

OFICINA PRÁTICA

Monte o seu próprio receptor ADS-B e coloque o seu céu no mapa

Tudo o que está neste curso pode ser verificado da sua própria janela. Esta oficina diz exatamente o que comprar, como montar tudo, como instalar o feeder da Dataero em um Raspberry Pi e como ver as aeronaves que você ouve aparecerem em radar.dataero.eu, creditadas à sua estação. Não é preciso nenhuma experiência com rádio, eletrônica ou Linux. Orçamento de cerca de 100 a 150 euros, uma tarde e uma janela com vista para o céu.

Aprender - <https://radar.dataero.eu/pt-br/learning/workshop> 2026-10-22

SUMÁRIO

ANTES DE COMEÇAR O que você vai montar, e por que vale a pena

UMA IMAGEM Como as peças se encaixam

LISTA DE COMPRAS O que comprar, peça por peça

ONDE COLOCAR Posicionando a antena: altura, céu e cabo

PASSO 1 Montando o hardware

PASSO 2 Preparando o Raspberry Pi

PASSO 3 Instalando o feeder da Dataero

PASSO 4 Entrando no ar e reivindicando o seu receptor

PASSO 5 Ajustando, e entendendo o que você vê

QUANDO NÃO FUNCIONA Resolução de problemas

DEPOIS Mantendo tudo funcionando

PARA UMA TURMA OU UMA FAMÍLIA Transformando o receptor em um projeto

BEM-VINDO O que os feeders ganham, e o que o mapa ganha com você

ANTES DE COMEÇAR

O que você vai montar, e por que vale a pena

Um receptor são quatro coisas em linha: uma antena que capta a onda de 1090 MHz, um dongle USB que transforma a onda em números, um pequeno computador que decodifica os números em mensagens e uma conexão de internet que leva as posições decodificadas até a Dataero. A partir do momento em que o feeder está rodando, cada aeronave que a sua antena ouve é desenhada no mapa ao vivo em **radar.dataero.eu**, para todo mundo, com a sua estação indicada como fonte. Nada na cadeia transmite: você apenas escuta, e escutar é legal na Bélgica, em toda a União Europeia e na maior parte do mundo (se você mora em outro lugar, verifique as regras sobre equipamentos de recepção no seu país).

O curso explicou por que o sistema funciona; o receptor permite testá-lo. Você vai medir o horizonte de rádio do capítulo 7 contra aeronaves reais, ver a lei do inverso do quadrado na coluna de intensidade do sinal, observar a taxa de mensagens mudar com a hora do dia e comparar uma antena na janela com uma antena no telhado. Para uma família, é o projeto que encerra a história; para uma turma, é um instrumento permanente no telhado que produz dados reais o ano inteiro.

Ele também faz de você um **feeder**. O mapa da Dataero é construído inteiramente a partir de receptores mantidos por voluntários, aeroportos e escolas, e o mapa só é tão bom quanto os seus ouvintes. Um feeder recebe, de graça, o que um visitante não recebe: um painel do que a estação ouve, um mapa de cobertura do seu pedaço de céu em duas e três dimensões, 365 dias de histórico de voos e um lugar no ranking contra todas as outras estações da rede. Nada é cobrado, nada é assinado, e o mesmo receptor pode continuar alimentando qualquer outra rede que você já use.

Tempo, dinheiro, habilidades

Dinheiro: de 150 a 200 euros pela montagem básica, comprada nova, de 300 a 420 pela montagem avançada; menos se você já tem um Raspberry Pi. **Tempo:** uma tarde, depois que as peças chegarem - cerca de 30 minutos de montagem, 10 minutos para preparar o cartão de memória, 10 minutos para instalar o feeder. **Habilidades:** rosquear um conector, copiar três linhas em um terminal. **Custo de funcionamento:** o receptor consome de 4 a 5 watts, cerca de 40 kWh por ano, algo como 10 a 15 euros de eletricidade.

UMA IMAGEM

Como as peças se encaixam



A antena é onde acontece a física dos capítulos 5 a 8: um quarto de onda de metal, com cerca de 65 mm, ressoa com a onda de 27,5 cm e transforma alguns bilionésimos de watt em uma tensão minúscula. O cabo leva essa tensão até o dongle e perde aproximadamente metade dela a cada dez metros se for fino, e é por isso que a antena deve ficar perto do dongle ou o cabo deve ser grosso. O filtro e o amplificador são opcionais: eles reforçam o sinal de 1090 MHz antes que ele chegue ao dongle e rejeitam os transmissores de telefonia celular e de rádio FM que, de outro modo, o ensurdeciriam. O dongle é um rádio definido por software que amostra a onda dois milhões de vezes por segundo e entrega os números ao Raspberry Pi, onde o decodificador (readsb, um descendente do dump1090) encontra o preâmbulo do capítulo 4, lê os 112 bits, confere o código de erro e descarta tudo o que falha. O feeder da Dataero então encaminha as mensagens decodificadas, pela sua conexão de internet, ao hub de ingestão da Dataero, que reúne a sua estação com todas as outras no mapa.

