

ANÁLISE TÉRMICA DO DRONE HARPIA P-71

Luiz Fernando Pimenta^{1,2}, Álvaro Pivetta², Victor Alves Barros Galvão², Heidi Korzenowski¹

¹Universidade do Vale do Paraíba/Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Avenida Shishima Hifumi, 2911, Urbanova - 12244-000 - São José dos Campos-SP, Brasil, lfpimentag@gmail.com, heidi@univap.br

²Psyche Aerospace, Rua Salviano José da Silva, 20, Jardim Vale do Sol - 12238-573- São José dos Campos-SP, Brasil, alvaro.pivetta@psycheaerospace.com, victor.galvao@psycheaerospace.com

Resumo

O Harpia P-71 é um drone programado para atuar sozinho na pulverização através da inteligência artificial. O drone será utilizado em plantações de Campo Verde, Mato Grosso, operando sob uma temperatura ambiente média de 37°C. O objetivo do presente trabalho é verificar a variação térmica na superfície externa do drone em solo, sob o sol. A análise desta variação de temperatura é de extrema importância, uma vez que no interior do estão alocadas as baterias, o motor e os demais componentes. O superaquecimento da bateria do drone pode prejudicar a sua vida útil e torná-la inutilizável antes do tempo. Neste sentido, manter a temperatura interna inferior a 30°C permitirá que todos os equipamentos presentes no interior do drone operem de forma controlada e sem risco de inflamar. O modelamento da análise térmica irá considerar a transferência de calor por radiação e convecção. Será utilizado um software comercial para obtenção de resultados.

Palavras-chave: Drone. Análise térmica. Transferência de calor.

Área do Conhecimento: Engenharia Mecânica.

Introdução

A necessidade de aumento da eficiência na pulverização de insumos agrícolas fez com que houvesse uma expansão na utilização de drones na agricultura. Esta expansão está ligada não só ao tamanho dos equipamentos, mas também ao fato deles serem de baixo custo.

A utilização de drones na agricultura vem ganhando cada vez mais força no mercado. A aplicação de defensivos e agrotóxicos através desta nova tecnologia tem aumentado a eficiência na pulverização das lavouras. Neste sentido, os drones agrícolas permitem a otimização do tempo, o aumento da eficiência da pulverização nas lavouras, a diminuição de perdas de plantio por amassamento. (Arantes et.al., 2019)

A pulverização aérea através dos drones permite precisão e economia de tempo na aplicação de insumos para fertilizar o solo e controlar pragas e doenças nas lavouras. Além disto, a utilização de drones permite uma aplicação segura, uma vez que o uso indevido e inadequado de agrotóxicos é responsável pelos altos índices de intoxicação entre os trabalhadores e produtores rurais. O uso inadequado, além de provocar a contaminação dos alimentos consumidos pela população, causa danos econômicos e ambientais à sociedade, uma vez que há desperdício de produto químico. (Oliveira et.al., 2020)

O Harpia-P71 utiliza a Inteligência Artificial para a otimização da operação, no sentido que retorna para a base para reabastecimento. O drone acopla em uma estação denominada Beluga, que armazena o insumo utilizado para a pulverização, realizando o procedimento de forma autônoma.

Segundo Golçalves, J.V.F (2023), a utilização de drones em regiões quentes, com predomínio de sol forte na maior parte do dia, requer uma análise térmica de sua estrutura. A determinação da temperatura no interior do drone é fundamental para uma boa operação da aeronave, uma vez que neste ambiente estão alocadas as baterias, o motor e os demais componentes. O superaquecimento da bateria do drone pode prejudicar a sua vida útil e torná-la inutilizável antes do tempo.

A escolha adequada de materiais para a estrutura externa do drone pode promover uma menor temperatura interna, facilitando assim o desenvolvimento de um sistema de refrigeração apropriado. Além disso, todos os equipamentos presentes no interior do drone podem operar de maneira controlada com relação à temperatura, e sem risco de inflamar.

A simulação térmica utilizada no presente trabalho considera os efeitos de radiação e convecção. Na região externa ao drone serão considerados os processos de transferência de calor através da radiação solar, da radiação refletida do chão e da convecção da superfície externa do drone com o meio externo. Será utilizado um software comercial, com propriedades determinadas para a cidade de Campo Verde, Mato Grosso.

Metodologia

O drone agrícola utilizado para a simulação térmica é o Harpia-P71, da Psyche Aerospace, apresentado na Figura 1. O drone foi desenvolvido para pulverização de grandes áreas, medindo oito metros de comprimento, com autonomia superior as dez horas, peso máximo de decolagem de 720 quilos e uma taxa de fluxo entre um e 60 litros/hectare, conforme apresentado por Rocha, M. (2024)

Figura 1 – Drone Harpia-P71 da Psyche Aerospace.



Fonte: AERO Magazine.

