Definição do Sistema de Recovery para o Veículo Aéreo Não Tripulado do Projeto AEDES - Aeronave de Defesa Social

Diego da Silva Pereira[1,2], Matheus Salabert Ribeiro[2], Alysson Nascimento de Lucena[2], Júlio Cesar Paulino de Melo[2], Dino Lincoln Figueroa Santos[2], Júlio Francisco Dantas de Rezende[2]

[1]*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Parnamirim, Brasil (diego.pereira@ifrn.edu.br)*
[2]*Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil*

Resumo: A aeronave do projeto AEDES irá atuar com serviço de patrulhamento. Dessa forma, é fundamental que a aeronave possua um sistema de recovery eficiente e seguro para garantir a integridade física das pessoas e do próprio sistema embarcado. Portanto, foi realizado um estudo sobre estratégias de recovery para utilização no projeto. Foram selecionados o pouso e decolagem vertical, além do pouso horizontal em situações anormais e um sistema de paraquedas para emergências catastróficas.

Palavras-chave: sistema de recovery; VANT; VTOL; paraquedas;

INTRODUÇÃO

Conforme Antas (1979), consideram-se fases de um voo as diferentes etapas que uma aeronave tem que cumprir em terra e no ar, tais como: partida, aquecimento, cheque em terra, decolagem, transição de decolagem a subida, subida, transição de subida a voo cruzeiro, voo cruzeiro, descida, pouso e parada. Dentre elas, o pouso foi reconhecido como uma das tarefas mais difíceis, porque a aeronave deve ser guiada para um local de pouso com precisão, com angulação e velocidade adequados (KIM et al., 2013).

Dentro desse contexto, está inserido o sistema de recuperação (*recovery system*). Em linhas gerais, o sistema de recuperação é responsável por viabilizar a transição de uma aeronave do estado de voo para um estado de não voo. Logo, o pouso compõe o sistema de recuperação de qualquer aeronave, visto que é uma etapa que compõe uma missão e, além disso, um pouso bem executado garante a integridade física da aeronave.

Contudo, em algumas situações, dada a complexidade dos sistemas e do ambiente no qual as aeronaves estão inseridas, ocorrem emergências. Uma emergência é considera uma situação na qual a aeronave encontra-se fora da sua normalidade (estado anormal). Logo, o sistema de recuperação deve ser capaz de atuar, inclusive, nessas situações para garantir a integridade física da aeronave, ou, no mínimo, evitar uma situação catastrófica.

Considerando o contexto de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), o acionamento desse sistema, em alguns casos, deve ocorrer de forma autônoma e instantânea, ou seja, sem a intervenção do piloto através da estação base. Isso permite que esse acionamento ocorra independente da existência de comunicação, além disso, reduz o tempo de resposta, o qual é essencial nesse tipo de situação.

A partir disso, o veículo aéreo não tripulado do projeto AEDES foi projetado para, além de garantir a integridade física da aeronave, preservar a vida de pessoas que, eventualmente, possam estar na sua trajetória durante a execução de um pouso de emergência. Essa característica deve-se, principalmente, ao local de execução da missão, uma região com prédios, automóveis e trânsito intenso de pessoas em áreas abertas. A Figura 1 ilustra de forma aproximada a área de cobertura que a aeronave deve executar o patrulhamento.



Figura 1. Área aproximada do campus central da UFRN. Fonte: Adaptado do Google Maps, 2021.

MATERIAL E MÉTODOS

A recuperação(*recovery*) é definida como a transição do VANT de um estado de voo para um estado de "não voo" (GUNDLACH, 2012). O estado de voo significa que o VANT está realizando voo sem dependências físicas de sistemas externos. O voo pode ser motorizado ou não, dependendo do tipo de aeronave. Destaca-se que as dependências físicas são definidas como mecânicas, aerodinâmicas, termodinâmicas, elétricas entre outras formas de transmitir energia ao VANT. O estado de "não voo" não significa, necessariamente, que a aeronave esteja estática em solo, ela pode estar no convés de um navio em movimento ou sob a asa de uma outra aeronave, por exemplo. Dentro desse contexto, pode-se afirmar que no caso de uma recuperação de pista convencional, esta fase pode ser considerada pouso, assim como a decolagem o evento contrário.