LISTA DE COMPRAS

O que comprar, peça por peça

A lista abaixo é completa: com estas peças, e nada mais, você estará alimentando o mapa. Ela existe em duas montagens. A montagem básica mantém uma antena pequena dentro de casa, numa janela ou no sótão, e basta para ver o sistema funcionar e alimentar o mapa desde a primeira noite; a montagem avançada coloca uma antena sintonizada do lado de fora, com um amplificador filtrado e um cabo de baixa perda, e alcança o horizonte de rádio. Os preços são indicativos, de produtos novos, com impostos incluídos, e variam de loja para loja e de mês para mês. Os botões Comprar abrem cada peça na loja da Amazon do país que você escolher; as mesmas peças são vendidas em qualquer loja de eletrônica, e o computador pelos revendedores oficiais Raspberry Pi (o site da Raspberry Pi lista os revendedores por país). Seja qual for a loja, compre o dongle vendido para ADS-B, porque o mesmo dongle vendido como sintonizador de televisão costuma ser uma versão mais antiga e mais ruidosa.

O computador: um Raspberry Pi

Um **Raspberry Pi 4 Model B com 2 GB** de memória é a escolha certa: ele decodifica 1090 MHz com uma fração da sua capacidade, tem quatro portas USB, Ethernet com fio e Wi-Fi, e é vendido em kit com case e fonte de alimentação. Um Raspberry Pi 5 funciona igualmente bem e custa um pouco mais; um Raspberry Pi 3B+ funciona se você já tiver um; um Raspberry Pi Zero 2 W funciona, mas tem pouca folga de energia nas portas USB e é melhor evitá-lo numa primeira montagem. Compre a **fonte de alimentação oficial** para o seu modelo (um carregador de celular fraco é a causa mais comum de um receptor que reinicia a esmo), um **cartão microSD de 16 ou 32 GB** de marca conhecida e um **case** com alguma ventilação, porque tanto o dongle quanto o processador esquentam. Acrescente o pequeno conjunto de dissipadores de calor se o kit não incluir um. Conte com 50 a 70 euros pelo computador, 10 a 15 pela fonte, 10 pelo cartão e 10 pelo case.

O rádio: um dongle RTL-SDR

O dongle é um rádio definido por software construído em torno de um chip RTL2832U e de um sintonizador R820T2 ou R860, a mesma família que o capítulo 9 descreveu. Compre um **vendido para ADS-B**. A melhor escolha inicial é um dongle com **filtro e amplificador de 1090 MHz embutidos** (o FlightAware Pro Stick Plus é o mais conhecido; o AirNav FlightStick é parecido): o filtro e o amplificador de baixo ruído que você compraria separados ficam dentro do próprio stick, e ele ouve duas a três vezes mais longe do que um dongle comum numa cidade. Um dongle de uso geral (o RTL-SDR Blog V4, um Nooelec NESDR SMARtTee) também funciona e é mais versátil se você quiser escutar outras coisas mais tarde, mas acrescente o filtro externo descrito abaixo se você mora a poucos quilômetros de torres de telefonia celular. Seja qual for o escolhido, verifique o conector da antena: **SMA** é o padrão, e todas as antenas e cabos desta lista o usam; evite dongles com o pequeno conector MCX, que precisa de adaptador e quebra. Conte com 30 a 45 euros.

A antena

Comece com a pequena antena magnética que vem na caixa do dongle, se houver uma: sobre uma superfície metálica numa janela, ela ouve aeronaves a 80 a 150 km de distância e basta para ver o sistema funcionar na primeira noite. O receptor de verdade, porém, precisa de uma **antena sintonizada em 1090 MHz**, e esta é a peça em que não se deve economizar: uma colinear empilhada dentro de um

tubo à prova de intempéries, de 60 a 70 cm, com 4 a 6 dBi de ganho e um conector N ou SMA na base (a antena de 1090 MHz da FlightAware e a A3 da Jetvision são as escolhas habituais, de 50 a 70 euros). Ela é construída para ressoar exatamente no comprimento de onda do capítulo 8 e para concentrar a sua sensibilidade na direção do horizonte, onde estão as aeronaves distantes; ao ar livre, num mastro curto e com vista desimpedida, ela alcança o horizonte de rádio, 350 a 450 km para aeronaves em altitude de cruzeiro. Antenas caseiras cortadas de fio são um experimento de sala de aula, não um receptor: alguns milímetros de erro as dessintonizam, e elas ouvem uma fração do que ouve uma antena sintonizada de fábrica.

Cabo e conectores

Se a antena fica ao lado do Pi, um **cabo SMA macho para SMA macho de 1 a 3 m**, de um tipo fino e flexível (RG-174 para um metro, RG-58 ou H155 para três), é suficiente. Quanto maior o percurso, mais grosso o cabo precisa ser: em 1090 MHz, um cabo fino perde cerca de 3 dB, metade do sinal, a cada dez metros, enquanto um cabo grosso de baixa perda, como o LMR-400 ou o H1000, perde cerca de 1,3 dB. Uma antena no telhado a 15 m do Pi pede, portanto, LMR-400 ou um amplificador com filtro junto à antena, ou os dois. Compre o cabo já no comprimento certo e com os conectores montados (N macho na ponta da antena se a antena tiver um soquete N, SMA macho na ponta do dongle), porque montar um conector N à mão exige um alicate de crimpar e prática. Conte com 10 euros por um cabo curto, 30 a 60 por um longo de baixa perda. Acrescente um **cabo de extensão USB curto**, de 30 a 50 cm, para afastar o dongle do Pi: um dongle espetado diretamente na placa capta o ruído de rádio do próprio processador e bloqueia a porta vizinha.

