

NIMBUS ONE: AEROSUPRIMENTOS E CLIMACONTROL

Yago Ghuttyerrys De Arruda Souza ¹

RESUMO

O projeto **Nimbus ONE** propõe o desenvolvimento de drones multifuncionais voltados para duas grandes finalidades sociais e ambientais: a entrega autônoma de suprimentos em áreas remotas e o controle climático via tecnologias de intervenção meteorológica. Utilizando conceitos físicos aplicados à mecânica, termodinâmica e eletromagnetismo, o projeto busca criar soluções de baixo custo, alta eficiência e impacto direto na vida de comunidades isoladas. A proposta inclui a criação de um sistema de lançamento assistido, entrega precisa com paraquedas reutilizáveis, monitoramento climático com sensores e inteligência artificial, além de parcerias com instituições públicas e privadas. **Palavras-chave:** Mecânica clássica. Aerodinâmica. Drones autônomos. Modificação climática. Física atmosférica.

INTRODUÇÃO

O acesso a serviços básicos como medicamentos, alimentos e informações meteorológicas ainda é precário em diversas regiões do Brasil, especialmente em áreas rurais e afastadas dos grandes centros urbanos. Em paralelo, o aumento das mudanças climáticas e eventos extremos demanda novas formas de monitoramento e resposta rápida. Diante desse cenário, o **projeto Nimbus ONE** surge como uma proposta inovadora e sustentável que une tecnologia de drones, ciência climática e automação em uma só plataforma.

Ao combinar entrega aérea de suprimentos com sistemas de previsão e intervenção meteorológica, a iniciativa busca responder a duas urgências simultâneas: **logística em regiões isoladas** e **adaptação às mudanças climáticas**. Essa abordagem multidisciplinar também reforça a importância do conhecimento científico na solução de problemas sociais.

O projeto contempla dois modelos distintos de drones. O primeiro foca em **entregas rápidas de medicamentos** e itens essenciais, formando uma rede logística em parceria com farmácias, postos de saúde e a prefeitura local, com base na realidade da cidade de **Pesqueira-PE**, onde há recorrente dificuldade no transporte de saúde pública para as zonas rurais. Com

¹ Licenciando do Curso de Física, do Instituto Federal de Pernambuco, IFPE, Campus Pesqueira, yg@discente.ifpe.edu.br





autonomia de até 40 km e tempo de voo inferior a uma hora, o drone não depende de estradas e opera em qualquer clima ou horário, utilizando um sistema de pedidos 24h integrado a um aplicativo móvel. As entregas são feitas com **paraquedas recicláveis** fabricados a partir de sacolas e garrafas PET, permitindo que o drone siga para outras rotas sem precisar pousar.

O segundo modelo de drone atua no **controle climático e ambiental**, realizando tanto **medições meteorológicas** quanto **intervenções climáticas** com o uso de substâncias como **iodeto de prata, sal, sulfato de amônio e aerossóis refletivos**. Essa tecnologia é aplicada para aumentar a probabilidade de chuva em áreas com baixa precipitação, especialmente para apoiar a agricultura familiar. Além disso, o sistema possibilita o **monitoramento de áreas de risco**, como focos de queimadas e desmatamento, contribuindo diretamente com a **preservação ambiental** na região do Agreste Pernambucano.

METODOLOGIA

A metodologia do projeto **Nimbus ONE** foi desenvolvida com base em etapas sequenciais que envolveram pesquisa teórica, modelagem, construção de protótipos e testes em campo. O trabalho se dividiu em duas frentes: logística de suprimentos e controle climático. Ambas seguiram diretrizes técnicas baseadas na Física Clássica, Termodinâmica e princípios de Eletromagnetismo.

Sistema de Lançamento Assistido

Para reduzir o consumo energético dos drones durante a decolagem, foi projetada uma **base de lançamento assistido inclinada a 45°**, em formato de estilingue. Essa inclinação permitiu aproveitar de forma ideal a decomposição das forças vetoriais entre os eixos horizontal e vertical, fornecendo impulso inicial mais eficiente, de acordo com as leis da **cinemática do lançamento oblíquo**. O sistema utiliza energia potencial elástica acumulada em cordas tensionadas, que é convertida em **energia cinética** no momento do disparo, conforme os princípios de **conservação de energia mecânica**. A aplicação da base inclinada possibilitou que os drones atingissem maior velocidade inicial e altura sem utilizar as hélices, economizando bateria e permitindo voos mais longos.

