

# Internet das Coisas e Redes Veiculares (TP-546)

Samuel Baraldi Mafra



## Drones



Uma breve história sobre Veículo aéreo não tripulado (VANT) do inglês Unmanned Aerial Vehicle:

- 1916: A primeira tentativa de UAV por A. M. Low
- Primeira Guerra Mundial: Avião Automático Hewitt-Sperry
- 1935: O primeiro veículo piloto remoto em escala foi desenvolvido
- Segunda Guerra Mundial: a Alemanha nazista produziu e usou vários UAVs
- 1959: A Força Aérea dos EUA começou a planejar o uso de UAV para reduzir a perda de pilotos
- 1964: Os UAVs foram usados pela primeira vez em missões de combate na Guerra do Vietnã
- Em 2012: o exército dos EUA empregou 7.494 UAVs

O Primeiro Ministro Winston Churchill e o Capitão David Margesson, Secretário de Estado da Guerra, observam os preparativos para o lançamento de um drone De Havilland Queen Bee L5984 de sua rampa.







Veículo aéreo não tripulado (VANT), também conhecido como aeronave remotamente pilotada (ARP) ou ainda drone, é todo e qualquer tipo de aeronave que pode ser controlada nos 3 eixos e que não necessite de pilotos embarcados para ser guiada.

Com base no tipo de plataforma aérea usada, existem 4 tipos principais de drones.

- Drones multi-rotor
- Drones de asa fixa
- Helicóptero de rotor único
- VTOL híbrido de asa fixa

## Drones multi-rotor

- Drones Multi Rotor são os tipos mais comuns de drones usados por profissionais e amadores. Eles são usados para as aplicações mais comuns, como fotografia aérea, vigilância por vídeo aérea, etc. De todos os 4 tipos de drones (com base na plataforma aérea), os drones com vários rotores são os mais fáceis de fabricar e também a opção mais barata disponível.
- Os drones com vários rotores podem ser classificados posteriormente com base no número de rotores na plataforma. Eles são Tricopter (3 rotores), Quadcopter (4 rotores), Hexacopter (6 rotores) e Octocopter (8 rotores). Destes, Quadcopters são a variante mais popular e amplamente utilizada.



- Embora fáceis de fabricar e relativamente baratos, os drones com vários rotores têm muitas desvantagens. Os mais proeminentes são o tempo de voo limitado, a resistência e a velocidade limitadas.
- Eles não são adequados para projetos de grande escala, como mapeamento aéreo de longa distância ou vigilância.
- O problema fundamental com os multicópteros é que eles precisam gastar uma grande parte de sua energia (possivelmente de uma fonte de bateria) apenas para lutar contra a gravidade e se estabilizar no ar. No momento, a maioria dos drones multirrotor que existem são capazes de apenas 20 a 30 minutos de voo (geralmente com uma carga mínima como uma câmera).

- Pilotar um quadricóptero não requer treinamento especial.
- Regulamentação especial.

## Drones de asa fixa

- Drones de asa fixa são totalmente diferentes em design e construídos para drones do tipo multi-rotor.
- Eles usam uma 'asa' como os aviões normais por aí. Ao contrário dos drones com vários rotores, os modelos de asa fixa nunca utilizam energia para se manter à tona no ar (os tipos de asa fixa não conseguem ficar parados no ar) lutando contra a gravidade.
- Em vez disso, eles avançam em seu curso definido ou conforme definido pelo controle de guia (possivelmente uma unidade remota operada por um humano) enquanto sua fonte de energia permitir.



- A maioria dos drones de asa fixa tem um tempo médio de vôo de algumas horas. Drones movidos a motor a gás podem voar até 16 horas ou mais.
- Devido ao seu maior tempo de vôo e eficiência de combustível, os drones de asa fixa são ideais para operações de longa distância (seja mapeamento ou vigilância).
- Mas eles não podem ser usados para fotografia aérea em que o drone precisa ser mantido parado no ar por um período de tempo.