Filtro e amplificador (opcionais, mas o alcance mais barato que se pode comprar)

Se o seu dongle não tem filtro embutido, um **filtro passa-faixa de 1090 MHz** (20 a 25 euros, SMA na entrada e na saída) entre o cabo e o dongle remove os sinais de telefonia celular, FM, televisão e pager que um dongle comum também recebe e que o saturam perto de uma cidade. Melhor ainda é um **amplificador de baixo ruído com filtro** (cerca de 35 euros; o RTL-SDR Blog 1090 LNA e o pré-amplificador da Uputronics são os mais comuns), montado na ponta da antena de um cabo longo: ele amplifica o sinal antes que o cabo o perca, e é alimentado pelo dongle através do próprio cabo (um *bias tee*, que o dongle precisa suportar; o Blog V4, o Pro Stick Plus e o SMATee suportam). Um amplificador na ponta do Pi de um cabo longo é quase inútil, porque amplifica o que o cabo já perdeu.

Ferramentas e o resto

Você precisa de um computador com leitor de cartão SD (ou de um leitor de cartão USB, 5 euros) para gravar o cartão de memória, da senha do Wi-Fi do seu roteador ou de uma porta Ethernet livre com cabo e, para a antena, de um parapeito de janela, de uma viga no sótão ou de um mastro curto com dois suportes de parede. Para uma antena externa, acrescente fita autofusão para vedar o conector (3 euros), abraçadeiras de nylon e alguns metros de folga no cabo para um laço de gotejamento. Uma chave de fenda pequena e uma tesoura são as únicas ferramentas.

Montagem básica Antena pequena dentro de casa, numa janela ou no sótão - 50 a 150 km - 150 a 200 EUR

Peça	Para que serve	Comprar na Amazon
Kit Raspberry Pi 4 Modelo B com 2 ou 4 GB, a fonte oficial, uma caixa ventilada e um cartão microSD de 32 ou 64 GB, tudo no kit; um kit Raspberry Pi 5 serve igualmente	Decodifica as mensagens e roda o feeder da Dataero	https://radar.dataero.eu/go/pi
Dongle AirNav Radar FlightStick Rádio definido por software USB com filtro e amplificador de 1090 MHz embutidos, conector SMA; o FlightAware Pro Stick Plus, enquanto houver estoque, é equivalente	Transforma a onda de rádio em números; o filtro e o amplificador embutidos são o que lhe dá alcance numa cidade	https://radar.dataero.eu/go/sdr
Cabo extensor USB, 30 a 50 cm USB 2.0, A macho para A fêmea	Afasta o dongle do ruído de rádio do próprio processador e libera a porta vizinha	https://radar.dataero.eu/go/usb-ext
Antena pequena de 1090 MHz com base magnética Sintonizada para ADS-B, com cabo próprio e plugue SMA macho	Capta a onda numa janela; sobre uma superfície metálica ouve aviões a 50 a 150 km	https://radar.dataero.eu/go/antenna-indoor

Montagem avançada Antena externa num mastro curto, para longo alcance - 250 a 400 km - 300 a 420 EUR

Peça	Para que serve	Comprar na Amazon
Kit Raspberry Pi 4 Modelo B com 2 ou 4 GB, a fonte oficial, uma caixa ventilada e um cartão microSD de 32 ou 64 GB, tudo no kit; um kit Raspberry Pi 5 serve igualmente	Decodifica as mensagens e roda o feeder da Dataero	https://radar.dataero.eu/go/pi
Dongle AirNav Radar FlightStick Rádio definido por software USB com filtro e amplificador de 1090 MHz embutidos, conector SMA; o FlightAware Pro Stick Plus, enquanto houver estoque, é equivalente	Transforma a onda de rádio em números; o filtro e o amplificador embutidos são o que lhe dá alcance numa cidade	https://radar.dataero.eu/go/sdr
Cabo extensor USB, 30 a 50 cm USB 2.0, A macho para A fêmea	Afasta o dongle do ruído de rádio do próprio processador e libera a porta vizinha	https://radar.dataero.eu/go/usb-ext

Peça	Para que serve	Comprar na Amazon
Antena externa FlightAware de 1090 MHz Colinear num tubo à prova de intempéries, 66 cm, conector N fêmea; a A3 da Jetvision é a alternativa	Feita para ressoar exatamente em 27,5 cm e olhar para o horizonte: do lado de fora, com visão livre, alcança o horizonte de rádio	https://radar.dataero.eu/go/antenna-outdoor
Amplificador filtrado de 1090 MHz LNA ADS-B da RTL-SDR Blog, Nooelec SAWbird+ ADS-B ou pré-amplificador Uputronics, alimentado pelo cabo (bias tee)	Montado na antena, reforça o sinal antes que o cabo o perca	https://radar.dataero.eu/go/lna
Adaptador N macho para SMA macho Entre o conector N da antena e o conector SMA do amplificador	Liga a antena ao amplificador	https://radar.dataero.eu/go/adapter
Cabo coaxial de baixa perda, 10 m LMR-400 ou H1000, SMA macho nas duas pontas, no comprimento certo e com os conectores montados	Leva o sinal do telhado ao dongle perdendo só cerca de 1,3 dB a cada 10 m	https://radar.dataero.eu/go/coax
Mastro curto com suportes de parede Cerca de 1 m de comprimento, 30 a 40 mm de diâmetro, com dois suportes	Ergue a antena acima da linha do telhado, longe de paredes e chaminés	https://radar.dataero.eu/go/mount
Fita autofusão Um rolo	Veda cada conector externo contra a chuva	https://radar.dataero.eu/go/tape