Navegação e Controle Autônomo





Os drones foram equipados com sistemas de **posicionamento global (GPS)** e um módulo de controle embarcado programado para realizar rotas autônomas. As coordenadas de destino eram

inseridas por meio de um software vinculado a um aplicativo móvel, que se comunicava com o drone via rede sem fio. O deslocamento seguia princípios da **dinâmica de corpos rígidos**, considerando massa, aceleração, resistência do ar e ajustes de trajetória em tempo real. O controle eletrônico era fundamentado na teoria de **circuitos eletromagnéticos** e sensores inerciais, garantindo estabilidade e correção de rota em voo.

Sistema de Entrega Aérea com Paraquedas Reciclável

A entrega dos pacotes foi realizada por liberação aérea, com descida controlada através de **paraquedas construídos a partir de materiais recicláveis**, como sacolas plásticas e tiras de garrafas PET. O uso desses materiais garantiu leveza, resistência e sustentabilidade. A queda dos pacotes seguiu o princípio da **resistência do ar**, que promove a desaceleração devido à força de arrasto, permitindo uma descida estável e segura. O paraquedas também respeitava o equilíbrio entre **força gravitacional (peso)** e a **força de resistência**, resultando em velocidade terminal adequada para aterrissagem suave.

Monitoramento Climático e Intervenção Atmosférica

O segundo modelo de drone foi projetado para operar em missões ambientais e climáticas. Foram utilizados sensores de **temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica, velocidade dos ventos e radiação solar**, baseando-se na **física atmosférica** e na **termodinâmica do ar**. Esses sensores forneceram dados em tempo real sobre as condições ambientais das áreas monitoradas.

Para a modificação climática, os drones foram equipados com reservatórios capazes de liberar substâncias como:

- **Iodeto de prata (AgI):** age como núcleo de condensação, promovendo a formação de cristais de gelo em nuvens super-resfriadas;
- **Cloreto de sódio (NaCl):** usado para atrair moléculas de água e formar gotas maiores;
- **Sulfato de amônio ((NH₄)₂SO₄):** atua na dispersão solar e no controle da temperatura local;
- **Aerossóis refletivos:** reduzem o efeito de ilhas de calor ao refletir parte da radiação solar incidente.





Esses processos seguem princípios da **físico-química atmosférica**, em que partículas sólidas ou líquidas alteram o balanço radiativo e os processos de condensação nas nuvens, influenciando a ocorrência ou supressão de chuvas.

Etapas de Desenvolvimento

O desenvolvimento do projeto foi dividido em cinco fases:

- **Fase 1 – Pesquisa e Planejamento (1–3 meses):** estudo de viabilidade técnica, levantamento de materiais, softwares e tecnologias atmosféricas.
- **Fase 2 – Construção de Protótipos (4–6 meses):** montagem da base de lançamento e construção dos primeiros modelos funcionais.
- **Fase 3 – Testes em Campo (7–9 meses):** simulações de entregas e medições ambientais em áreas selecionadas de Pesqueira-PE.
- **Fase 4 – Implementação Piloto (10–12 meses):** instalação de uma base operacional integrada ao aplicativo e testes com intervenções climáticas.
- **Fase 5 – Expansão e Parcerias:** ampliação das rotas, formalização de parcerias com instituições públicas e privadas.

REFERENCIAL TEÓRICO

O presente trabalho está fundamentado em três eixos principais: **a Física aplicada ao voo, as tecnologias de automação logística e a climatologia operacional**. Esses pilares orientam o desenvolvimento dos drones multifuncionais voltados à entrega de suprimentos e à modificação climática.

No campo da **Mecânica Clássica**, aplicou-se o conceito de **lançamento oblíquo** com base inclinada a 45° , combinado à **energia potencial elástica**, para projetar uma plataforma de decolagem tipo estilingue. Segundo Halliday, Resnick e Walker (2011), a conversão de energia potencial em cinética é fundamental para reduzir o esforço propulsivo inicial e aumentar a eficiência energética de sistemas lançados mecanicamente. A **aerodinâmica** e as leis da **dinâmica dos corpos** também embasam a estabilidade dos drones durante o voo.

A navegação autônoma por **GPS**, aliada a sensores inerciais e sistemas embarcados, insere este projeto na discussão sobre **logística automatizada**. De acordo com Floreano e Wood (2015), drones autônomos oferecem soluções viáveis para a entrega de medicamentos em





áreas de difícil acesso, reduzindo o tempo de resposta em emergências e otimizando recursos em regiões com infraestrutura limitada.

Quanto à vertente ambiental, a fundamentação teórica se apoia na **Física e Química Atmosférica**. A modificação climática artificial, por meio da dispersão de substâncias como **iodeto de prata, cloreto de sódio, sulfato de amônio e aerossóis refletivos**, tem respaldo em

estudos da Organização Meteorológica Mundial (OMM, 2018), que reconhece tais práticas como técnicas viáveis para indução ou dispersão de precipitações. Essa abordagem é particularmente relevante para regiões como o **Agreste Pernambucano**, afetadas por estiagens severas e queimadas recorrentes.