A etapa de recuperação possui mais riscos que a fase de lançamento, pois a recuperação necessita que a aeronave percorra um caminho de aproximação preciso, mantenha um intervalo de velocidade específico para pouso e, além disso, intercepte um ponto em uma plataforma de recuperação estacionária ou móvel em condições de vento variáveis" (GUNDLACH, 2012).

Dessa forma, é possível perceber que o lançamento possui flexibilidade temporal, permitindo, na maioria dos casos, a escolha de um momento mais adequado para sua realização. Por outro lado, a recuperação não dispõe dessa condição e, em algumas situações, ocorre em momentos de emergência.

Um dos requisitos da etapa de recuperação é que os componentes de velocidade horizontal e vertical da aeronave se tornem iguais aos da plataforma de recuperação. Portanto, a energia deve fazer a transição do estado de voo para o estado de repouso (não-voo) na plataforma. Desconsiderando a energia armazenada na aeronave e outras perdas, em linhas gerais, a energia que deve ser absorvida pela combinação de plataforma e aeronave na fase de recuperação é:

$$E_{Recuperação} = \frac{W_{Recuperação}}{2g}|\Delta V|^2 + W_{Recuperação}\Delta h$$

onde Δh é a diferença de altura entre o início da fase de recuperação e o estado de repouso, $W_{Recuperação}$o peso do VANT durante a recuperação. É importante destacar que toda a energia de recuperação deve ser dissipada como calor, armazenada ou convertida em outra forma de energia (GUNDLACH, 2012).

Dada a complexidade da etapa de recuperação, em virtude de variáveis não controladas, como a velocidade e direção do vento, deve-se projetar uma solução capaz de atender a uma diversidade de situações, estabelecendo velocidades máximas e mínimas do vento em relação a plataforma de recuperação e a aeronave.

Dessa forma, $L_{Recuperação}$é o tamanho do percurso necessário para garantir que a aeronave possa pousar na plataforma, para tal é preciso uma aceleração constante agindo para diminuir o movimento:

$$L_{Recuperação} = -\frac{|\Delta V|^2}{2G.g}$$

Já o tempo necessário para a aeronave chegar na plataforma é dado por:

$$t = \sqrt{-\frac{2L_{Recuperação}}{G.g}}$$

Se a aeronave desce sob a aceleração da gravidade somada sua velocidade vertical inicial em relação à plataforma desde o início da etapa de recuperação até que o movimento horizontal seja interrompido, a altura perdida durante a recuperação em relação à plataforma dado por:

$$\Delta h_{Recuperação} = \frac{1}{2}g.t_x^2 - \Delta V_z.t_x$$

Tais informações são importantes pois tempos de recuperação curtos e altas velocidades de descida vertical em relação a plataforma de pouso irão gerar forças verticais maiores sob a aeronave no contato com a plataforma, ou solo. Dessa forma, um pouso de barriga (horizontal) pode gerar grandes forças na fuselagem da aeronave e comprometer sua integridade. É importante ressaltar que as forças absorvidas pelo sistema de recuperação devem ser dissipadas, seja por geração de calor, amortecedores mecânicos, entre outros.

Vertical Takeoff and Landing (VTOL)

As aeronaves de decolagem e pouso vertical (VTOL) usam o empuxo propulsivo para permitir o lançamento vertical controlado e operações de recuperação. Dessa forma, a energia para impulsionar os motores é totalmente armazenada na própria aeronave. Uma das grandes vantagens desse tipo de VANT é permitir operações independentes da pista, dispensando equipamentos de lançamento e de recuperação para a grande maioria das aplicações.

Aeronaves VTOL, geralmente, têm problemas de desempenho para cobrir grandes trajetos (autonomia) e resistência devido ao alto peso de propulsão. O empuxo necessário para VTOL pode ser três a cinco vezes maior do que um CTOL (*Conventional Takeoff and Landing*) ou aeronave lançada do ar. A razão empuxo-peso de uma aeronave VTOL é geralmente maior do que 1,2, o que resulta em uma grande fração de massa de propulsão que diminui a carga útil (GUNDLACH, 2012).

Para um melhor uso das aeronaves VTOL, elas devem ser capazes de operar em modo de voo horizontal.