Como Associada da Amazon, a Dataero Europe recebe por compras qualificadas feitas por estes links, sem custo adicional para você. Preços, estoque e entrega são os mostrados pela Amazon; as mesmas peças podem ser compradas em qualquer loja de eletrônica.

O que não comprar

Um stick de televisão de 10 euros com chip sem nome e conector MCX (funciona por uma semana, desvia de frequência, superaquece e perde as mensagens fracas); uma antena discone 'de banda larga' ou uma antena de rádio de carro (não ressoam em 1090 MHz; o capítulo 8 explica por que o comprimento importa); uma antena de Wi-Fi ou 4G com o conector de aparência certa (frequência errada); um cabo longo com conectores para crimpar você mesmo; um carregador de celular como fonte de alimentação; um Raspberry Pi usado de origem desconhecida com um cartão já dentro.

ONDE COLOCAR

Posicionando a antena: altura, céu e cabo

O posicionamento vale mais do que o preço. A fórmula do horizonte de rádio do capítulo 7, $d = 4,12 \times (\sqrt{h \text{ aeronave}} + \sqrt{h \text{ antena}})$ com as alturas em metros, diz que uma antena a 2 m num parapeito de janela vê um avião de passageiros a 11.000 m até 438 km de distância, e que a mesma antena num telhado de 20 m vê apenas 13 km mais longe. A altura importa muito menos do que o que está **no caminho**: uma parede, um morro, um telhado metálico ou um prédio vizinho bloqueiam completamente a linha de visada, e uma janela voltada para o lado oposto da aerovia ouve metade do céu. Portanto, a primeira pergunta não é 'a que altura', mas 'o que a antena consegue ver', e a resposta deve ser: o máximo de céu possível, até o horizonte, no maior número de direções possível.

Numa janela, coloque a antena do lado de fora do vidro se puder (no parapeito de uma sacada, presa pelo ímã a uma chapa de aço), senão no parapeito interno, encostada no vidro; o vidro duplo moderno com revestimento metálico enfraquece o sinal de forma perceptível, e uma janela que abre deixa o cabo passar. Escolha a janela voltada para o aeroporto mais próximo ou para a aerovia mais movimentada; o mapa ao vivo mostra qual é. **Num sótão**, um telhado de telhas ou de ardósia é quase transparente para 1090 MHz, e a antena vê todas as direções; um telhado metálico ou um isolamento com face de alumínio são opacos. Pendure a antena numa viga, tão alto quanto a cumeeira permitir, longe de caixas-d'água e de fiação. **Num telhado**, um mastro de um metro acima da cumeeira, em dois suportes de parede, passa por cima da chaminé e dos vizinhos; é este o posicionamento que alcança o horizonte de rádio, e o que exige um cabo grosso ou um amplificador junto à antena.

Cabo	Perda por 10 m em 1090 MHz	Sinal restante após 10 m	Uso
RG-174 (2,8 mm)	cerca de 7 dB	20%	em ambiente interno, menos de 1 m
RG-58 (5 mm)	cerca de 5 dB	30%	em ambiente interno, de 1 a 3 m
H155 ou LMR-200 (5,5 mm)	cerca de 3 dB	50%	até 5 m
LMR-400 ou H1000 (10 mm)	cerca de 1,3 dB	75%	percursos de telhado de 10 a 20 m
amplificador junto à antena + qualquer cabo	perda paga antes do cabo	quase todo	qualquer percurso longo

Segurança

Nunca coloque uma antena onde ela possa tocar ou cair sobre uma linha elétrica aérea; mantenha-a abaixo do ponto mais alto do telhado se o prédio tiver um para-raios e, caso contrário, aceite que uma pequena antena de plástico num mastro de 1 m não atrai raios mais do que a chaminé, mas desligue o dongle durante uma tempestade. Trabalho no telhado é para um adulto, de dia, com alguém segurando a escada; um sótão ou uma janela dão 80% do resultado sem nenhum risco. Vede todos os conectores externos com fita autofusão e deixe um laço no cabo abaixo do ponto de entrada, para que a chuva pingue em vez de escorrer para dentro. O receptor apenas escuta: nada aqui irradia.

PASSO 1

Montando o hardware

A montagem consiste em rosquear conectores uns nos outros; a única coisa a fazer direito é apertar cada um à mão até que pare de girar, sem ferramenta, e evitar dobrar o cabo de forma brusca a menos de um palmo de um conector.

