XXII SITRAER 2025
Simpósio de Transporte Aéreo

MODELO DE UM CORREDOR PARA MOBILIDADE URBANA DE AERONAVES NÃO TRIPULADAS NO "EIXÃO" DE BRASÍLIA

Juliano A. Maia[1], Li Weigang[1], Emília Stenzel[1], Lucas Ramson Siefert[1], Geraldo P. Rocha Filho[2], Rodolfo Meneguette[3]

3. Universidade de Brasília
3. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
3. Universidade de São Paulo

* **Corresponding author e-mail address**: julianomaia@unifan.edu.br

MODELO DE UM CORREDOR PARA MOBILIDADE URBANA DE AERONAVES NÃO TRIPULADAS NO "EIXÃO" DE BRASÍLIA

ABSTRACT

The increasing use of Remotely-Piloted Aircraft (RPA) requires air traffic management models, especially in dense urban areas. This paper proposes and simulates a traffic model for RPAs over the Brasília's North–South Axis (Eixão), an area of great social importance. The model defines altitude-stratified air corridors for different RPA classes, in compliance with ANAC and DECEA regulations, and establishes an infrastructure of 'Vertihubs', 'Vertiports', and 'Vertistops' for takeoff and landing operations. Two algorithms for managing takeoffs were compared: a priority queue with Round-Robin (RR) scheduling and a Genetic Algorithm (GA). A 30-day computer simulation was conducted, featuring 5,000 daily flights under normal and adverse conditions. The results show that both algorithms maintain low average waiting times. The Mann-Whitney U statistical test (p-value < 0.05) revealed a significant difference between the waiting time distributions, indicating that the GA is more robust in minimizing worst-case wait times and strategically optimizing runway use. The study concludes on the feasibility of the proposed model and points to the slight superiority of the GA for organizing takeoffs in a dynamic Urban Air Mobility (UAM) environment.

Keywords: Urban Air Mobility, Drones, RPA, Air Traffic Management, Genetic Algorithm.

GENERATIVE AI USAGE STATEMENT

The authors declare that the use of generative AI tools was limited to technical support activities, without compromising the originality, analysis, or conclusions presented in the work. All information obtained through these tools was carefully evaluated and integrated into the study, ensuring methodological rigor and academic integrity. The tool *Google Gemini* was used for automated research, enhancing the search for references related to the study topics, and to assist in text review.

MODELO DE UM CORREDOR PARA MOBILIDADE URBANA DE AERONAVES NÃO TRIPULADAS NO "EIXÃO" DE BRASÍLIA

1 INTRODUÇÃO

As Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAs) na modalidade VANT[1], ou drones, se tornaram elementos garantidores da mobilidade urbana na forma de transporte de objetos e ou cargas especiais. Esses são cruciais para o desenvolvimento tecnologico em diversas áreas tais como: Produção audio-visual; ações militares e de segurança pública de monitoramento, buscas por pessoas e objetos (Santiago, 2018); Agronegócios; Entrega de alimentos (*Delivery*), entre outras aplicações.

Com o aumento de operação desses no espaço aéreo urbano, regras e leis foram implementadas no Brasil e no mundo, para que se possa ter um controle mais objetivo sobre quem opera e como o fazem. No Brasil o DECEA[2] é o órgão responsável por implementar e fiscalizar a operação de DRONES, tal órgão é vinculado à Aeronática brasileira que pertence ao ministério da defesa. Além do DECEA, outro orgão ligado à fiscalização de voos de aeronaves (tripuladas ou não) é a ANAC[3]. Tal órgão tem como finalidade controlar o espaço aéreo brasileiro (Nunes e Vasconcelos, 2020).

Este trabalho tem por objetivo criar um modelo para a operação desse tipo de aeronave, no que tange o controle de decolagens e pousos, além do tráfego aéreo em regiões urbanas, com grande concentração de pessoas. Como ponto focal de estudo, decidiu-se criar um modelo no centro urbano da capital federal brasileira, com uma prospecção arquitetônica-urbanistica adequada para as bases em solo para pousos e decolagens, além da importância político-social no cenário brasileiro.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 Premissas Regulatórias

A legislação brasileira, normatizada pela ANAC e DECEA, é a premissa fundamental para o modelo de tráfego proposto. Ela classifica os RPAs em três classes principais com base no peso máximo de decolagem (Tabela 1), impondo regras operacionais distintas para cada uma, como restrições de altitude, distância de terceiros e exigências de licenciamento para pilotos, o que justifica a segmentação do espaço aéreo no modelo (BRASIL, 2017, 2025).

