



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Manual Meshtastic: Comunicações Off-Grid

Edição: 1ª Edição, V2 – Maio de 2026

Local de Edição: Lisboa, Portugal



Meshtastic.pt

Academia BEAR

Autor: José Elias

Revisão Técnica: Paulo Pereira e Luís Lourenço

Ilustrações: Geradas por Inteligência Artificial (Gemini)
www.clubebear.pt



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Título: Manual Meshtastic: Comunicações Off-Grid

Edição: 1ª Edição, V2 – Maio de 2026

Local de Edição: Lisboa, Portugal

Autor: José Elias

Revisão Técnica e Ortográfica: Paulo Pereira e Luís Lourenço

Design e Paginação: José Elias

Ilustrações: Geradas por Inteligência Artificial (Gemini)

Contactos Website: www.clubebear.pt E-mail: geral@clubebear.pt

Direitos de Autor e Partilha (Licença de Uso): © 2026 Clube B.E.A.R. e José Elias. Esta obra destina-se a apoiar a comunidade. O seu uso é livre e gratuito. É permitida a partilha, reprodução e distribuição total ou parcial deste manual, em formato físico ou digital, exclusivamente para fins não comerciais, desde que seja garantida a atribuição e o devido crédito aos autores e ao Clube B.E.A.R. Proibida a venda ou uso lucrativo desta obra.

Aviso Legal e Isenção de Responsabilidade (Disclaimer): O presente manual foi desenvolvido pela Academia BEAR estritamente para fins informativos, pedagógicos e de treino operacional no âmbito das atividades do clube e do uso comunitário. A utilização da tecnologia Meshtastic e das frequências de rádio de curto alcance (SRD) em Portugal está sujeita ao cumprimento rigoroso da legislação vigente emitida pela ANACOM, sendo da exclusiva responsabilidade de cada operador garantir que os seus equipamentos operam na região EU_868, respeitando os limites legais de potência radiada (ERP) e o ciclo de trabalho (*duty cycle*). Este documento e os sistemas nele descritos não substituem, em caso algum, os canais oficiais de emergência, socorro e proteção civil (como o número nacional de emergência 112 ou as redes estatais de comunicações). Nem a Academia BEAR, nem o Clube BEAR, nem os autores deste guia assumem qualquer responsabilidade por danos materiais, lesões corporais, falhas de transmissão ou acidentes decorrentes da utilização, aplicação incorreta ou avaria do hardware, firmware e procedimentos apresentados durante cenários táticos, missões de busca e salvamento ou catástrofes reais. O projeto Meshtastic é uma iniciativa *open-source* independente, não existindo qualquer vínculo comercial ou representação oficial direta entre a organização do software e os autores deste manual, sendo todas as marcas mencionadas propriedade dos respetivos detentores e utilizadas aqui unicamente no âmbito do princípio de utilização razoável e de boa-fé.



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Índice

Introdução.....	5
Objetivos e Princípios Operacionais	6
Capítulo 1: Enquadramento Técnico, Regulamentar e Arquitetura da Rede em Portugal	7
1.1. Fundamentos da Modulação LoRa e Parâmetros Rádio	7
1.2. Legislação ANACOM e Especificações Regulamentares.....	8
1.3. A Infraestrutura Nacional e a Comunidade Meshtastic.pt.....	9
Capítulo 2: Arquitetura de Hardware e Configuração Inicial	10
2.1. Comparativo de Placas e Módulos LoRa	10
2.2. Antenas e Eficiência Radiante (868 MHz)	11
2.3. Instalação do Firmware e Configuração Inicial	12
Capítulo 3: Aplicações Táticas no Airsoft e Milsim.....	13
3.1. Arquitetura de Canais Privados e Encriptação AES-256.....	14
3.2. Consciência Situacional e Rastreamento de Forças Amigas (Blue-Force Tracking)	15
3.3. Disciplina de Emissões, Camuflagem Rádio e EMCON	16
3.4. Matriz de Perfis e Mensagens de Texto Padronizadas	17
Capítulo 4: Busca e Salvamento (SAR) e Gestão de Emergências	18
4.1. Cobertura em Zonas de Sombra e Topologia de Busca	19
4.2. Protocolo de Sinalização de Socorro (<i>Beaconing</i>) e Alertas de Emergência	20
4.3. Integração com o Posto de Comando Operacional (PCO)	21
4.4. Padronização de Mensagens e Formato de Relatórios SAR.....	22
4.5. Gestão de Autonomia e Energia em Missões Prolongadas (24h a 72h).....	23
Capítulo 5: Resposta a Catástrofes Naturais e Resiliência Civil	24
5.1. Comunicação Pós-Apagão e Resiliência "Zero-Grid"	25
5.2. Dimensionamento e Montagem de Nós Repetidores Solares	26
5.3. Matriz de Tipologias de Estações de Emergência	27
5.4. Organização de Redes Comunitárias de Proteção Civil.....	28
5.5. Protocolo de Integração com Redes Externas e Amadores de Rádio	29
Capítulo 6: O Meshtastic como Hobby, Experimentação e Engenharia de Rádio	30
6.1. Testes de Alcance (Range Testing) e Análise de Propagação	31
6.2. Projetos DIY: Antenas Artesanais e Impressão 3D	32
6.3. Telemetria e Integração com Sensores Ambientais.....	33
6.4. Integrações Avançadas: API Python, MQTT e Automação.....	34