- As outras desvantagens dos drones de asa fixa são os custos mais altos e o treinamento de habilidades necessários para voar. Não é fácil colocar um drone de asa fixa no ar. Você precisa de uma 'pista' ou um lançador de catapulta para definir um drone de asa fixa em seu curso no ar. Uma pista ou um pára-quedas ou uma rede são novamente necessários para pousá-los de volta ao solo com segurança.

## Drones de rotor único

- Os drones de rotor único parecem muito semelhantes em design e estrutura aos helicópteros reais. Ao contrário de um drone com vários rotores, um modelo de rotor único tem apenas um rotor grande e um pequeno na cauda do drone para controlar sua direção.
- Os drones de rotor único são mais eficientes do que as versões com vários rotores.
- Eles têm tempos de vôo maiores e podem até mesmo ser movidos por motores a gás. Na aerodinâmica, quanto menor a contagem de rotores, menor será o giro do objeto.
- E essa é a grande razão pela qual os quadricópteros são mais estáveis do que os octocópteros. Nesse sentido, os drones de rotor único são muito mais eficientes do que os drones de vários rotores.



- No entanto, essas máquinas apresentam uma complexidade e riscos operacionais muito maiores. Seus custos também estão do lado mais alto. As pás do rotor de grande porte costumam representar um risco (lesões fatais foram registradas em acidentes com helicóptero rc) se o drone for manuseado incorretamente ou envolver um acidente.
- Os drones com vários rotores, muitas vezes devido às suas pequenas pás do rotor, nunca se envolveram em acidentes fatais (embora seja provável uma cicatriz no corpo humano).
- Eles também exigem treinamento especial para colocá-los no ar adequadamente (embora possam não precisar de uma pista ou de um lançador de catapulta para colocá-los no ar).

## Vertical Take-Off and Landing (VTOL) híbrido

- Essas são versões híbridas que combinam os benefícios dos modelos de asa fixa (maior tempo de vôo) com os de modelos baseados em rotor (hover).
- Este conceito foi testado por volta de 1960 sem muito sucesso.
- No entanto, com o advento da nova geração de sensores (giroscópios e acelerômetros), esse conceito ganhou uma nova vida e direção.



- Os VTOLs híbridos são um jogo de automação e deslizamento manual. Um levantamento vertical é usado para levantar o drone no ar a partir do solo.
- Giroscópios e acelerômetros funcionam em modo automatizado (conceito de piloto automático) para manter o drone estabilizado no ar. O controle manual remoto (ou mesmo programado) é usado para guiar o drone no curso desejado.

## Aplicações

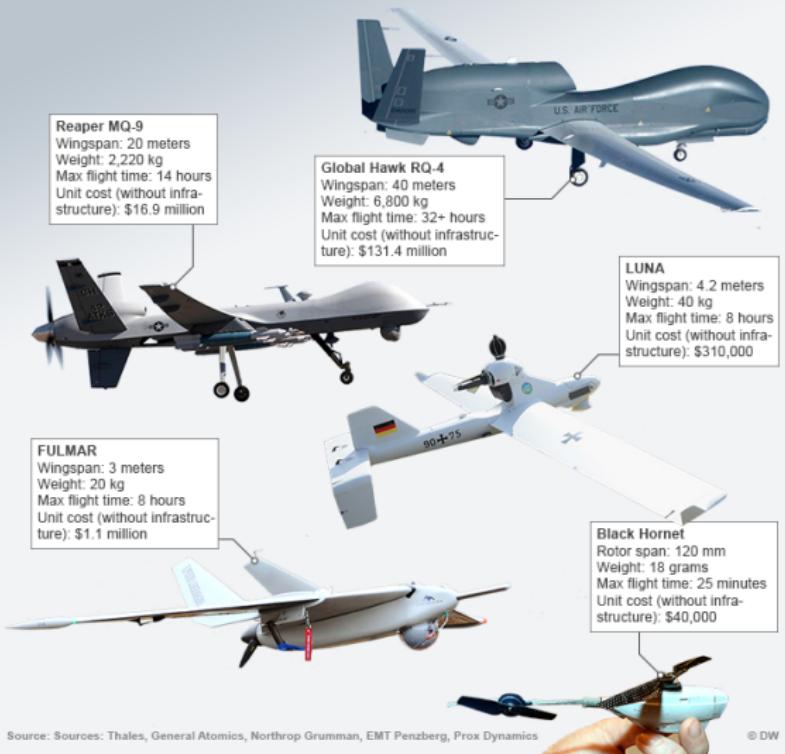
- Usos militares: reconhecimento, ataques armados, treinamento.
- Usos civis: entrega de carga, operação policial, linha de força e gasoduto inspeção, agricultura, busca e salvamento, comunicações.