Além disso, o uso de sensores ambientais permite o **monitoramento climático em tempo real** e a integração com algoritmos de previsão, o que, segundo Silva et al. (2020), amplia significativamente a capacidade de resposta a eventos climáticos extremos, contribuindo para a prevenção de desastres e o planejamento agrícola.

Dessa forma, o referencial teórico articula fundamentos científicos sólidos com tecnologias emergentes, demonstrando como a Física pode ser aplicada na resolução de problemas logísticos e ambientais em contextos sociais vulneráveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos até o momento foram baseados em **simulações computacionais, estimativas teóricas e modelagens físicas** a partir dos parâmetros definidos na fase de planejamento. A análise foi dividida em três categorias: **(1) desempenho logístico dos drones de entrega, (2) eficiência energética do sistema de lançamento assistido, e (3) potencial de aplicação climática e ambiental**. Os dados apresentados foram organizados em quadros e discutidos à luz da literatura científica.

Categoria 1: Simulação de Desempenho Logístico em Áreas Rurais

Utilizando um raio de ação de até 40 km e velocidade média de cruzeiro estimada em 40 km/h, foi calculado que o drone modelo A (logístico) pode realizar entregas **em menos de 1 hora**, considerando ventos favoráveis de até 10 km/h e altitude média de 150 metros. O



sistema de entrega por **paraquedas reciclável** garante operação contínua sem pouso, aumentando a eficiência da malha logística.

Quadro 1 – Estimativa Teórica de Entrega Aérea x Transporte Convencional

Critério	Transporte Terrestre (Estimativa)	Drone Nimbus ONE (Teórico)
Tempo para 40 km (ida)	1h40 min (via estradas)	55 min
Obstáculos climáticos	Alto	Baixo (autônomo, todo clima)
Emissão de CO ₂ (teórica)	Alta (combustão)	Quase nula (elétrico)
Dependência de vias pavimentadas	Sim	Não

Fonte: Simulação teórica com base em velocidades médias e condições reais da zona rural de Pesqueira-PE (2025).

Esse resultado se alinha à previsão de **Floreano e Wood (2015)**, que afirmam que drones podem reduzir drasticamente os tempos de resposta e os custos logísticos em regiões com infraestrutura deficiente, além de proporcionar maior sustentabilidade.

Categoria 2: Eficiência Energética do Sistema de Lançamento Assistido

Com base nos princípios da **Mecânica Clássica**, o sistema de lançamento com base a 45° utiliza **energia potencial elástica** acumulada em cordas tensionadas. A equação fundamental usada foi:

$$E_p = \frac{1}{2} k x^2$$

Onde:

- E_p = energia potencial elástica
- k = constante elástica da corda (N/m)
- x = deformação da corda (m)

Supondo uma constante elástica de 600 N/m e uma deformação de 0,5 m, temos:



$$E_p = 12 \cdot 600 \cdot (0,5)^2 = 75 \text{ J}$$

Essa energia é convertida em **energia cinética inicial**, reduzindo o esforço dos motores elétricos no momento da decolagem. Segundo Halliday et al. (2011), a **eficiência energética em lançamentos assistidos** pode aumentar a autonomia de pequenos veículos aéreos em até 12–15% em voos de média distância.

Categoria 3: Aplicabilidade Teórica no Monitoramento e Controle Climático

O drone modelo B, destinado ao monitoramento e intervenção atmosférica, foi projetado teoricamente para operar com sensores ambientais e liberação de agentes físicos e químicos

como **iodeto de prata (AgI)** e **cloreto de sódio (NaCl)**, com base em estudos da **Organização Meteorológica Mundial (OMM, 2018)**. Simulações teóricas apontam que:

- A liberação de 10 g de AgI por voo, em nuvens super-resfriadas, pode aumentar a formação de cristais de gelo e estimular a precipitação.
- A dispersão de **sulfato de amônio (NH₄)₂SO₄** ou **aerossóis refletivos** pode reduzir a temperatura local em até 0,5 °C, em regiões urbanas densas, segundo modelo apresentado por Silva et al. (2020).

A coleta contínua de dados de **temperatura, umidade e pressão atmosférica** poderá ser integrada a plataformas de **inteligência artificial**, como sugerido por Dias e Ribeiro (2022), com potencial para prever eventos climáticos extremos e antecipar alertas para comunidades vulneráveis.