A simulação térmica utilizada no presente trabalho foi realizada em um software comercial, e considera os efeitos de radiação e convecção. A radiação solar é a energia emitida pelo Sol e se propaga em todas as direções através do espaço por meio de ondas eletromagnéticas. Da camada exterior à atmosfera até incidir na superfície da Terra, a radiação é absorvida e espalhada. Devido a este espalhamento, existe no nível do solo não somente radiação solar direta, mas também a radiação refletida.

No software utilizado, o módulo de simulação da radiação solar considera o vetor de posição do sol e parâmetros de iluminação e aplica a todas as paredes externas do drone. Em seguida, o algoritmo executa uma análise de sombreamento face a face para determinar sombras bem definidas e calcula o fluxo de calor nas faces limite, resultando na radiação incidente.

A radiação pode ser calculada pela Equação 1, dada por:

$$\dot{Q}_{rad} = \sigma \varepsilon A (T_w^4 - T^4) \quad (1)$$

onde σ representa a constante de Stefan-Boltzmann, ε representa a emissividade, A representa a área superficial, T_w representa a temperatura na superfície e T representa a temperatura ambiente. Na simulação térmica, a emissividade externa considerada foi 0.9, valor padrão utilizado na literatura. (Henninger, J.H., 1984) A cor da superfície externa do drone é preta, logo a absorvidade considerada foi 0.75.

A transferência de calor por convecção ocorre entre as superfícies externas do drone e o ar ambiente. No presente trabalho, a diferença de temperatura entre as superfícies do drone irá gerar diferenças de densidade no fluido (ar) suficientes para induzir um movimento da região mais quente para a região mais fria, sob a ação da gravidade. A transferência de calor por convecção é proporcional à diferença de temperatura, podendo ser expressa pela Lei de Resfriamento de Newton, apresentada na Equação 2, conforme apresentado por Çengel (2012).

$$\dot{Q}_{conv} = h A_s (T_s - T_{amb}) \quad (2)$$

onde h é o coeficiente de convecção ($W / (m^2 K)$), A_s representa a área da superfície por meio da qual ocorre a convecção, T_s é a temperatura na superfície e T_{amb} representa a temperatura do ar suficientemente longe da superfície. Na simulação térmica, considerou-se que a temperatura ambiente é de $37^\circ C$, e o coeficiente de convecção do ar é de $5 W / (m^2 K)$, tendo em vista que o ar não está em movimento.

O material da superfície do drone é a fibra de vidro E-Glass200, cujas propriedades estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Propriedades do Material E-Glass200.

Densidade	2550 kg / m ³
Calor específico à pressão constante	840 J / (kg K)
Condutividade térmica	0,38 W / (m K)

Fonte: Dados obtidos de Silva, W.T (2023).

As condições de contorno utilizadas no software comercial estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Condições de contorno.

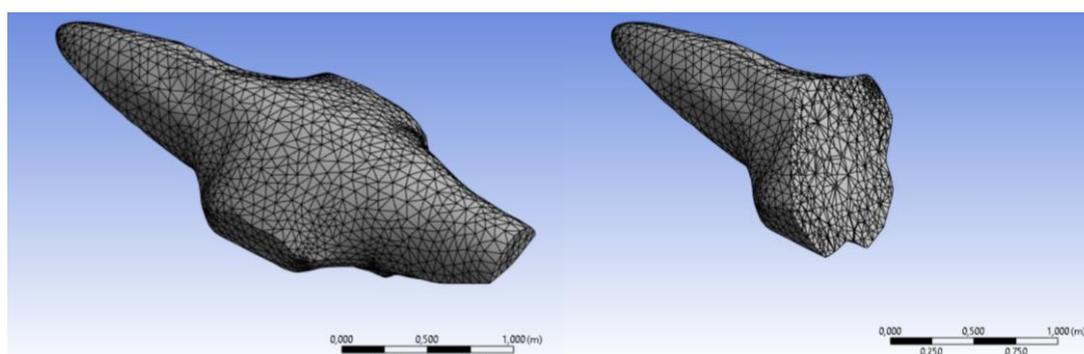
Parede externa	Temperatura externa de radiação (K)
Superior	340
Inferior	310
Traseira	310

Fonte: Os autores.

Resultados e Discussão

A malha computacional gerada sobre a superfície do drone, assim como no seu interior está apresentado na Figura 2.