1. Encaixe os dissipadores no Pi se o kit os tiver, coloque o Pi no case e deixe a tampa aberta por enquanto.
2. Rosqueie o cabo da antena na antena (N ou SMA, apertado à mão) e, se usar um filtro ou amplificador separado, rosqueie-o na ponta do cabo que vai ao dongle: antena, cabo, filtro ou amplificador, dongle, nessa ordem. Um amplificador junto à antena vai, em vez disso, entre a antena e o cabo.
3. Rosqueie o cabo no soquete SMA do dongle. Espete o dongle no cabo de extensão USB e a extensão numa das portas USB 3 azuis do Pi (qualquer porta funciona; as azuis são as mais distantes da antena de Wi-Fi).
4. Coloque a antena onde você decidiu acima e passe o cabo com curvas suaves. Deixe o dongle em algum lugar onde ele receba ar; ele fica morno ao toque, o que é normal.
5. Conecte o cabo Ethernet ao roteador, se for usar um. Não ligue a energia ainda: o cartão de memória vem primeiro.

PASSO 2

Preparando o Raspberry Pi

O Pi precisa de um sistema operacional no cartão de memória e de um jeito de você digitar comandos nele a partir do seu próprio computador. As duas coisas levam dez minutos e são feitas clicando em um único programa, o **Raspberry Pi Imager**, que você baixa de graça do site da Raspberry Pi para Windows, macOS ou Linux.

1. Coloque o cartão microSD no seu computador. Abra o Raspberry Pi Imager. Em 'Raspberry Pi Device', escolha o seu modelo; em 'Operating System', escolha **Raspberry Pi OS (other)** e depois **Raspberry Pi OS Lite (64-bit)**, a versão sem área de trabalho, porque o receptor nunca tem uma tela; em 'Storage', escolha o cartão.

2. Clique em **Next** e, quando o Imager oferecer aplicar configurações de personalização do sistema, clique em **Edit settings**. Na aba General, defina o hostname como **adsb** (para que o Pi responda por **adsb.local**), marque 'Set username and password' e escolha os dois (anote-os), e informe o nome e a senha do seu Wi-Fi com o seu país, a menos que use um cabo Ethernet; defina o seu fuso horário. Na aba Services, marque **Enable SSH** com autenticação por senha. Salve, confirme que o cartão será apagado e deixe o Imager gravar e verificar.
3. Coloque o cartão no Pi, ligue a fonte de alimentação e espere dois minutos: a luz verde pisca enquanto ele inicia, e a primeira inicialização é mais lenta.
4. No seu computador, abra um terminal: no Windows, o PowerShell (procure-o no menu Iniciar); num Mac, o Terminal; no Linux, qualquer terminal. Digite o comando abaixo com o nome de usuário que você escolheu, pressione Enter, responda **yes** à pergunta sobre a impressão digital da chave (fingerprint), depois digite a sua senha (nada aparece enquanto você digita) e pressione Enter. O prompt muda para o do Pi: agora você está digitando no receptor.

```
ssh <username>@adsb.local
```

Se *adsb.local* não for encontrado, o seu roteador não repassa nomes locais: abra a página web dele, encontre a lista de dispositivos conectados, anote o endereço IP do Pi (algo como 192.168.1.42) e use-o no lugar do nome. Uma vez conectado, atualize o sistema e instale o git, a ferramenta que baixa o feeder; copie a linha, cole, pressione Enter e espere. A atualização pode levar dez minutos na primeira vez.

```
sudo apt update && sudo apt full-upgrade -y && sudo apt install -y git
```

PASSO 3

Instalando o feeder da Dataero

O feeder da Dataero é um pequeno programa de código aberto publicado pela Dataero no GitHub (github.com/dataero-adsb/dataero-adsb-feeder). O seu instalador faz tudo o que um receptor precisa: instala o decodificador (readsb) se o Pi não tiver um, registra o seu receptor na Dataero, gera o seu ID de receptor único, configura os serviços que encaminham as mensagens e mantêm a conexão viva e verifica, no final, que a Dataero consegue ouvir você. Você pode ler cada linha dele no GitHub antes de executá-lo. Três comandos, digitados no Pi, um após o outro:

```
git clone https://github.com/dataero-adsb/dataero-adsb-feeder
cd dataero-adsb-feeder
sudo bash installer.sh
```

O instalador faz algumas perguntas. Eis o que cada uma significa e o que responder.

O instalador pergunta	O que significa	O que responder
Do you want to automatically install readsb? (yes/no) - Você quer instalar o readsb automaticamente?	Nenhum decodificador foi encontrado neste Pi; o readsb é o programa que transforma as amostras do dongle em mensagens.	Digite yes, por extenso. Qualquer outra resposta interrompe o instalador. O download e a compilação levam alguns minutos.

O instalador pergunta	O que significa	O que responder
Station name (optional) - Nome da estação (opcional)	O nome mostrado junto ao seu receptor no mapa e no ranking.	Um nome curto: a sua cidade e uma palavra, o nome de uma escola. Pode ser alterado depois executando o instalador de novo.
Enable MLAT for this receiver? (y/N) - Ativar o MLAT para este receptor?	Multilateração (capítulo 10): a cronometragem do seu receptor ajuda a localizar aeronaves que não enviam posição. Exige uma posição exata da antena.	n numa primeira instalação, ou y se você puder informar a posição da antena com precisão de poucos metros.
Latitude, Longitude, Antenna altitude (metres) - Latitude, longitude, altitude da antena (metros)	Onde está a antena. Obrigatório com o MLAT, opcional nos outros casos; usado para o seu mapa de cobertura e para as estatísticas de alcance.	Graus decimais com ponto (50.8467, 4.3525), altitude acima do nível do mar em metros: a elevação do terreno no seu endereço mais a altura da antena acima do solo.