Nesse caso existe uma fase, chamada fase de transição, na qual ocorre a mudança de voo vertical para horizontal (ou o contrário). É considerada uma das etapas mais arriscadas do voo. A transição do voo horizontal para o vertical é particularmente desafiadora. O voo horizontal e vertical costuma usar diferentes abordagens de controle de voo, e a transição do modo de voo requer uma transição de controle de voo correspondente. A Figura 2 ilustra um exemplo das etapas de um voo feito por um VANT VTOL.

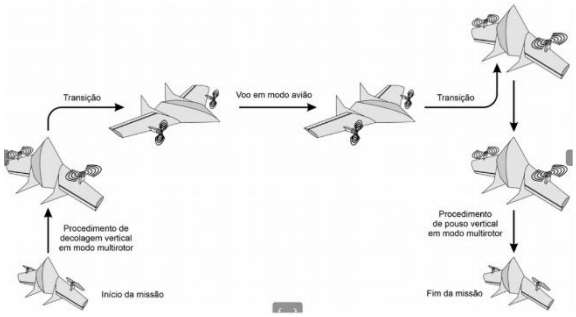


Figura 2. Fases de um voo de uma aeronave VTOL.

Técnicas de Recuperação (Recovery)

Existem diversas técnicas de recuperação, a seguir serão listadas algumas delas e será feita uma breve descrição. Na seção de resultados serão apresentadas as definições escolhidas para o sistema de recuperação do VANT do projeto AEDES.

Skid and Belly: essa técnica de recuperação consiste em um pouso derrapante(barriga) em que a aeronave entra em contato direto com o solo sem o uso de trem de pouso convencional. Tanto um dispositivo de derrapagem quanto a própria fuselagem podem fazer a interface com o solo, fornecendo absorção de choque de pouso e fricção para desacelerar o VANT até o repouso (WALTER,2021);

Net (rede): a recuperação de rede é um método de recuperação em que a aeronave voa para dentro de uma rede e seu movimento em relação à plataforma é interrompido. Essa técnica é comumente usada para VANTs táticos que são muito grandes para pousos de barriga simples. Aeronaves não tripuladas muito pesadas evitam utilizar técnica de recuperação por rede para fazer uso de uma com pouso mais controlador, seja o pouso convencional ou, até mesmo, recuperação de paraquedas. Um dos grandes positivos é o baixo custo de implementação (SKULSTAD et al, 2015);

Cable-Assisted (assistida por cabo): aeronaves não tripuladas podem usar cabos de travamento para deter a velocidade horizontal e, em alguns casos, os componentes da velocidade vertical. Os cabos de travamento podem ser colocados em uma superfície horizontal rígida ou suspensos por uma estrutura. Um exemplo é o conhecido sistema de apreensão baseado em porta-aviões usado em aeronaves tripuladas (Dong Il et al, 2012);

Rigid horizontal platform cable arresting systems: os sistemas de travamento de cabo de plataforma horizontal rígida exigem que a aeronave faça uma aterrissagem convencional com rodas e, em seguida, use o cabo para deter o movimento para frente. Os cabos devem estar próximos do solo e ter um diâmetro pequeno o suficiente para permitir que as rodas passem por eles sem prender. Um gancho fixo na aeronave engata no cabo enquanto a aeronave se move para frente, quando tensionado, desacelera a aeronave (GUNDLACH, 2012);

Cabos suspensos: os cabos suspensos prendem o movimento horizontal e vertical do VANT em relação à plataforma de recuperação. A dinâmica tem muitas semelhanças com a técnica de recuperação de rede. A recuperação de cabo suspenso difere porque o VANT entra em contato com um cabo em um único ponto, o gancho. Uma recuperação de rede requer que uma grande parte da área de superfície da aeronave faça contato com a rede;

Parashute (Paraquedas): paraquedas são dispositivos de recuperação comuns para aeronaves não tripuladas de pequeno porte, táticas, MALE (*Medium Altitude Long Endurance*) e lançadas do ar. Esses dispositivos também podem servir como sistemas para terminação de voo em estado de emergência. Os paraquedas oferecem baixas taxas de descida e pouca velocidade horizontal em relação à plataforma de recuperação, eles agem como dispositivos de arrasto ou podem planar.

Paraquedas

A estrutura detalhada de um paraquedas foi descrita em Knacke (1992). Uma montagem de um paraquedas simples é mostrada a seguir. A carga útil, neste caso, é a aeronave, que é conectada por meio da linha(*riser*) a estrutura principal por meio de uma série de linhas de proteção. A estrutura principal (também denominado *Main Canopy*) fornece a principal fonte de arrasto e é normalmente feito de um material leve, resistente e com baixa porosidade (por exemplo, náilon).