Usos militares:



- Drones autônomos podem permitir que os operadores militares concentrem seus próprios esforços em ações mais urgentes que envolvam suas habilidades. Como exemplo, drones autônomos podem ser usados para monitorar o território que um esquadrão de soldados acabou de limpar em combate, garantindo que os reforços inimigos não planejem pegá-los de surpresa.
- Pode haver muitos benefícios para drones autônomos no campo de batalha e esses benefícios, se aproveitados corretamente, podem salvar a vida de operadores e recursos humanos de um militar.
- drones e inteligência artificial.

## Guide to Military Drones



- Nano drones
- Reconhecimento do território provendo informações para as tropas se movimentarem e planejarem suas ações.
- O nano drone pesa quase 33 gramas, sendo extremamente leve, tem o comprimento de 168mm, o tamanho pequeno é ideal para descrição além de quase não fazer barulho quando em funcionamento.
- Possui tempo de voo de até 25 minutos, alcance de 2km e suporta até 15 nós de rajada de vento.



Introducing the FLIR Black Hornet 3

[https://youtu.be/rm\\_xMuo20ng](https://youtu.be/rm_xMuo20ng)

## Uso de drones para resgate de pessoas

- o trabalho das agências de buscas e resgate tem sido facilitado e tornado mais eficiente pelo uso de drones, que têm ajudado a salvar vidas.
- Em locais onde existem trilhas sinuosas e terrenos acidentados.
- Praias.

Drones ajudam bombeiros a salvar vidas no Rio de Janeiro

<https://youtu.be/q8o20lokzNI>

First drone delivery of vaccines on the island nation of Vanuatu —  
UNICEF

[https://youtu.be/jdvbcv6\\_TcE](https://youtu.be/jdvbcv6_TcE)

DHL Medical Delivery Drone Tanzania - Wingcopter - Parcel  
Copter 4

<https://youtu.be/1FC12zhiTdY>

## Serviços de entrega

How Rwanda Built A Drone Delivery Service

<https://youtu.be/jEbRVNxL44c>

## Comunicação com drones

- As redes de comunicação de veículos aéreos não tripulados (UAVCN) são compostas por uma coleção de veículos aéreos não tripulados (UAVs) para construir uma rede que pode ser usada para muitas aplicações.

- Estações-base aéreas montadas em UAV possuem links de linha de visão (LoS) mais fortes com os usuários terrestres devido à sua alta altitude, bem como alta e flexibilidade de mobilidade no espaço tridimensional (3D), que pode ser explorada para melhorar a comunicação desempenho

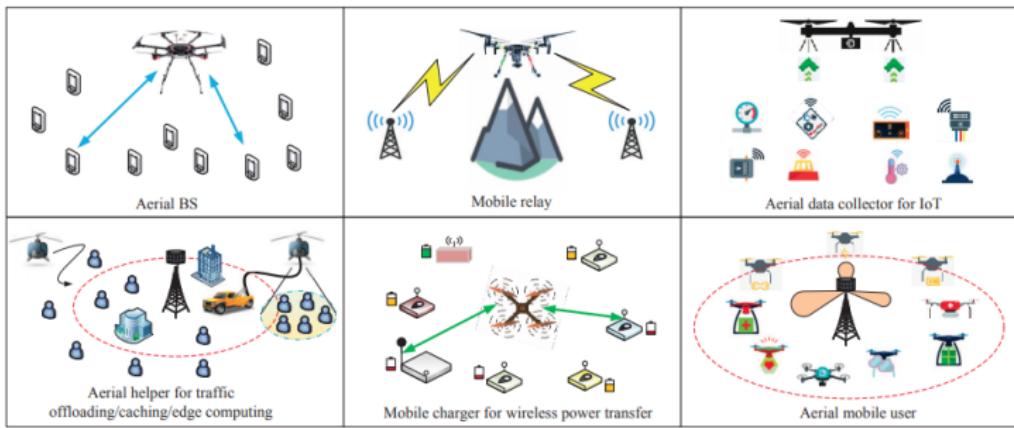
- Ao contrário de estações base terrestres que têm fornecimento de energia confiável, estações base aéreas na prática têm energia a bordo limitada, mas requerem energia de propulsão significativa para permanecer no ar e suportar alta mobilidade