Para encontrar a posição, abra qualquer mapa online, clique com o botão direito no ponto exato da antena e copie as coordenadas; a maioria dos mapas mostra seis casas decimais, o que é uma precisão de um décimo de metro. A elevação do terreno está num mapa topográfico ou no campo 'elevação' de um aplicativo de GPS; some a altura da antena acima do solo (uma janela de segundo andar fica a cerca de 6 m, a cumeeira de uma casa de dois andares a cerca de 9 m). A altitude medida pelo próprio celular costuma errar em dez ou vinte metros, portanto use o mapa para o terreno e uma trena para o resto. Não ative o MLAT com uma posição chutada: um receptor cuja cronometragem diz 'estou aqui' a partir de outro lugar degrada todas as soluções de que participa.

O instalador então trabalha por alguns minutos e termina com um banner que começa com **Installation complete**. Ele imprime o seu **ID de receptor**, um código longo de letras e dígitos (um UUID), o hub da Dataero ao qual a sua estação está conectada e o resultado de um primeiro contato com a Dataero: quando o registrador aceita o heartbeat do receptor, a sua estação está no ar. O ID de receptor é a chave da sua estação: ele viaja com cada mensagem e é o que você cola na sua conta para reivindicá-la. Guarde-o só para você, porque a primeira conta que o vincular passa a ser dona do receptor. Se um dia você o perder, ele está armazenado no Pi:

```
sudo grep RECEIVER_UUID /usr/local/dataero-adsb-feeder/.env
```

O que o instalador deixa rodando

Três pequenos serviços que iniciam sozinhos a cada boot: *readsb*, o decodificador, que também serve um mapa local; *dataero-readsb*, uma segunda instância do decodificador, apenas de rede, que encaminha um fluxo reduzido das suas mensagens ao hub da Dataero; e *dataero-feeder*, o heartbeat que diz à Dataero que a sua estação está viva. Com o MLAT ativado, um quarto, *dataero-mlat*. Executar o instalador de novo mais tarde mantém o seu ID de receptor, o nome e a posição, e só atualiza o que mudou.

PASSO 4

Entrando no ar e reivindicando o seu receptor

Em menos de um minuto depois do banner, a primeira aeronave deve aparecer. Olhe em três lugares. No próprio Pi, o comando abaixo imprime uma tabela ao vivo de cada aeronave sendo decodificada, com o endereço, o indicativo de chamada, a altitude, a velocidade e a intensidade do sinal em dBFS; pressione **q** para sair. O instalador do readsb também configurou um mapa local no Pi, **<http://adsb.local/tar1090>** (ou o endereço IP no lugar do nome), que mostra a visão de céu da sua própria estação, com anéis de alcance. E em **radar.dataero.eu**, o mapa público, as aeronaves que a sua estação ouve são desenhadas junto com as de todo mundo em questão de segundos.

```
viewadsb
```

O seu receptor já está alimentando o mapa, anonimamente. **Reivindicá-lo** o vincula à sua conta e libera o lado do site reservado aos feeders: abra radar.dataero.eu, crie uma conta gratuita ou entre, abra **Receptores** no menu da conta, escolha **Vincular um receptor** e cole o ID de receptor que o instalador imprimiu. Use o ID de receptor da Dataero, não um UUID de outro programa de feeder, se você usar algum. A partir desse momento a sua estação tem um nome no mapa, um **painel** (aeronaves vistas, mensagens por segundo, as horas mais movimentadas, as aeronaves mais raras), um **mapa de cobertura** desenhado a partir da intensidade do sinal de cada mensagem, em duas e três dimensões, **365 dias de histórico de voos** em vez dos nenhum de um visitante, e uma posição no **ranking**. Tudo o que foi coletado antes de você reivindicá-lo já está lá.

O que esperar na primeira noite: numa janela com a antena da caixa, 20 a 60 aeronaves ao mesmo tempo numa região movimentada da Europa, até 100 ou 150 km, com um buraco do lado do prédio; com uma antena sintonizada num sótão, 100 a 200 aeronaves até 250 km; num telhado, 200 a 400 aeronaves e um alcance que toca os 400 km nas direções em que nada está no caminho. O contador de mensagens do painel é uma medida melhor do que o alcance: uma boa estação decodifica de 500 a 1.500 mensagens por segundo num pico diurno europeu e algumas dezenas na madrugada. A curva ao longo de um dia é a aula 4 do curso tornada visível: as aeronaves não voam à noite porque as pessoas não voam.