Tabela 1: Classes de Drones.

Classe	Peso máximo de decolagem
1	Maior que 150 kg
2	De 25 kg até 150 kg
3	Maior que 0,250 kg até 25 kg

Fonte: ANAC (BRASIL, 2017).

[1]Veículo Aéreo Não Tripulado
[2]Departamento de Controle do Espaço Aéreo
[3]Agência Nacional de Aviação Civil

2.2 Estatística

O mercado de drones no Brasil está vivenciando uma fase de rápida expansão, consolidando-se como o mais robusto da América Latina. De acordo com a Drone Insights Industry, espera-se que o mercado global de drones atinja a marca de $US\$\ 41,3$ bilhões até 2026, e o Brasil está acompanhando essa tendência com resultados impressionantes. Nos primeiros cinco meses de 2024, as importações brasileiras de drones totalizaram $US\$\ 16$ milhões, representando um aumento de 24% em comparação ao mesmo período de 2023, conforme informações da Secretaria de Comércio Exterior (Aeroscan, 2025). Além disso, dados do Sistema de Solicitação de Acesso ao Espaço Aéreo (SARPAS), administrado pelo DECEA, evidenciam o progresso do setor: mais de 150 mil pilotos e 100 mil drones estão registrados no sistema.

O crescimento vertiginoso desses números se dá principalmente pela procura na ampliação da eficiência operacional e da inovação. Com a globalização e aumento na produção diversificada, o Brasil encontra-se na parte de cima ranking mundial para se consolidar como um dos líderes na utilização de drones em setores estratégicos (Aeroscan, 2025).

2.3 Modelo de Tráfego Aéreo de Voos realizados em corredores

Para o desenvolvimento do modelo do Tráfego Aéreo de Voos usando corredores, foi necessário entender todo o contexto da legislação brasileira, e posteriormente o projeto desse tráfego aéreo em um grande centro urbano. Tais ações foram planejadas através de um profundo estado da arte desse tema. Assim, implementou-se a simulação do controle de voos com as condições essenciais para tal pesquisa. A Figura 1 mostra todo o desenvolvimento desse projeto de evolução de uma *Smart Citie*, isso mostra uma tendência de mobilidade aérea urbana como evolução da sustentabilidade urbana (Liberacki et al., 2023).