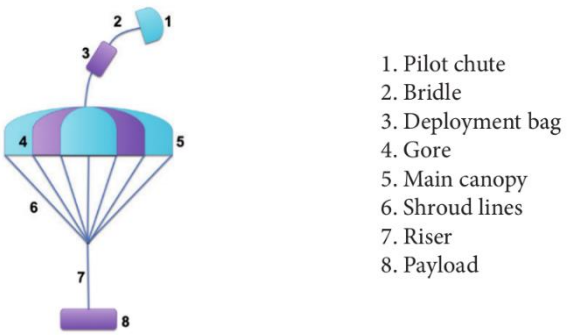


Figura 3. Partes de um paraquedas. Fonte: PANTA et al (2018).

O *Gore* se refere à seção do velame do paraquedas entre dois membros de suporte de carga que vão das linhas de suspensão na saia até o topo do velame. A

linha de *riser* é normalmente feita de espectros ou Kevlar TM, cuja elasticidade ajuda a reduzir o choque transmitido à estrutura durante o desdobramento do paraquedas.

Preso ao topo da estrutura principal por meio do *Bridle* está o *Pilot Chute*. A função do *Pilot Chute* é puxar a estrutura principal de uma bolsa de lançamento (*Deployment Bag*). O *Pilot Chute* e a *Deployment Bag* fornecem arrasto adicional, entretanto, a contribuição relativa do arrasto é pequena em comparação com a do *Main Canopy* durante o estado estacionário/condições de descida.

O processo típico de abertura, tratado na literatura como "*Inflation Process*", de um paraquedas é descrito em Knacke (1992). Foi utilizada uma imagem tomando como referência os eixos tempo e força. Essa representação é feita na Figura 4.

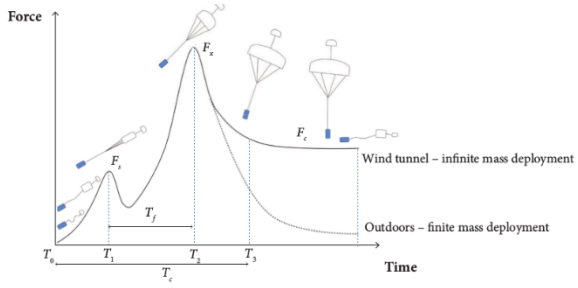


Figura 4. Processo de abertuda de um paraquedas. Fonte: Knacke (1992).

O processo de abertura do paraquedas tem início no instante de tempo T0 com o *pilot chute* sendo extraído do contêiner de lançamento. A força exercida a partir da extração do *pilot chute* no instante de tempo T1 inicia o desdobramento do *main conapy.* As linhas de cobertura são tensionadas conforme o *canopy* infla devido ao fluxo de ar que se acumula (entre os instantes de tempo T1 e T2). O *main canopy* continua a inflar até que a carga útil atinja uma velocidade de descida estável.

Os paraquedas não deslizantes atingem a velocidade de descida VT de estado estacionário quando o arrasto do paraquedas está em equilíbrio com o peso de recuperação da aeronave, que inclui o peso do paraquedas. Supondo que o arrasto do VANT seja insignificante em comparação com o do paraquedas, a relação é expressa como:

$$W_{Recuperação} = \frac{1}{2}.\rho.V_T^2.C_{D,Chute}.S_{Chute}$$

onde $C_{D,Chute}$é o coeficiente de arrasto do paraquedas em relação à área de referência S_{Chute}. O coeficiente de resistência do paraquedas para um canopy redondo varia de 0,7-1,47. Esta área de referência para um paraquedas redondo é a projeção do círculo limitado pelo diâmetro máximo D_{Chute}.

$$S_{Chute} = \frac{\pi}{4}.D_{Chute}^2$$

O diâmetro do paraquedas redondo necessário para uma determinada velocidade de descida terminal e peso de recuperação é

$$D_{Chute} = \sqrt{\frac{8W_{Recuperação}}{\pi.\rho.V_T^2.C_{D,Chute}}}$$

Um pilot chute é usado para iniciar o lançamento do paraquedas. Isso puxa o canopy principal para fora da aeronave e o estabiliza durante a inflação (abertura). O pilot chute e/ou paraquedas principal são frequentemente ejetados da aeronave por meio de um sistema de recuperação balística. As cargas iniciais de implantação do paraquedas são maiores do que as cargas de descida constante.