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Capítulo 7: Manutenção, Resolução de Problemas e Procedimentos Operacionais Padrão (SOPs).....	35
7.1. Manutenção Preventiva e Conservação de Hardware.....	36
7.2. Matriz de Resolução de Problemas (Troubleshooting).....	37
7.3. Procedimentos Operacionais Padrão (SOP) da Academia BEAR.....	38
7.4. Checklist de Prontidão Rápida (Pré-Despague).....	39
Capítulo 8: Segurança da Informação, OPSEC e Cibersegurança em Rádio	40
8.1. Segurança Operacional (OPSEC) e Assinatura Rádio.....	41
8.2. Ameaças Específicas e Técnicas de Mitigação	42
8.3. Gestão e Ciclo de Vida de Chaves de Encriptação (AES-256).....	43
Capítulo 9: Exercício Prático Integrado — Simulacro "Operação BEAR Mesh"	44
9.1. Ficha Técnica e Enquadramento do Exercício.....	45
9.2. Guião Passo-a-Passo do Simulacro (Script Operacional).....	46
9.3. Grelha de Avaliação e Métricas de Sucesso.....	47
Capítulo 10: Conclusão	48
Visão de Futuro e Próximos Passos	48
Glossário de Termos Técnicos	49
Bibliografia e Fontes de Referência	51
Documentação Oficial e Repositórios Meshtastic	51
Comunidade e Infraestrutura em Portugal.....	51
Regulamentação e Legislação do Espectro Rádio	51
Engenharia de Rádio, Modulação LoRa e Antenas	51
Sistemas Táticos, SAR e Cartografia GIS	51



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Introdução

A dependência de infraestruturas centralizadas de comunicação — como as redes de telemóvel (GSM) e a internet convencional — revela a sua vulnerabilidade precisamente nos momentos críticos. Seja em teatros de operações de Airsoft e Milsim em zonas de sombra, em missões de Busca e Salvamento (SAR) em serras isoladas, ou durante falhas sistémicas causadas por catástrofes naturais, a perda de sinal compromete diretamente a segurança e a coordenação no terreno. O **Meshtastic** surge como uma resposta tecnológica descentralizada, acessível e altamente eficaz a estes desafios no panorama português.

Baseado na tecnologia rádio LoRa (*Long Range*) e a operar na frequência isenta de licença de 868 MHz (região europeia), o Meshtastic permite criar redes de dados totalmente independentes e *off-grid*. A sua principal inovação reside na arquitetura em malha (*mesh*): cada dispositivo (nó) atua simultaneamente como emissor, recetor e repetidor de sinal. As mensagens de texto, alertas e coordenadas GPS saltam automaticamente de nó em nó, contornando obstáculos geográficos e expandindo a cobertura total da rede à medida que mais operadores entram no terreno — tudo isto com um consumo de energia irrisório e zero custos de subscrição ou licenciamento.