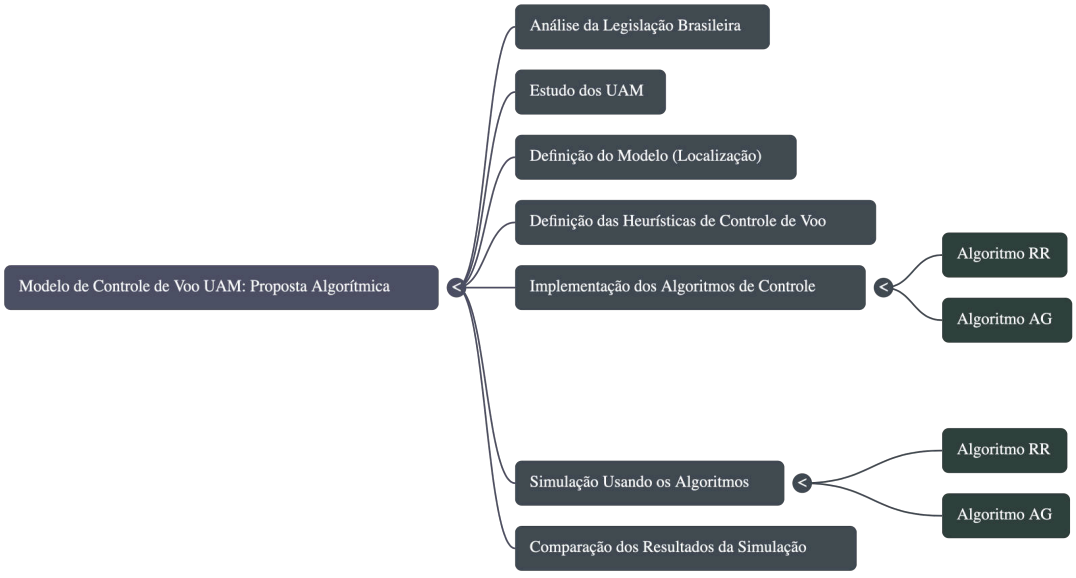


Figura 1: Fluxo metodológico da pesquisa

2.3.1 Modelo de plano de Voo do SARPAS

A aprovação de um modelo de voo via SARPAS NG (Sistema de controle do Sarpas, baseado no plano de voo), refletindo a experiência de um operador de RPA no corredor do Eixão para a submissão do Plano de Voo, que inclui campos simulados (horário do voo, localização, altitude, ID da aeronave, classe da aeronave, modelo da aeronave). Além disso deve-se realizar a avaliação da solicitação de Espaço Aéreo, implementando respostas virtuais baseadas nas restrições do corredor (ex.: densidade do corredor, zonas restritas). Há ainda a janela de tempo para autorização, que simula como o SARPAS concederia ou negaria permissão e como o gerenciador de tráfego de RPA reagiria. Por último a Emulação de uma API do **SARPAS NG** dentro da simulação para reproduzir respostas (aprovado / modificado / negado).

2.3.2 Definição de um "Modo Corredor SARPAS"

Propõe-se um novo modo operacional dentro do SARPAS NG para lidar com corredores de VANT pré-definidos, como o Eixão. Isso poderia incluir:

- IDs de corredor especiais com sequências fixas de *waypoints*;
- Horários de operação pré-negociados;
- Aprovação automática em "via rápida" para aeronaves em conformidade;
- Flags de prioridade (ex.: UAVs médicos, UAVs oficiais de segurança pública).

Essa proposta está alinhada com a segmentação do espaço aéreo brasileiro, em conformidade com as regulamentações do DECEA, e pode ser publicada como uma sugestão de melhoria para o sistema SARPAS NG.

3 METODOLOGIA

3.1 Elementos do Plano de Voo

A legislação brasileira regulamentada pela ANAC e o DECEA não informa em nenhuma das suas normas e regulamentos a altitude mínima de segurança entre aeronaves remotamente pilotadas. Diante disso, podemos estipular para uma simulação uma altitude com valor igual à dimensão da altura do drone, acima e abaixo deste. As únicas distâncias são altitudes de voo máxima já definidas anteriormente, entre 40 e 120 metros de altitude de voo, em que esta é o somatório da altura solicitada de voo e a altitude do ponto de decolagem (BRASIL, 2017). Assim, definiu-se que as faixas verticais para cada classe, conforme a Tabela 2.

Diante da legislação brasileira, dentro dos aspectos legais, baseados na geometria espacial local, (espaço sobre o "Eixão") foi pensada essa disposição de *airways*. Assim, a Figura 2 mostra essa visão espacial aproximada, feita por uma composição de imagens, sobre como ficaria uma via aérea de aeronaves da Classe 1.

Uma estratégia para definir os Vertiportos com base em Chenglong et al. (2020) seria ter bases de decolagem nas pontas das asas norte e sul, além de uma base na região central, que poderia ser na rodoviária de Brasília. Já na extensão da Asa Norte, poder-se-ia ter um Vertiporto a cada duas superquadras, iniciando na SQN (Super Quadra Norte) 402 e terminando na SQN 416, Figura 3a. Entre esses Vertiportos deverá ser inserido um *Vertistop*, que são miniaerodromos de pousos simples com apenas uma plataforma para situações



Figura 2: Visão da aérovia sobre o "Eixão" de Brasília

Tabela 2: Classes de Drones, conforme o espaço aéreo.

Classe	Altitude Mínima (m)	Altitude Máxima (m)
3	40	79
2	80	119
1	120	140

Fonte: Do próprio autor.

emergenciais, tal modelo se mostra eficaz conforme padrões otimizados de Vertiportos (Song, 2023).