- UAVs em muitas aplicações civis, como entrega de carga e vigilância por vídeo aérea, podem se tornar novos usuários aéreos na rede celular, que precisam ter comunicações bidirecionais de alto desempenho com as estações base terrestres para receber sinais de controle e carregar dados em tempo real

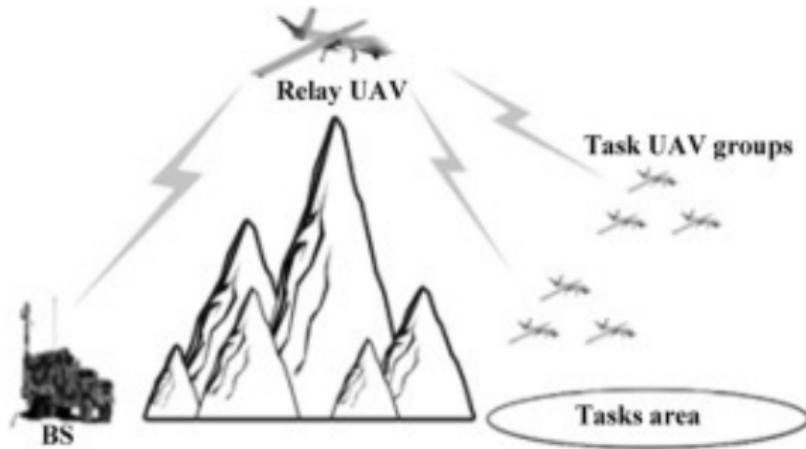
## Vantagens

- Implantação sob demanda, resposta rápida;
- Baixo custo;
- Mais flexível na reconfiguração e movimento;
- Comunicação de linha de visão de curta distância (LoS).