A implantação do paraquedas impõe requisitos à configuração do VANT. O paraquedas e suas linhas não devem interferir na estrutura da aeronave ou no sistema de propulsão. No caso de presença de uma hélice, o paraquedas deve passar por cima dela ou pelo lado. As linhas devem fazer a transição de uma orientação horizontal para vertical, com os *risers* anexando perto do centro de gravidade da aeronave.

A aeronave descendo sob a cobertura do paraquedas pode ser recuperada por um helicóptero ou aeronave de asa fixa, no que é chamado de sistema de recuperação aére. A aeronave de recuperação se conecta à parte superior do paraquedas ou entre o paraquedas principal e o *pilot chute* mais alto.Uma alternativa interessante é a utilização de helicópteros para recuperar os VANTs. Contudo, existe maior custo financeiro e operacional, além de infraestrutura.

RESULTADOS

A partir do estudo apresentado na seção anterior, o sistema de recuperação da aeronave do projeto AEDES ficou definido da seguinte forma: pouso vertical, em situações normais, pouso horizontal em área de escape em situações de emergência controlada e paraquedas para situações de emergência catastróficas. Essas escolhas são possíveis devido a configuração da própria aeronave, a qual tem a capacidade de decolar e pousar de forma vertical e fazer voo como uma aeronave convencional. A escolha desse design teve como objetivo agregar as vantagens das duas formas de configuração, a autonomia do voo horizontal, com a praticidade do pouso e decolagem vertical.

Pouso Vertical

O pouso vertical deve ocorrer em situações normais, nas quais é realizada uma aproximação estabilizada da aeronave até a plataforma de recuperação. Conforme o Comando da Aeronáutica, uma aproximação estabilizada é o procedimento e técnica de voo que visa assegurar que a aproximação e a descida final para pouso sejam efetuadas em conformidade com a trajetória de voo pretendida e sem a necessidade de manobras excessivas, tais como curvas bruscas ou

mudanças repentinas na razão de descida já nas proximidades da pista de pouso (BRASIL, 2021).

É importante destacar que a aeronave do projeto AEDES faz uso do pouso e decolagem vertical, dispensando a necessidade de uma pista. Conforme a legislação atual da ANAC (Agência Nacional de Aviação), para esse tipo de operação é necessário assegurar que a aeronave permaneça, no mínimo, 30 metros de pessoas que não estejam envolvidas na operação. Dessa forma, a plataforma de recuperação é uma área com, no mínimo, 60 metros de diâmetro. A imagem a seguir ilustra essa região.

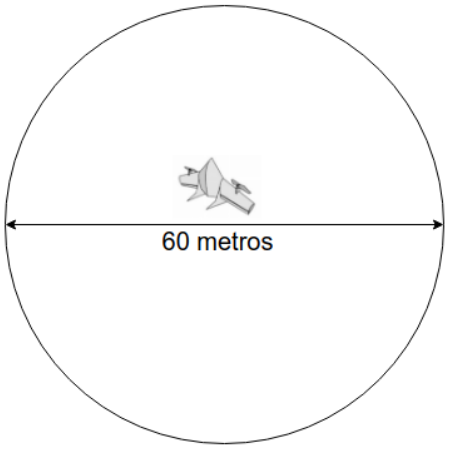


Figura 5. Representação da configuração da plataforma de pouso e decolagem da aeronave do projeto AEDES.

Pouso Horizontal

Diferente do pouso vertical, o pouso horizontal deve ocorrer em situações anormais, ou seja, parte do sistema não está em funcionamento pleno. É importante destacar que nesse cenário a capacidade de voo e navegabilidade da aeronave não estão comprometidas. Esse tipo de pouso pode ocorrer de forma autônoma, na qual a aeronave executa a aproximação e pousa sem intervenção do piloto, ou pode ser remotamente pilotada, na qual todas as ações são comandadas pelo piloto a partir da estação de controle. Serão alocadas regiões de pouso por todo o campus da UFRN e, previamente, cadastradas no sistema de navegação autônoma da aeronave.