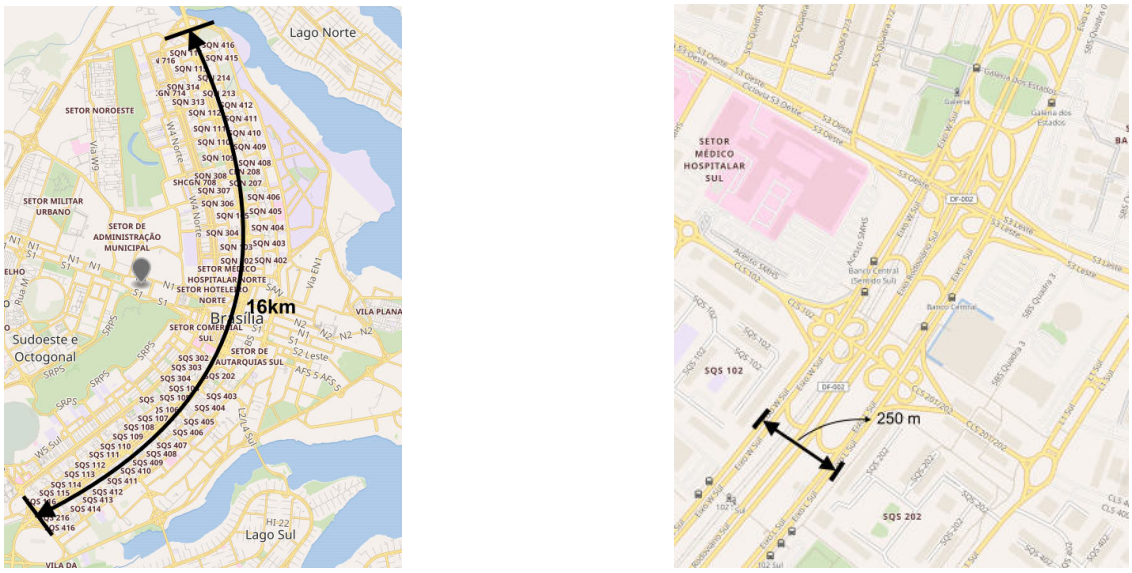
O Eixo Rodoviário de Brasília possui 16 km no total, porém são 13, 8 km de estrada de rolagem, o restante áreas extras. A largura máxima deste é de 250 m, Figura 3b. Assim, a distribuição, diferentemente de uma via expressa veicular em que o sentido de um veículo é separado horizontalmente, no UAM (Urban Air Mobility), o sentido de deslocamento do drone deverá ser verticalmente. Desta forma, serão vias de 250 m de largura por sentido, espaçados pelo tamanho médio da classe do drone acima e abaixo da via.

A metodologia usada nesse trabalho, foi a de uma simlação, usando visão computacional para testar as hipóteses da criação de uma rede de pontos de decolagem e pousos pela extensão do "Eixão" de Brasília. Essa se deu pelo uso de métodos estatísticos, ferramentas computacionais e revisão da literatura. Todos os dados foram produzidos aleatóriamente, com base nos parâmetros predefinidos de um ambiente próximo do real, com as condições favoráveis ao que tange situações que poderiam ocorrer durante a operação de Vertiportos.

Na estrutura proposta neste trabalho, os lançadores de RPA, também chamados de *Home Point*, ficariam dispostos conforme a Figura 4, em que HP Cx-y significa: **plataforma de decolagem (*Home Point*) número y da classe x.**. O espaço entre os lançadores por classe é equivalente à metade do diâmetro de cada plataforma de decolagem, garantindo assim uma margem de segurança.

3.2 Simulação do Voo a partir do Vertiporto

Para simular as partidas das aeronaves dos Vertiporto, foi necessário dividir os pontos de subida conforme as classes do drone. Desta maneira, por questões de segurança e disposição dos campos de pouso e decolagem, definiu-se que em cada Vertiporto existem as número de



(a) Pontos de decolagem e pousos, Fonte (Wikimedia)

(b) Largura das vias do "Eixão", Fonte (Wikimedia)

Figura 3: Descrição dos Vertiportos

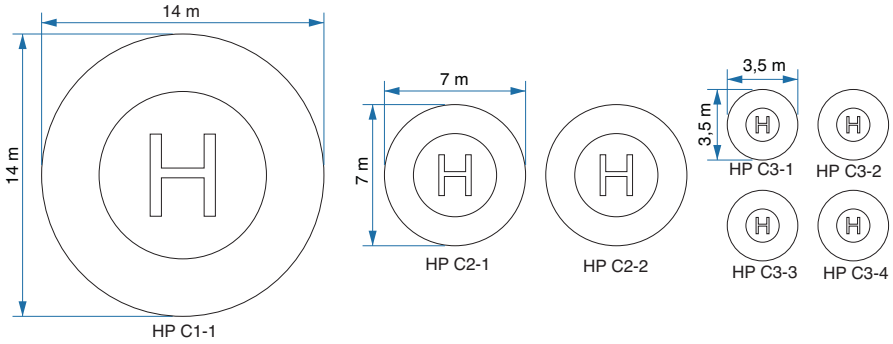


Figura 4: Estrutura de um Vertiporto com suas plataformas de lançamento de RPA's

plataformas de decolagem apresentadas na Tabela 3.