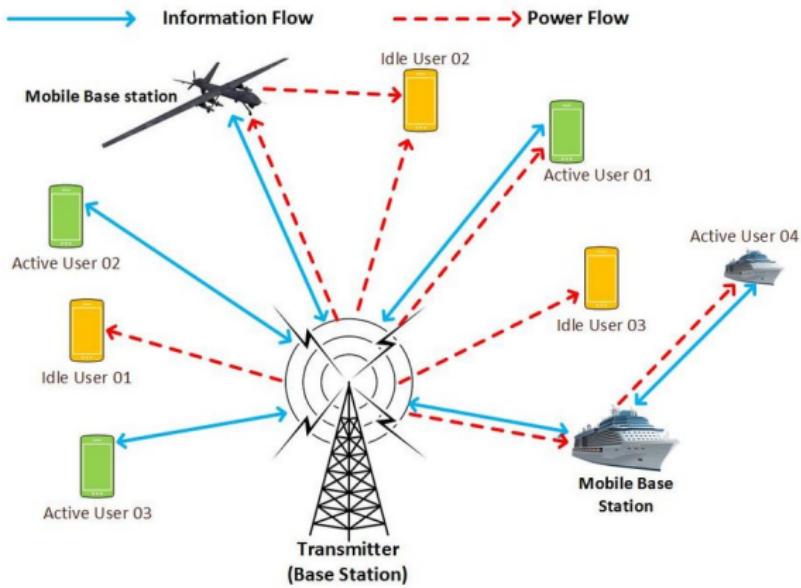
## Aplicações

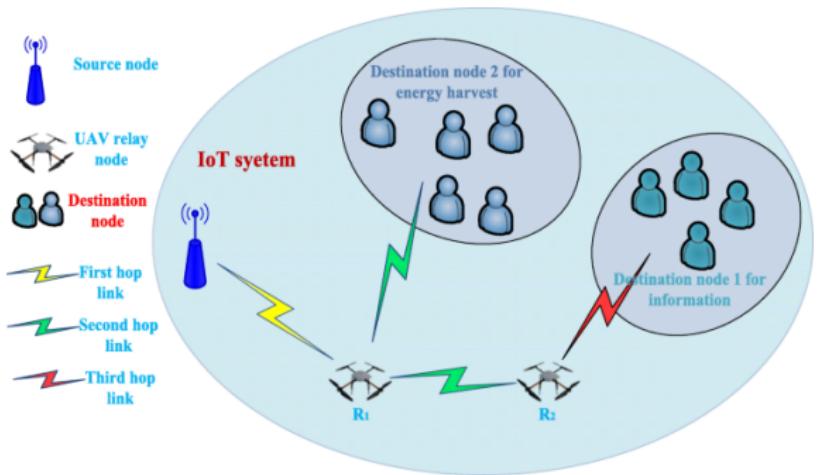


Conectando grupos de usuários sem linha de visada

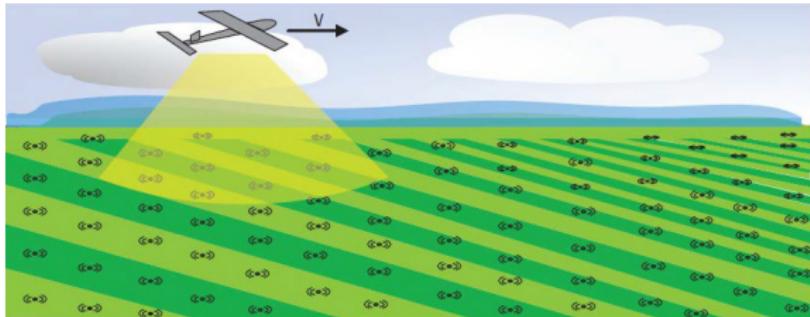


## Captação de energia e comunicação

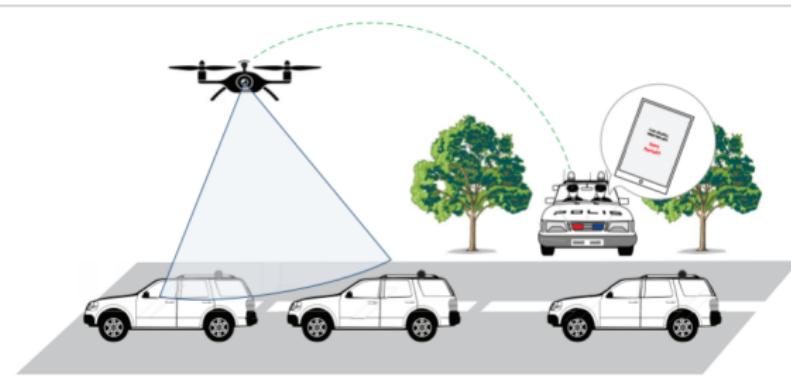




## Coleta e dissimilação de informações em redes de sensores sem fio

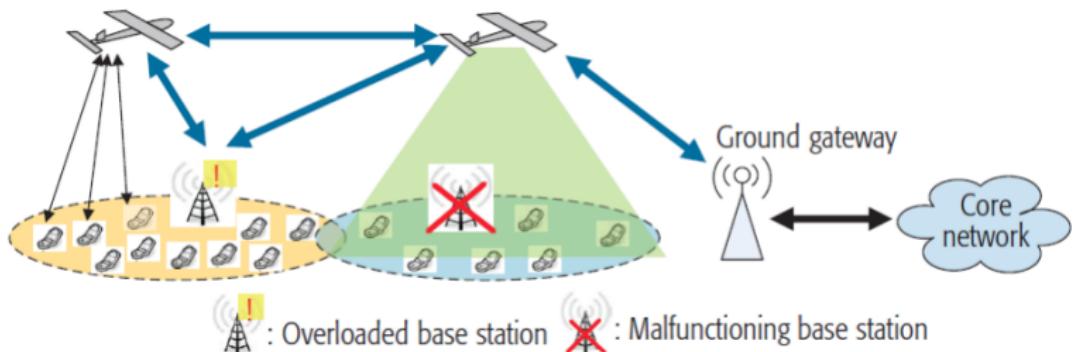


## Monitoramento de veículos



H. Menouar, et. al, UAV-Enabled Intelligent Transportation Systems for the Smart City: Applications and Challenges, IEEE Commun. Mag., Mar. 2017