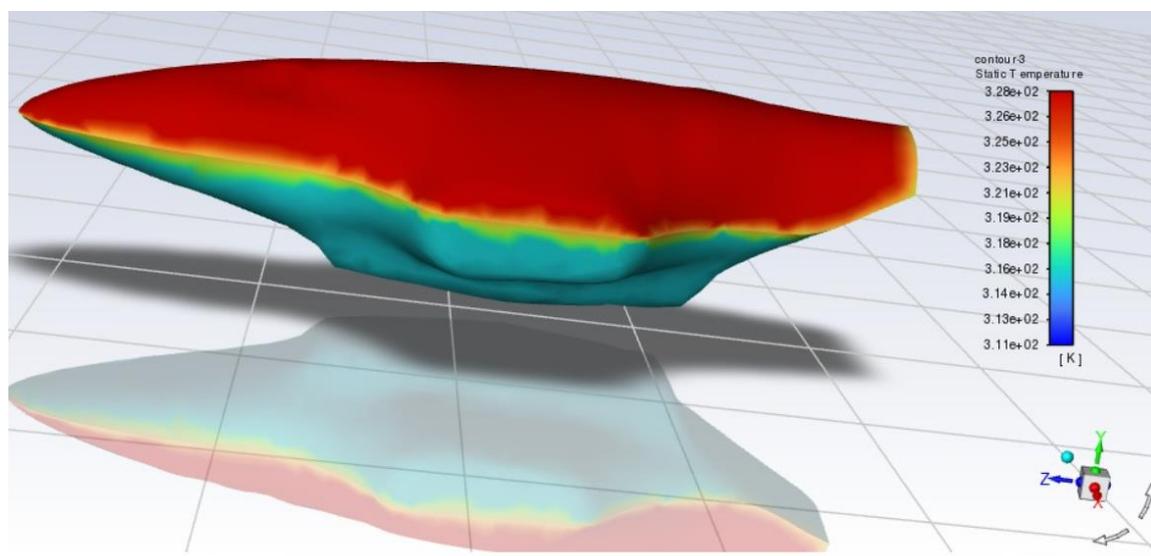
Figura 2 – Malha computacional sobre a superfície do drone e detalhe da malha no interior dele.



Fonte: Os autores.

A distribuição de temperatura sobre a superfície externa do drone está apresentada na Figura 3.

Figura 3 – Distribuição de temperatura sobre a superfície externa do drone.

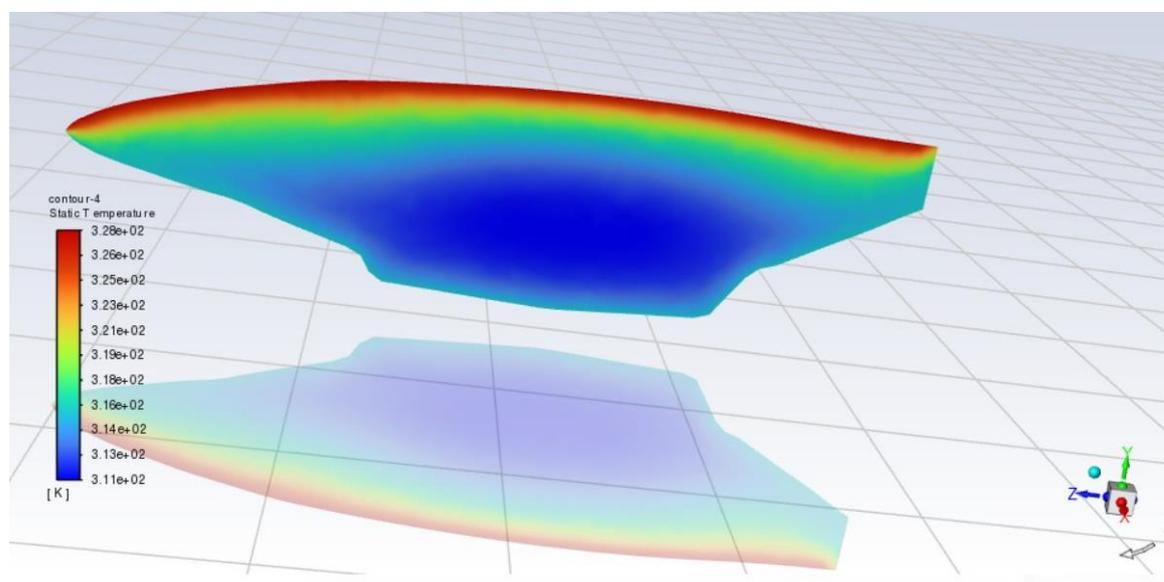


Fonte: Os autores.

Observa-se que a temperatura máxima obtida foi de 328K, sobre a superfície superior do drone. Neste caso, houve um aumento de temperatura de 18 graus em relação à temperatura ambiente, o que vai de encontro com resultados apresentados por Jonsson, J. (2007). A temperatura média da superfície inferior foi de 316K, com um aumento de 6 graus em relação à temperatura ambiente. A temperatura na superfície inferior do drone é afetada pela radiação refletida, considerando que o drone está sob uma temperatura do chão igual à temperatura ambiente.

A distribuição de temperatura no interior do drone, especificada em um plano YZ, está apresentada na Figura 4.