A simulação de voos baseada em alocação usando algoritmos consagrados como o *Round-Robin* (rodízio), base-se na ideia de similaridade à alocação de processos pelo sistema operacional, de modo que o paralelismo científico enquadra-se perfeitamente do ponto de vista de visão computacional como descreve Boxi et al., 2025 e Krasteva et al., 1999. Enquanto a heurística moderna (algoritmos genéticos), traz uma linha de pesquisa amplamente utilzada na alocação dinâmica de pousos e decolagens, já consagradas como trás Romanini et al., 2022, Ferreira et al., 2014,Ruoshi et al., 2025, entre outros autores. As regras para essas decolagens partem dos princípios de segurança em que se podem verificar as seguintes prioridades (Tabela 4).

Tabela 3: Número de plataformas por Vertiporto, em relação à classe do VANT.

Classe	Número de plataformas
1	1
2	2
3	4

Fonte: Do próprio autor.

Tabela 4: Prioridade para uso das plataformas de decolagem nos Vertiportos.

Nível de prioridade	Descrição
1	Aeronaves oficiais (drones dos órgãos de segurança e saúde do estado).
2	Aeronaves com maior massa e dimensão (VANTs de classes superiores).
3	Horário de previsão de decolagem no plano de voo.

Fonte: Do próprio autor.

3.3 Algoritmos de alocação de decolagens

Para gerenciar o acesso às plataformas, foram implementados e comparados dois algoritmos. Ambos utilizam uma fila de prioridades baseada em critérios como tipo de voo (oficial/emergencial), classe da aeronave e horário previsto, seguindo uma lógica compatível com o sistema SARPAS do DECEA.

3.3.1 Descrição do algoritmo *Round-Robin*

Para gerenciar a alocação dinâmica de plataformas e diminuir o impacto de atrasos, foi utilizado o algoritmo *Round-Robin (RR)*. Consagrado no gerenciamento de processos de computador, o método adapta-se bem ao problema de compartilhamento de plataformas, tratando cada decolagem como um processo que recebe um tempo limitado de acesso (Liu e Layland, 1973).

O sistema opera em ciclos, onde cada aeronave na fila de prioridades recebe um "quantum" de tempo — fixado em 30 segundos nesta simulação. Se a decolagem não for concluída neste intervalo, a aeronave retorna ao fim da fila para aguardar uma nova oportunidade. Essa abordagem cíclica previne a monopolização das plataformas e garante a progressão de todas as operações pendentes.

Desta maneira o ciclo *Round-Robin* pode ser descrito matematicamente como Liu e Layland (1973):

- Seja k o número de ciclos completos necessários para que todas as tarefas terminem.
- Para cada ciclo c (onde $c = 1, 2, ..., k$):
  - Cada decolagem ou pouso P_i é executada por um tempo $min(q, t_i^{(c)})$, onde:
    - $t_i^{(c)}$ é o tempo restante de P_i no ciclo c
    - Se $t_i^{(c)} > q$, a tarefa é reinserida na fila com $t_i^{(c+1)} = t_i^{(c)} - q$

3.3.2 Descrição do Algoritmo Genético

Quando se trata de simulações de voo, uma das Heurísticas modernas mais utilizadas devido à classe de problemas SCP, é de algoritmos genéticos. Em que nesse tipo de algoritmo inteligente, utiliza-se a teoria da evolução a partir das condições genéticas, na qual tenta otimizar as populações subsequentes (filhos).

Com base em Ferreira et al. (2014), a idéia de algoritmos genéticos como uma opção otimizada para a resolução de problemas dessa categoria indica que a partir da recombinação de genes (voos realizados sem atrasos e em condições propícias para atrasos), chega-se a um ótimo no que tange dirimir tais lacunas nos pousos e decolagens no trecho de viagens, entre o Vertiporto, ou *Vertistop* em que i representa o local de partida e j o de chegada (Romanini et al., 2022).