Como o VANT é do tipo VTOL e, por natureza, não faz uso de pistas para pouso e decolagem, foi necessário projetar um sistema de *skid* para reduzir o contato da aeronave com o solo, além de proteger os itens embarcados. As Figuras 6 e 7 ilustram a posição dos *skids*. Eles estão posicionados abaixo dos motores e têm formato triangular. Além disso, tem sua estrutura reforçada para garantir a capacidade de absorção do impacto.

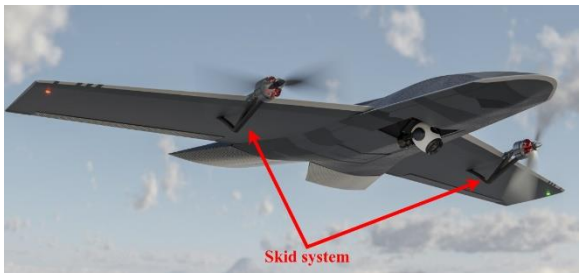


Figura 6. Sistema de Skid projetado para suportar pouso de barriga (horizontal) em caso de emergência. Perspectiva 1.

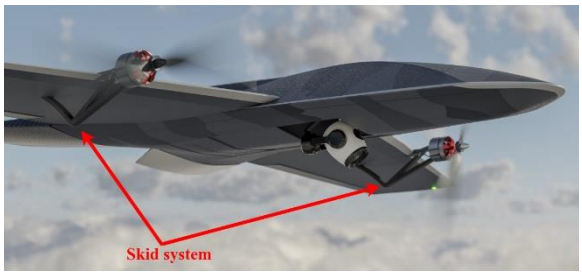


Figura 7. Sistema de Skid projetado para suportar pouso de barriga (horizontal) em caso de emergência. Perspectiva 2(vista mais aproximada da aeronave).

Paraquedas

Conforme descrito anteriormente, o sistema de recuperação de paraquedas será utilizado em situações anormais catastróficas, ou seja, o sistema de navegação autônomo e o piloto não tem qualquer controle sobre a aeronave. Um exemplo de situação catastrófica é o choque com uma ave. Isso fará com que a aeronave perca o controle, provavelmente, entrará em "parafuso" e cairá. Logo, com o sistema de acionamento do paraquedas, ocorrerá uma redução drástica na velocidade horizontal e vertical da aeronave, graças ao arrasto gerado paraquedas, permitindo assim um menor comprometimento físico da integridade da aeronave ao tocar o solo.

Além disso, outro objetivo é a preservação de vidas humanas, visto que não será possível selecionar o local da queda. Então, com a redução da velocidade, um ser humano é capaz de esquivar-se do VANT, ou no pior caso, o choque não terá um alto impacto, preservando assim a integridade de terceiros. Também será inserido um sistema de alarme sonoro e a utilização de cores vibrantes para destacar o paraquedas e facilitar a identificação no ar.

A proposta inicial para utilização de um paraquedas na aeronave projetar uma solução exclusiva para a aeronave do projeto AEDES, não utilizando um paraquedas convencional. Para tal, a fuselagem que compõe o bico até a raiz da asa serão utilizadas como braços mecânicos para compor a estrutura rígida do paraquedas.

Essa estrutura rígida deve deslocar-se lateralmente até um determinado ângulo para compor a estrutura do paraquedas, semelhante a um guarda-chuva. Estima-

se a utilização de duas ou quatro partes para construção dessa estrutura, conforme Figuras 8 e 9.

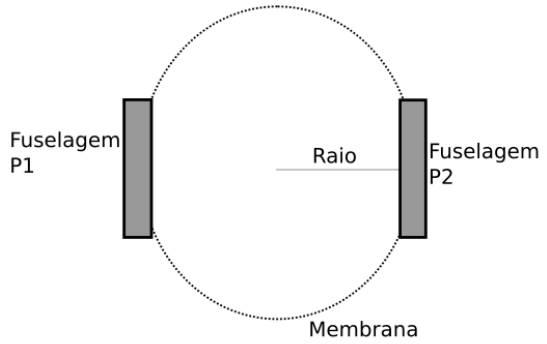


Figura 8. Estrutura com duas partes da fuselagem.