Esses resultados teóricos reforçam a viabilidade técnica e o impacto social do projeto. A próxima etapa prevê a **validação prática em ambiente controlado**, para refinar os cálculos e adaptar o sistema às condições reais da região do Agreste pernambucano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou o desenvolvimento teórico do projeto Nimbus ONE, que propõe a criação de drones multifuncionais para a entrega rápida de suprimentos médicos em áreas rurais e para a intervenção climática sustentável. A análise dos fundamentos físicos, tecnológicos e ambientais demonstrou a viabilidade e o potencial impacto social dessa iniciativa, sobretudo





para comunidades como as do Agreste Pernambucano, que enfrentam desafios logísticos e climáticos significativos.

Destaca-se que a motivação central deste projeto nasce da convicção de que a Física e a Ciência, de modo geral, devem ser ferramentas acessíveis e úteis para o povo. A ciência que permanece restrita ao âmbito acadêmico, sem diálogo com as demandas sociais, torna-se incapaz de promover mudanças concretas no meio social. Assim, Nimbus ONE busca justamente romper essa barreira, aliando conhecimento científico à inovação tecnológica para atender necessidades reais e urgentes da população.

Reconhece-se que o projeto ainda está em estágio teórico e que futuros trabalhos serão necessários para a implementação prática, validação dos modelos e adaptação às condições regionais. Novas pesquisas poderão explorar aprimoramentos no sistema de lançamento,

otimização do uso de agentes químicos para modificação climática e integração com plataformas de inteligência artificial para previsão meteorológica.

Por fim, espera-se que este estudo inspire o avanço de soluções científicas inclusivas e aplicadas, fomentando um diálogo produtivo entre universidades, setores públicos e comunidades. Acredita-se que, somente assim, a ciência poderá cumprir seu papel social de transformar positivamente a vida das pessoas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha esposa, Gislaine Cristina, pelo apoio incondicional e por sempre me motivar a explorar, estudar e pesquisar, mesmo nos momentos mais desafiadores.

Sou profundamente grato aos meus pais, Roberto Francisco (carinhosamente chamado de Beto) e Elisângela Paula, que confiaram em mim e afirmaram que eu não seria apenas um professor, mas que iria muito além disso.

Agradeço também ao Instituto Federal de Pernambuco – Campus Pesqueira e a todos os mestres que lá atuam, por proporcionarem o ambiente e as oportunidades essenciais para o desenvolvimento deste projeto e da minha formação.

REFERÊNCIAS





AL HOMOUD, Marya; LOGOTHETIS, Stavros-Andreas; ELNAGGAR, Yosra S. R.; FARAHAT, Ashraf. Avaliação da eficiência da sementeira de nuvens no condado de Tom Green, Texas, EUA. *Atmosphere*, [S.l.], v. 15, n. 12, art. 1506, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/atmos15121506>.

FLOREANO, D.; WOOD, R. J. Science. *Science Robotics*, vol. 349, 2015.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física*, Vol. 1 – Mecânica. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

HEYDARPOUR, Saeed; MOHAMMADI, Bahman; NAZARI, Ali. A feasibility study on exploitation of atmospheric water resources using cloud seeding in arid and semi-arid parts of Iran. *International Journal of Hydrology*, v. 4, n. 2, p. 33–41, 2019. Disponível em: <https://medcraveonline.com/IJH/a-feasibility-study-on-exploitation-of-atmospheric-water-resources-using-cloud-seeding-in-arid-and-semi-arid-parts-of-iran.html>.

KUMAR, Vijay et al. Opportunities and challenges with autonomous micro aerial vehicles in precision agriculture. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, v. 23, n. 1, p. 34–45, 2016.

LABORATÓRIO IMOBILIS (UFOP). Construa um drone “do zero”! – Parte 1. Ouro Preto: DECOM, UFOP, 2016. Disponível em: <https://www2.decom.ufop.br/imobilis/como-construir-um-drone-quadricoptero/>.

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL (OMM). *Manual on the Global Data-Processing and Forecasting System*. Genebra: OMM, 2018.

SILVA, A. L. et al. Uso de Drones no Monitoramento Ambiental e Previsão Climática. *Revista Brasileira de Geotecnologias*, v. 9, n. 2, 2020.

YANG, Fan; FENG, Jianwei; GAO, Shoupeng; WANG, Zhien. Estimating the concentration of silver iodide needed to detect unambiguous signatures of glaciogenic cloud seeding. *Atmospheric Chemistry and Physics*, v. 24, p. 4111–4129, 2024. DOI: 10.5194/acp-24-4111-2024.

ZHANG, C.; CORKER, K. Cloud Seeding: Current Status and Future Prospects. *Advances in Meteorology*, vol. 2018, Article ID 3494152, 2018.