Nesse modelo o algoritmo encontra uma sequência ótima de decolagem para um conjunto de aeronaves em espera, minimizando uma função de custo que considera tanto o tempo de espera total quanto a eficiência operacional dos campos de pouso e decolagem (*Vertistop* e Vertiporto). Tal modelo simulado pode ser descrito como: Q o conjunto de aeronaves na fila de espera no momento da otimização, t_{atual}. $Q = \{a_1, a_2, \ldots, a_{N_{fila}}\}$, onde $N_{fila} = |Q|$.

3.4 Função de Otimização do AG

O algoritmo busca encontrar a sequência de decolagem c^* que minimiza a função de aptidão $f(c)$, definida como:

$$c^* = \arg\min_{c \in S_Q} f(c) \tag{1}$$

A função $f(c)$ é composta pela soma do tempo de espera total (T_{espera}) e uma penalidade pela ocupação de plataformas ($T_{penalidade}$):

$$f(c) = \sum_{i=1}^{N_{fila}} (t_{partida}(a_i', c) - t_{chegada}(a_i')) + \sum_{k \in K} w_k \cdot (\max_{p \in P_k}(t_{livre}) - t_{atual}) \tag{2}$$

4 RESULTADOS

Com o modelo definido, realizou-se a execução da simulação em diversos cenários. O primeiro deles é sob condições normais de operação. Nas outras simulações, avaliam-se condições climáticas adversas como ventos. As avaliações foram realizadas usando um cenário comparativo entre a execução do *Round-Robin* e o *Algoritmo Genético*.

4.1 Dados da Simulação

Foram feitas 5.000 simulações diárias durante 30 dias seguidos, no período entre $06h$ e $22h$, usando os dois modelos. A proporção entre plataformas das classes e as penalidades para o AG são apresentados na Tabela 5. Esses dados foram gerados aleatoriamente, com momentos de condições normais e com intempéries. Foi utilizada uma média de $29,4\%$ a $32,3\%$ de humidade do ar em Brasília (ou seja para uma estimativa de chuvas) conforme BAYER e BAYER (2015), para simular eventos com atribulações naturais, momento em que boa parte das decolagens serão prejudicadas.

Após realizadas as simulações, ficou evidente que para voos de aeronaves remotamente pilotadas, para qualquer cenário, a média de atrasos utilizando os dois métodos (RR e AG) é baixa, conforme a Tabela 6. Após analisar todos os cenários o algoritmo RR é superior em

Tabela 5: Dados de decolagem da simulação de voos.

Classe	Proporção entre plattaformas	Penalidade na simulação do AG
Classe 1	10%	1,5
Classe 2	30%	1,0
Classe 3	60%	0,5

Fonte: Do próprio autor, adapatado de Ferreira et al. (2014).

tempo de execução do que o AG para esse problema específico. As Figuras 5 e 6 mostram esses resultados.

Para normalizar os dados, foram utilizados os testes de *Shapiro-Wilk* (normalidade) e *Levene* (homocedasticidade) (Pagotto e Rodrigues, 2021). A análise indicou que os dados são não-paramétricos, pois as variâncias dos tempos de espera não são homogêneas. Assim, foi usado o teste de *Mann-Whitney U*, indicado para simulações de testes não-paramétricos (Leite, 2019). A escolha desse método ocorreu devido à quantidade da amostra (Souza e Castro, 2012).

Após a aplicação do método *Mann-Whitney U*, chegou-se nos seguintes resultados: que a estatística $U = 10.940.988$ e o p-valor $= 1,76 \times 10^{-40}$. Tal resultado, com um p-valor extremamente baixo (muito menor que$0,05$), leva a **rejeitar a hipótese nula** de que os tempos de espera entre os algoritmos provenham da mesma distribuição (Souza e Castro, 2012).

Tabela 6: Painel de comparação numérica direta entre os dois algoritmos

MÉTRICA	ROUND ROBIN	ALG. GENÉTICO
— Desempenho Geral —		
Tempo de Espera Médio (Geral)	00m 04s	00m 07s
Mediana de Tempo de Espera	00m 00s	00m 00s
Throughput Médio (Decolagens/Hora)	312,93	312,70
Consistência (Desvio Padrão da Espera)	00m 13s	00m 15s
Pior Caso (Tempo Máximo de Espera)	02m 11s	01m 45s
— Desempenho por Categoria —		
Espera Média – Oficiais	00m 02s	00m 09s
Espera Média – Classe 1	00m 08s	00m 11s
Espera Média – Classe 2	00m 09s	00m 08s
Espera Média – Classe 3	00m 01s	00m 06s

Na Figura 5 é demostrado o tempo de espera médio geral em relação à classe do Drone, baseado na alocação de decolagem gerada pelos algoritmos RR e AG. Nela evidência-se, que em algumas situações adversas como chuva ou vento, a diferença do tempo de espera para a aeronave decolar é significativo.