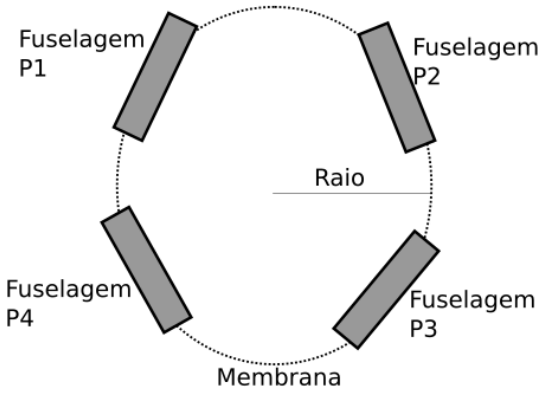


Figura 9. Estrutura com quatro partes da fuselagem.

As partes P1 e P2, da Figura 8, e P1, P2, P3 e P4, da Figura 9, são conectadas por uma membrana resistente e de baixa porosidade, para permitir o processo de inflar do paraquedas. O próprio movimento da aeronave será responsável por permitir que o fluxo de ar infle o sistema e, após estabilizado, inicie o processo de descida.

Resultados Numéricos

Nessa etapa foram feitas algumas definições numéricas para realização dos cálculos preliminares para encontrar o tamanho do raio mínimo e, consequentemente, o ângulo de abertura (deslocamento lateral) da fuselagem. As restrições físicas da própria aeronave já foram consideradas.

A Figura 10 ilustra uma perspectiva lateral da abertura do paraquedas, observa-se que sua área é semelhante a um cone. Também são detalhados alguns valores numéricos que impõe restrições ao tamanho final do sistema. Para efeito de modelagem, a área do *canopy* do paraquedas foi considerada uma circunferência. A massa da aeronave é de 4kg, a densidade do ar 1,23 kg/m^{3}e o coeficiente de arrasto 1,75.

Por fim, a Tabela 3 apresenta as avaliações numéricas preliminares para avaliar o tamanho do raio e o ângulo de abertura. A representação gráfica desses resultados é feita na Figura 11.

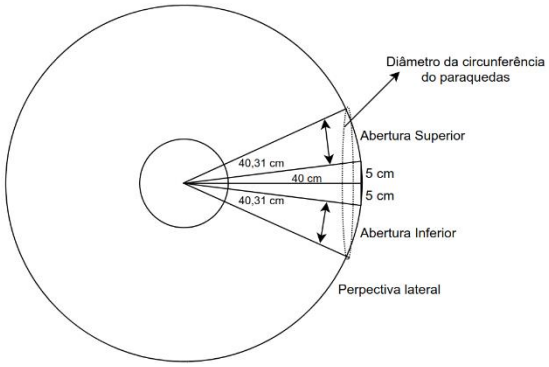


Figura 10. Perspectiva lateral do sistema de paraquedas aberto.

Tabela 1. Resultados preliminares

Velocidade Final (m/s)	Área (m2)	Diâmetro (m)	Raio (m)	Abertura (graus)
1	37,318	6,893	3,447	Impossível
2	9,329	3,447	1,723	Impossível
3	4,146	2,298	1,149	Impossível
4	2,332	1,723	0,862	Impossível
5	1,493	1,379	0,689	Impossível
6	1,037	1,149	0,574	Impossível
7	0,762	0,985	0,492	Impossível
8	0,583	0,862	0,431	Impossível
9	0,461	0,766	0,383	73,21008656
10	0,373	0,689	0,345	59,50047052
11	0,308	0,627	0,313	51,56400017
12	0,259	0,574	0,287	45,89188892
13	0,221	0,530	0,265	41,51337525
14	0,190	0,492	0,246	37,9847982
15	0,166	0,460	0,230	35,05917987
16	0,146	0,431	0,215	32,58300201
17	0,129	0,405	0,203	30,45378034
18	0,115	0,383	0,191	28,59956437
19	0,103	0,363	0,181	26,96789897
20	0,093	0,345	0,172	25,51939887

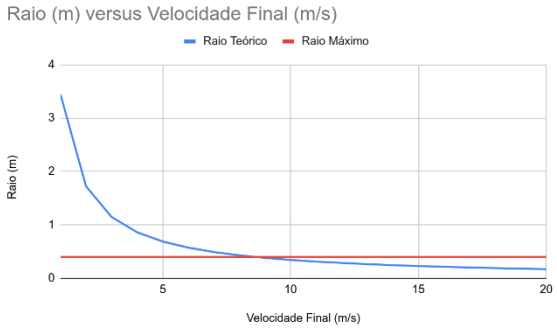


Figura 10. Relação raio e velocidade final de queda.