- recuperação rápida de serviço após falha de infraestrutura
- descarregamento da estação base no ponto de acesso

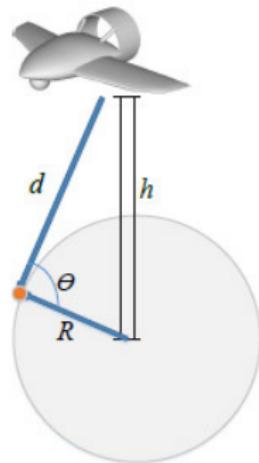


## Desafios

- Link de controle crucial e comunicação sem carga útil (CNPC)
  - Suporte a funções críticas de segurança:
    - Comando e controle desde o solo até UAVs;
    - Relatório de status da aeronave de UAVs para o solo;
  - Interferência entre UAVs;
  - Requisitos de segurança e latência rigorosos, por exemplo, evitar o controle fantasma;
  - Espectro dedicado: banda L (960-977 MHz), banda C (5030-5091 MHz);
- Conectividade de rede esparsa e intermininente: backhaul sem fio, ambiente altamente dinâmico;
- Restrição de tamanho, peso e potência (SWAP).

## Comunicação ar-terra

- Normalmente links de linha de visão (LoS), mas podem ser ocasionalmente bloqueados por terreno, edifícios ou a própria célula
- Modelo Probabilístico de LoS: a probabilidade de LoS aumenta com o ângulo de elevação  $\Theta$ ;



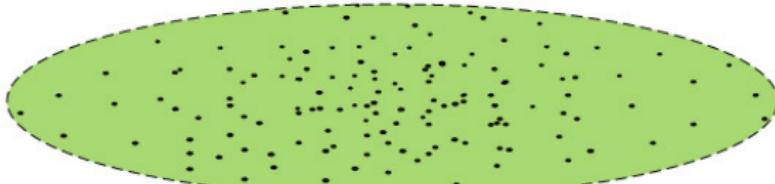
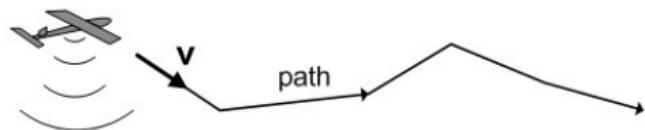
- Densidade e altura dos edifícios vai interferir na probabilidade de LoS.



- Multi-percurso: geralmente menos dispersão do que canais terrestres;
- Desvanecimento Riciano;
- Modelo de dois raios sobre deserto ou mar.

## Implantação de UAV e planejamento de caminho

- Visa diminuir a distância média de comunicação
- Desafiante em geral, várias restrições: conectividade, limitação de combustível, colisão e prevenção de terreno, etc.
- Tradeoff na altitude do UAV: maior altitude, maior perda de sinal, mas também maior probabilidade de link LoS e vice-versa



## Tradeoff em comunicação com drones;

- Primeiro, para maximizar o rendimento, cada UAV deve comunicar-se com um usuário terrestre / BS quando ele voa suficientemente perto deles para reduzir sua distância e, portanto, melhorar a capacidade do link. No entanto, isso inevitavelmente acarreta mais atrasos na comunicação devido ao movimento;
- Segundo tradeoff entre vazão e energia na comunicação habilitada para UAV, uma vez que o UAV geralmente precisa consumir mais energia de propulsão para se mover mais perto dos usuários terrestres / BSs para obter maior rendimento.

EURECOM - Autonomous Aerial Cellular Relaying Robots

[https://youtu.be/GI\\_10sg\\_qmQ](https://youtu.be/GI_10sg_qmQ)

Flying High - Multi-UAV Area Coverage

<https://youtu.be/SvL8rTUNh1c>