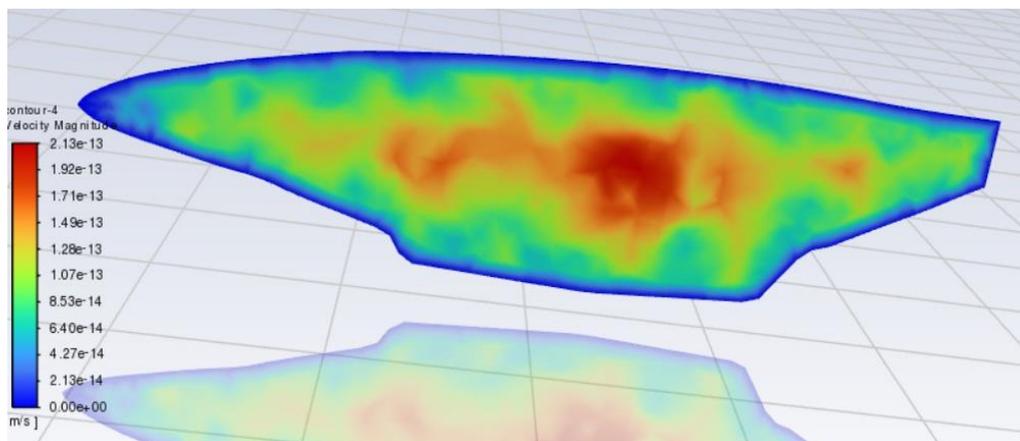
Figura 4 – Distribuição de temperatura no interior do drone.



Fonte: Os autores.

Observa-se na Figura 4 que a temperatura mínima no interior do drone é dada pela temperatura ambiente. Embora haja a transferência de calor por convecção, conforme ilustra o campo de velocidade da Figura 5, não houve alteração da temperatura na região mais interna do drone. Além disto, na Figura 5 observa-se que a região de maior velocidade está no centro do drone. Acredita-se que há uma limitação no software para determinação da convecção interna e da radiação externa, combinadas em uma única simulação.

Figura 5 – Velocidade no interior do drone.



Fonte: Os autores.

Conclusão

O presente trabalho apresentou uma simulação térmica para determinação da temperatura na superfície externa e no interior do drone Harpia-P71. A simulação numérica considerou a transferência de calor por radiação solar direta, radiação refletida, convecção externa e convecção interna.

Os resultados obtidos mostraram que houve um aumento na temperatura da superfície do drone de 18 graus, considerando uma temperatura externa de 37°C e o material do drone feito de E-Glass200.

A temperatura interna do drone não deve ultrapassar 328K, que corresponde a temperatura da superfície superior do drone. Isto ocorre porque não há equipamentos em seu interior. Futuramente, com a inclusão das baterias, controladores e do motor, a temperatura interna irá aumentar em função da transferência de calor entre o fluido (ar) e os respectivos componentes internos.

Novos estudos deverão ser realizados para validar a convecção interna no software.

Referências

ARANTES, B. H. T.; ARANTES, L. T.; COSTA, E. M.; VENTURA, M. V. A. Drone Aplicado na Agricultura Digital. *Ipê Agronomic Journal* – v.3, n.1, p. 14 – 18, 2019.

ÇENGEL, Y.A.; GHAJAR, A.J. **Transferência de Calor e Massa: uma abordagem prática.** McGraw Hill, 2012.

DA SILVA, JOÃO CARLOS TELES RIBEIRO. Simulação Computacional de um Avião Agrícola Não Tripulado de Pulverização. 2019.

GONÇALVES, J. V. F. **IMPACTO DO USO DO DRONE NA AGRICULTURA E PECUÁRIA: Revisão Bibliográfica.** Trabalho de Graduação – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2023.

HENNINGER, J.H. Solar Absorptance and Thermal Emittance of some Common Spacecraft Thermal-Control Coatings. **NASA Reference Publication 1121**, 1984.

JOHNSSON, J. Including Solar Load in CFD Analysis of Temperature Distribution in a Car Passenger Compartment. Dissertação (Mestrado em Física Aplicada e Engenharia Mecânica) – Departamento de Mecânica dos Fluidos, Universidade de Tecnologia de Lulea, 2007.

OLIVEIRA, A. Jr.; DA SILVA, G. F.; DA SILVA, G. R.; SANTOS, A. A. C.; CALDEIRA, D. S. A.; VILARINHO, M. K. C.; BARELLI, M. A. A.; OLIVEIRA, T. C. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 64140-64149, 2020.

SILVA, W.T, FILGUEIRAS, C. A. L., O Vidro e sua Importância na Vida e na Química. Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Química Nova, Vol. 46, No. 5, 491-501, 2023.

ROCHA, M.; Maior drone agrícola do mundo é brasileiro. **Aero Magazine**, No..360, 2024.