A partir dos resultados preliminares, é possível perceber que a velocidade mínima possível para quedas a partir do sistema de paraquedas modelado é de 9m/s., sendo necessário uma abertura da estrutura rígida da fuselagem de, aproximadamente, 73 graus.

CONCLUSÃO

A definição do sistema de recovery da aeronave do projeto AEDES é fundamental para a operação do projeto. Para tal, foi feito um estudo das alternativas disponíveis na literatura com intuito de selecionar as melhores opções conforme o local onde serão realizadas as missões da aeronave.

Dessa forma, a escolha pelo pouso e decolagem vertical permitiu uma plataforma de recuperação de diâmetro de 60 metros, dispensando a construção de uma pista ou qualquer outro mecanismo para decolar e pousar, simplificando a infraestrutura e os custos.

A utilização do sistema de *skid* para pouso horizontal em situações anormais não catastróficas em regiões de escape previamente selecionadas não inseriu custos adicionais, contudo, será necessário um sistema de *skid* capaz de suportar forte impacto, além de um estudo de viabilidade para posicionar os dispositivos embarcados de maneira a colaborar com esse mecanismo e reduzir o risco de danificá-los.

A opção pelo projeto e construção de um paraquedas utilizando a própria fuselagem da aeronave insere inovação e tecnologia ao projeto AEDES.

Por fim, os resultados numéricos preliminares mostraram que a utilização desse modelo de paraquedas é satisfatório e será possível alcançar velocidades de quedas próximas de 9m/s, reduzindo as chances de violar a integridade física da comunidade acadêmica e da própria aeronave.

Para os próximos passos da pesquisa, será feita uma modelagem detalhada do sistema de paraquedas e cálculos mais refinados. Além disso, espera-se apresentar imagens mais detalhadas do paraquedas e do mecanismo de acionamento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação Norte-Rio-Grandense de Pesquisa e Cultura (FUNPEC) pelo apoio financeiro para desenvolvimento dessa pesquisa, além da Universidade Federal do Rio Grande do Norte e o Instituto Metrópole Digital.

REFERÊNCIAS

CARDOSO, Fernanda; BOMTEMPO, José Vitor; BORSCHIVER, Suzana. Elaboração de roadmap tecnológico para a produção de biogás a partir de vinhaça. Cadernos de Prospecção, v. 10, n. 3, p. 495, 2017.EISENMAN, Bonnie. Learning react native: Building native mobile apps with JavaScript. " O'Reilly Media, Inc.", 2015.

HOBBS, Alan; LYALL, Beth. Human factors guidelines for unmanned aircraft system ground control stations. NASA, September, 2015.

GUNDLACH, Jay. Designing unmanned aircraft systems: a comprehensive approach. American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2012.

KNACKE, Theo W. Parachute recovery systems design manual. Naval Weapons Center China Lake CA, 1991.

PANTA, Ashim; WATKINS, Simon; CLOTHIER, Reece. Dynamics of a small unmanned aircraft parachute system. Journal of Aerospace Technology and Management, v. 10, 2018.

ANTAS, Luiz Mendes. Glossário de termos técnicos. São Paulo: Traço, 1979. 756 p. (Coleção Aeroespacial; t. 1.)

KIM, H. Jin et al. Fully autonomous vision-based net-recovery landing system for a fixed-wing UAV. IEEE/ASME Transactions On Mechatronics, v. 18, n. 4, p. 1320-1333, 2013.

SKULSTAD, Robert et al. Net recovery of UAV with single-frequency RTK GPS. In: 2015 IEEE Aerospace Conference. IEEE, 2015. p. 1-10.

YOU, Dong Il et al. A guidance and control law design for precision automatic take-off and landing of fixed-wing UAVs. In: AIAA guidance, navigation, and control conference. 2012. p. 4674.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. CNS/ATM Glossário. Disponível em: . Acesso em: 23 mar. 2021.

WALTER, Sibylle; STARKEY, Ryan. GOJETT: A Supersonic Unmanned Aerial Flight System. In: 50th AIAA Aerospace Sciences Meeting including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition. 2012. p. 22.