Na Figura 6, é demonstrado como foram gerados os voos aleatóriamente, baseado em análises de horários de pico, o comparativo entre as duas metodologias aplicadas (AG x RR) nas quais demonstra-se pequenas picos de diferença entre os dois métodos, baseado na quantidade de decolagens dentro de um período específico.

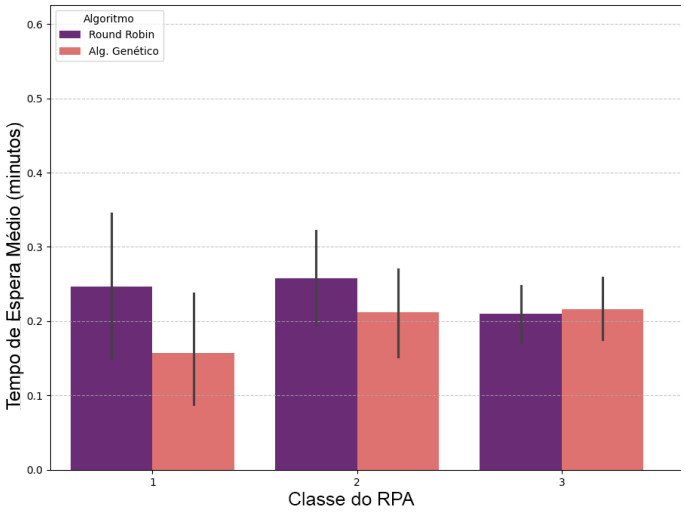


Figura 5: Comparativo do tempo de espera entre os algoritmos

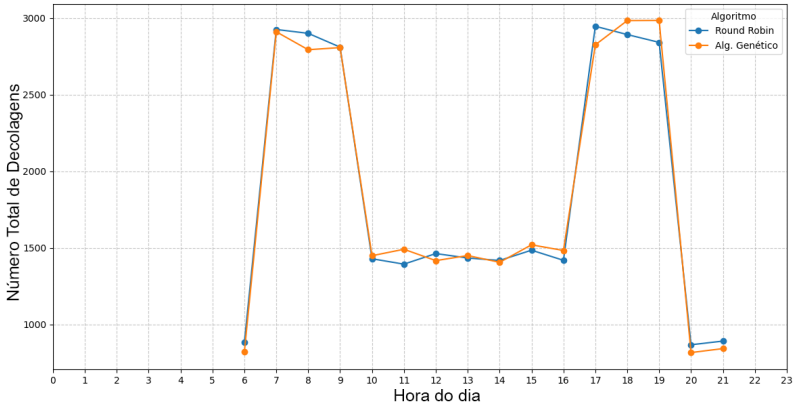


Figura 6: Total de decolagens x hora do dia

5 CONCLUSÃO

O Modelo de Mobilidade Aérea Urbana apresentado neste trabalho demonstra a importância de se organizar os pousos e decolagens de RPAs em Vertiportos e *Vertistops*, que devem ser planejados em locais estratégicos. Isso se deve ao fato de que cada vez mais a utilização de aeronaves remotamente pilotadas está sendo adotada por diversas áreas nas *smart cities*. Assim, Brasília, como capital federal, deve ocupar esse espaço referencial de organização e estrutura de vias aéreas para esse escopo de voos.

Diante disso, é necessário utilizar a visão computacional para simular voos de modo que o tráfego flua naturalmente sem muitos atrasos. Para isso, é necessário analisar algoritmos que resolvem problemas dessa categoria, como o RR (*Round-Robin*) e heurísticas modernas como os AG (Algoritmos Genéticos).

A análise estatística, utilizando o Teste de *Mann-Whitney U*, mostrou que, embora o RR tenha um tempo médio de espera ligeiramente menor em alguns cenários, o Algoritmo Genético apresenta uma performance mais robusta, especialmente ao minimizar o tempo máximo de espera (pior caso), o que é crucial para a confiabilidade do sistema. O AG se mostrou mais estratégico ao lidar com as prioridades e a ocupação de plataformas.