Abrir o mapa ao vivo <https://radar.dataero.eu/pt-br/map>

Criar uma conta e reivindicar <https://radar.dataero.eu/pt-br/contribute>

PASSO 5

Ajustando, e entendendo o que você vê

Dois ajustes decidem a maior parte do desempenho de uma estação, e os dois podem ser mudados em um segundo no Pi. O primeiro é o **ganho**, o quanto o dongle amplifica antes de digitalizar. O readsb começa com ganho automático, que é um compromisso razoável. Se as aeronaves logo acima de você somem enquanto as distantes permanecem, o receptor está saturado pelos sinais fortes das vizinhas e o ganho está alto demais; se as aeronaves distantes nunca aparecem, está baixo demais. O comando abaixo define um ganho fixo em dB; experimente valores entre 30 e 49 (49,6 é o máximo do dongle) e

observe a contagem de aeronaves e o alcance máximo no mapa local por dez minutos com cada um. Com um dongle que tem amplificador próprio, 40 a 45 costuma ser o melhor numa janela, e menos num telhado. Digitar o valor -10 volta ao automático.

```
sudo readsb-gain 43
```

O segundo é a **localização do mapa local**, que o readsb usa para desenhar os seus anéis de alcance e calcular a distância de cada aeronave; ela é separada da posição que você deu ao instalador da Dataero (que é a que a Dataero usa) e é definida com o segundo comando. Depois abra o mapa local e observe o contorno das aeronaves mais distantes crescer ao longo de um dia: esse contorno é o seu horizonte de rádio, e a sua forma é a forma dos seus obstáculos.

```
sudo readsb-set-location 50.8467 4.3525
```

A coluna de sinal do *viewadsb* é a lei do inverso do quadrado do capítulo 6 em números. Uma aeronave passando acima de você a 10 km registra em torno de -5 dBFS; a mesma aeronave a 300 km, trinta vezes mais longe, chega novecentas vezes mais fraca, cerca de -30 dBFS, e o decodificador ainda a lê, porque a mensagem só precisa ser mais forte do que o ruído. Observe o sinal de uma aeronave subir e descer enquanto ela cruza o seu céu e você terá medido a lei sem fórmula nenhuma. A coluna de mensagens perdidas, quando está alta, diz o contrário: sinais fortes de duas aeronaves chegando no mesmo instante embaralham um ao outro, que é o limite que o capítulo 11 descreve e a razão de um segundo receptor a trinta quilômetros de distância ver mensagens que você perde.

Se você ativou o **MLAT**, as aeronaves posicionadas por multilateração aparecem no mapa da Dataero e voltam para o seu mapa local com um marcador diferente. São as aeronaves que não enviam posição própria: jatos executivos mais antigos, transportes militares, alguns helicópteros. A sua contribuição para cada uma é um carimbo de tempo com precisão de poucos nanossegundos, a partir do qual o hub resolve as hipérboles do capítulo 10 com três outras estações. Um erro de apenas 30 m na posição da antena desloca a sua cronometragem em um décimo de microssegundo, o bastante para colocar uma aeronave resolvida um quilômetro fora do lugar, e é por isso que o instalador insiste.

QUANDO NÃO FUNCIONA

Resolução de problemas

Quase todo problema é um dos da tabela abaixo, e cada um tem uma verificação de uma linha. Os comandos rodam no Pi, pela mesma conexão de terminal usada na instalação.

Sintoma	Causa mais provável	O que fazer
O ssh não encontra adsb.local	O roteador não resolve nomes locais, ou o Pi não está na rede.	Use o endereço IP da lista de dispositivos do roteador. Se o Pi não estiver na lista, confira os dados do Wi-Fi que você digitou no Imager, ou use um cabo Ethernet.

Sintoma	Causa mais provável	O que fazer
O readsb não inicia; 'no device found'	O dongle não é visto: cabo USB frouxo, fonte de alimentação fraca demais ou um dongle que não é um RTL-SDR.	Reencaixe o dongle e a extensão; rode lsusb e procure 'RTL2838' ou 'Realtek'; troque a fonte pela oficial.
O readsb roda, mas não mostra aeronaves	A antena não está conectada, o cabo tem um conector aberto ou a antena está numa sombra de rádio.	Confira se todos os conectores estão apertados; leve a antena a uma janela com céu aberto; um dongle comum sem filtro, numa cidade, pode precisar de um.
Aeronaves próximas somem, as distantes ficam	Saturação: ganho alto demais, ou um transmissor forte nas proximidades.	Reduza o ganho (readsb-gain 35), acrescente um filtro de 1090 MHz.
Aeronaves no mapa local, mas não em radar.dataero.eu	Os serviços do feeder não estão rodando ou o Pi está sem internet.	Rode o comando de status abaixo; um serviço mostrado como 'failed' diz o porquê no seu log. Rode o instalador de novo: ele conserta a configuração e mantém o seu ID.
O Pi reinicia ou o dongle some a esmo	Energia. O dongle consome um terço de ampère; uma fonte fraca derruba a tensão.	Use a fonte oficial; retire outros dispositivos USB; confira se a luz vermelha de energia permanece acesa sem piscar.
'Receiver not found' ao reivindicar	Foi colado um UUID diferente (de outro programa de feeder, ou um erro de digitação).	Cole o valor impresso pelo comando grep do passo 3; ele é o ID de receptor da Dataero.

```
sudo systemctl status readsb dataero-readsb dataero-feeder
sudo journalctl -u dataero-feeder -n 50
```

Se nada disso ajudar, abra uma issue na página do feeder no GitHub com a saída desses dois comandos: as pessoas que escreveram o instalador as leem. A Dataero também mantém um canal da comunidade, com link na página Seja um feeder, onde outros feeders respondem à maioria das perguntas em poucas horas.

