espera-se que, a partir das campanhas de ensaio, seja possível confirmar com clareza as métricas iniciais do sistema, validando-as de forma consistente e precisa.

Figura 4 – A esquerda o VAMPIRE FLYVIEW em bancada e a direita o primeiro voo do modelo.



Fonte: Os autores, (2025)

Referências

- ANDERSON, J. D. *Fundamentals of Aerodynamics*. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2010.
- AUSTIN, Reg. *Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment*. Chichester: John Wiley & Sons, 2010.
- BARROS, C. P.; FREITAS PINTO, R. L. U.; OLIVEIRA, P. H. I. A. *Título do trabalho*. Local: Editora, 2000.
- THE PANDAS DEVELOPMENT TEAM. *pandas: powerful Python data analysis toolkit*. Disponível em: <https://pandas.pydata.org/>. Acesso em: 1 ago. 2025.
- WHOMSLEY, James. Mighty Mini Vampire – FREE PLANS. Flite Test, 9 jan. 2018. Disponível em: <https://www.flitetest.com/articles/mighty-mini-vampire-free-plans>. Acesso em: 29 ago. 2025.