Neste trabalho, evidenciou-se que o uso do algoritmo RR, já utilizado em outros locais do

mundo, é uma opção viável, mas as heurísticas modernas como os AGs oferecem vantagens significativas (Chenglong et al., 2020). Assim, pelas simulações realizadas, conclui-se que o Algoritmo Genético é mais robusto para minimizar o tempo de espera em condições variadas, o que propicia maior resiliência na alocação das aerovias.

REFERÊNCIAS

Aeroscan (2025). Explorando o mercado de drones no brasil: tendências e insights do setor. https://aeroscan.com.br/mercado-de-drones-no-brasil/. Acessado em: 26/04/2025.

BAYER, D. M. & BAYER, F. (2015). Previsão da umidade relativa do ar de brasília por meio do modelo beta autorregressivo de médias móveis. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 30:319–326.

Boxi, R., Youchao, S., Weicheng, L., Zhe, Z., & Yining, Z. (2025). A human machine function allocation model based on queue scheduling algorithm in the cockpit of a civil aircraf. *Traffic Information and Safety*, 43(1):107–119.

BRASIL (2017). *Classes de Drones*. ANAC. Disponível em https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/drones/classes-de-drones.

BRASIL (2025). Tenha uma operação segura com sua aeronave não tripulada. https://www.decea.mil.br/drone/. Acessado em: 26/04/2025.

Chenglong, L., Wenqiu, Q., Yandong, L., Longyang, H., & Peng, W. (2020). A review of urban air transport traffic management for evtol aircraft. *Journal of Transportation Engineering*, 20(4):35–54.

Ferreira, D. M., Rosa, L. P., Ribeiro, V. F., de Barros Vidal, F., & Weigang, L. (2014). Genetic algorithms and game theory for airport departure decision making: Gedman and codman. Em: *International Conference on Knowledge Management in Organizations*, páginas 3–14. Springer.

Krasteva, D. T., Watson, L. T., Baker, C., Grossman, B., Mason, W. H., & Haftka, R. T. (1999). Distributed control parallelism in multidisciplinary aircraft design. *Concurrency: Practice and Experience*, 11(8):435–459.

Leite, G. M. C. (2019). Algoritmos integrados para classificação de dados com atributos categóricos.

Liberacki, A., Trincone, B., Duca, G., Aldieri, L., Vinci, C. P., & Carlucci, F. (2023). The environmental life cycle costs (elcc) of urban air mobility (uam) as an input for sustainable urban mobility. *Journal of Cleaner Production*, 389:136009. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136009. Available at:https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652623001671.

Liu, C. L. & Layland, J. W. (1973). Scheduling algorithms for multiprogramming in a hard real-time environment. *Journal of the ACM (JACM)*, 20(1):46–61. DOI: 10.1145/321738.321743. Available at:https://doi.org/10.1145/321738.321743.

Nunes, C. R. & Vasconcelos, P. E. A. (2020). A utilização particular ou empresarial de drones no brasil: Responsabilidade civil e ambiental ou marco regulatório. *Revista Jurídica da FA7*, 17(2):13–24.

Pagotto, L. G. & Rodrigues, J. (2021). Análise de variância e testes de comparação de médias: um estudo de caso. *XXVII CIC e XII CIDTI*.

Romanini, P. H. d. C. et al. (2022). *Aplicação de Modelos Semi-Integrados de Programação de Voos e Alocação de Aeronaves Utilizando Algoritmo Genético*. Tese de Doutorado, UFSC-SC.

Ruoshi, Y., Zhiqiang, F., Meilong, L., Ji, M., et al. (2025). Genetic-algorithm-based approaches for enhancing fairness and efficiency in dynamic airport slot allocation. *Chinese Journal of Aeronautics*, página 103634.

Santiago, H. S. A. (2018). *El uso legal de los drones (RPA): ámbito policial y uso privado*. Editorial Reus.

Song, K. (2023). Optimal vertiport airspace and approach control strategy for urban air mobility (uam). *Sustainability*, 15(1). DOI: 10.3390/su15010437. Available at:https://www.mdpi.com/2071-1050/15/1/437.

Souza e Castro, P. A. (2012). Tamanho de amostra e poder para três testes não-paramétricos. Dissertação de Mestrado, UFRGS.

Wikimedia. Mapa de brasília. Available at:https://pt.wikipedia.org/wiki/BrasÃŋlia#/map/0. Acessado em 06/05/2025.