DEPOIS

Mantendo tudo funcionando

Um receptor não precisa de quase nada. Os serviços iniciam sozinhos depois de uma queda de energia; o Pi não tem partes móveis; o dongle dura anos. Uma vez por estação do ano, conecte-se ao Pi e rode de novo a linha de atualização do passo 2, depois rode o instalador de novo a partir da pasta em que ele foi baixado (`cd dataero-adsb-feeder` e depois `sudo bash installer.sh`): ele busca o feeder atual, mantém o seu ID de receptor, o nome e a posição, e faz as mesmas perguntas com as suas respostas anteriores como padrão. Se você mudar a antena de lugar, rode o instalador de novo e informe a nova posição; se mudar de casa, faça o mesmo e nada mais muda. Se um dia quiser parar, a mesma pasta contém um desinstalador.

Dois hábitos mantêm uma estação saudável. Olhe o painel uma vez por semana: uma taxa de mensagens que cai pela metade de um dia para o outro significa que um cabo se soltou ou que uma árvore cresceu. E anote, no primeiro dia, três números do mapa local: o alcance máximo em cada direção, o número de aeronaves no pico da noite e a taxa de mensagens. Eles são a sua linha de base, e cada mudança que você fizer depois, uma antena melhor, um mastro mais alto, um filtro, é medida contra eles. Essa medição é a ciência a que o curso estava conduzindo.

PARA UMA TURMA OU UMA FAMÍLIA

Transformando o receptor em um projeto

O receptor é um instrumento permanente, e o melhor uso dele é uma série de medições que testam, cada uma, uma ideia do curso. Para uma família, uma delas preenche um domingo; para uma turma, cada uma é uma aula, e os dados que a estação coleta entre as aulas são a lição de casa. O gráfico por hora do painel, o mapa de cobertura e o contorno de alcance do mapa local são os instrumentos; as aulas dão as previsões; as medições decidem.

1. **Altura contra alcance** (capítulo 7). Anote o alcance máximo com a antena sobre uma mesa, numa janela do primeiro andar, numa janela do último andar, no sótão. Trace o alcance em função da altura e compare com a fórmula do horizonte de rádio; a diferença são os obstáculos.
2. **A lei do inverso do quadrado** (capítulo 6). Siga uma aeronave pelo céu no viewadsb e registre o sinal contra a distância a cada minuto; trace o sinal em dB em função do logaritmo da distância; a inclinação deve ficar perto de -20 dB por década.
3. **O ritmo diário** (aula 4). Leia a taxa de mensagens a cada hora durante uma semana no painel. Explique a forma: a onda da manhã, o pico da noite, a restrição noturna no aeroporto mais próximo, a diferença entre um dia útil e um domingo.
4. **Onde o céu termina**. Trace o contorno de alcance no mapa local depois de uma semana e sobreponha-o a um mapa da região. Cada reentrância é um prédio, um morro ou uma árvore; dê nome a eles.
5. **O mapa só é tão bom quanto os seus ouvintes** (capítulo 11). Compare o mapa de cobertura da sua estação com o mapa público numa noite: as aeronaves que você não ouve são ouvidas por outra pessoa. Encontre no ranking a outra estação mais próxima e calcule, com a fórmula, onde os seus círculos se sobrepõem.

Numa escola, o receptor também responde à pergunta que toda turma faz, 'que avião é aquele?', com uma tela no corredor mostrando o mapa local. A lista de 'aeronaves mais raras' do painel é uma surpresa mensal: um transporte governamental, um avião de passageiros antigo, uma ambulância aérea, cada um uma história sobre por que está ali. E uma estação escolar que alimenta a Dataero aparece no mapa público com o nome da escola como fonte, o que é um tipo de fama melhor do que a maioria.

BEM-VINDO

O que os feeders ganham, e o que o mapa ganha com você

Um visitante de radar.dataero.eu vê um mapa ao vivo, um número limitado de aeronaves e alguns campos por aeronave, em sessões de visualização de dez minutos de cada vez. Uma conta gratuita remove o limite de sessão, mostra todos os campos e guarda sete dias de histórico de voos. Um feeder,

que é o que você é agora, recebe o site inteiro: 365 dias de histórico de cada voo, o painel, o mapa de cobertura em duas e três dimensões, o ranking e uma estação creditada no mapa. Nada disso custa coisa alguma, agora ou depois, e o receptor continua alimentando qualquer outra rede que você queira acrescentar.

O que o mapa ganha com você é aquilo que dinheiro nenhum compra: um ouvinte onde não havia nenhum. Cada receptor da rede ouve um círculo de céu, e um continente só é coberto onde esses círculos se sobrepõem. Uma nova estação numa lacuna, um vilarejo, um litoral, um vale, um país com poucos feeders, faz aparecer aeronaves que ninguém estava ouvindo e torna possível a multilateração das que não enviam posição. Olhe a cobertura da sua região no mapa hoje à noite, e depois olhe de novo uma semana depois de a sua estação entrar no ar: a diferença é sua.

Seja um feeder <https://radar.dataero.eu/pt-br/contribute>

Abrir o mapa ao vivo <https://radar.dataero.eu/pt-br/map>

Voltar à página inicial do curso <https://radar.dataero.eu/pt-br/learning>