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



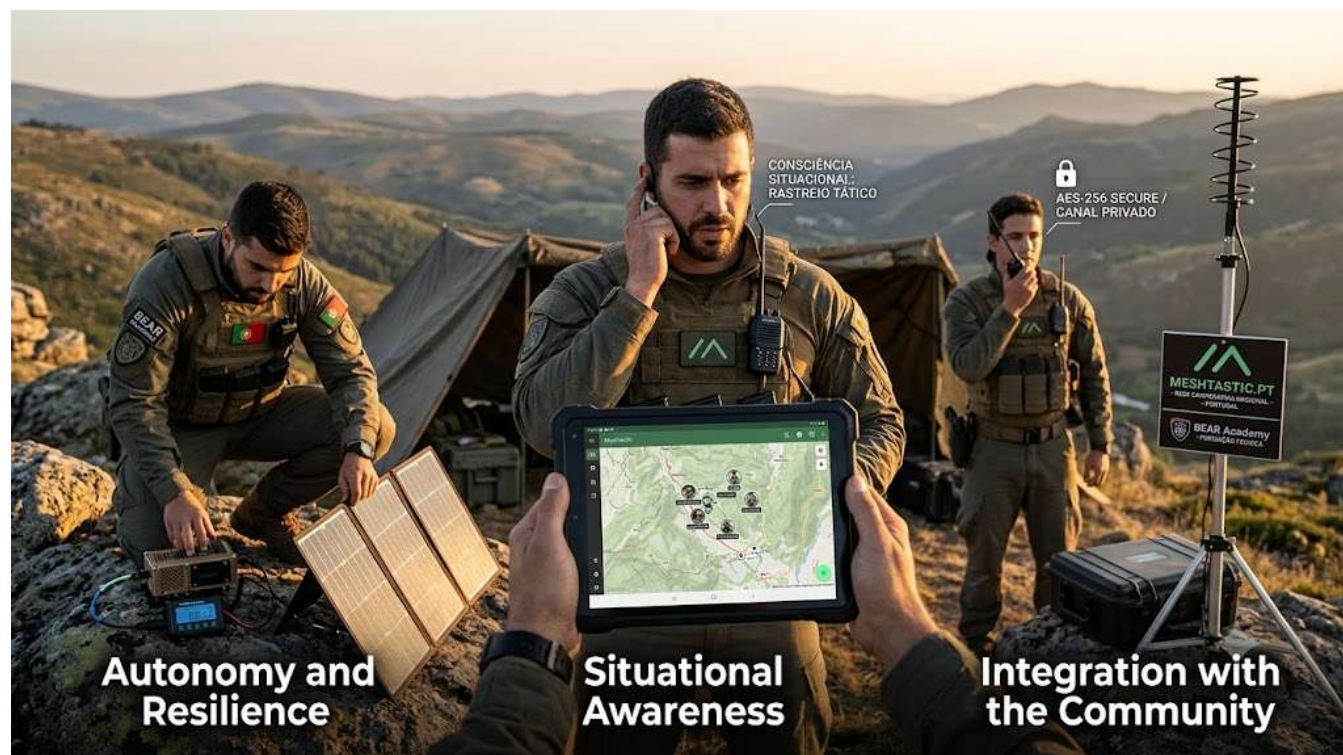
Fundado a 23 de março de 2016

Objetivos e Princípios Operacionais

Este manual, desenvolvido para a **Academia BEAR**, visa capacitar associados, operacionais e entusiastas no planeamento, configuração e utilização tática de redes Meshtastic. O documento foca-se em quatro pilares fundamentais:

- **Autonomia e Resiliência:** Garantia de comunicações em cenários de emergência ou apagão elétrico, utilizando equipamentos com grande autonomia de bateria e capacidade de carregamento solar.
- **Consciência Situacional:** Rastreamento geográfico de equipas e elementos no terreno através de GPS integrado, mapeado em tempo real na aplicação móvel, sem necessidade de dados móveis.
- **Comunicações Seguras:** Aplicação de encriptação forte (AES-256) em canais privados para equipas táticas ou de resgate, preservando a interoperabilidade com canais abertos comunitários.
- **Integração Comunitária:** Alinhamento com a infraestrutura, parâmetros técnicos e boas práticas promovidas pelo projeto nacional **Meshtastic.pt**, contribuindo para uma rede cooperativa sólida em Portugal.

Através deste guia, o Clube BEAR reforça a sua aposta na formação técnica, na inovação aplicável às atividades táticas e no auxílio à resiliência cívica nacional.





Capítulo 1: Enquadramento Técnico, Regulamentar e Arquitetura da Rede em Portugal

A operação de redes Meshtastic no território português exige o cumprimento das normas da Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM) e o respeito pelas diretrizes operacionais fixadas pela comunidade **Meshtastic.pt**. A utilização responsável do espectro rádio garante a estabilidade do sinal, a interoperabilidade entre equipas e previne o colapso da rede por saturação do ar (*airtime*).

1.1. Fundamentos da Modulação LoRa e Parâmetros Rádio

A tecnologia LoRa (*Long Range*) utiliza a modulação por espalhamento de espectro *Chirp Spread Spectrum* (CSS). Esta técnica altera a frequência do sinal continuamente ao longo do tempo, garantindo elevada resistência ao ruído eletromagnético, a obstáculos físicos e ao efeito multipath em cenários urbanos ou orográficos complexos.

A performance da ligação rádio é determinada por quatro variáveis fundamentais:

- **Spreading Factor (SF):** Varia entre SF7 e SF12. Um SF elevado (ex.: SF11 no modo *LongFast*) aumenta dramaticamente a sensibilidade do recetor e a distância de alcance, mas reduz a taxa de transmissão de dados e multiplica o tempo que a mensagem demora a ser emitida no ar.
- **Bandwidth (BW):** Largura de banda do canal, padronizada em **125 kHz** para a região europeia no perfil predefinido.
- **Coding Rate (CR):** Taxa de codificação de correção de erros (tipicamente **4/5**), adicionando bits de redundância para reconstruir pacotes corrompidos no recetor.
- **Frequency Hopping:** O Meshtastic utiliza mecanismos de gestão de canal e temporização de transmissões para reduzir colisões e melhorar a coexistência entre múltiplos nós na mesma banda.





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

1.2. Legislação ANACOM e Especificações Regulamentares

As comunicações LoRa civis e de emergência em Portugal enquadram-se na categoria de Dispositivos de Curto Alcance (SRD - *Short Range Devices*), regulados pelo Quadro Nacional de Atribuição de Frequências (QNAF) da ANACOM e alinhados com a recomendação europeia ERC/REC 70-03.

Parâmetro Técnico	Limite Legal ANACOM	Configuração Padrão Meshtastic (EU_868)	Impacto Operacional no Terreno
Frequência Central	863.000 – 870.000 MHz	869.525 MHz (Slot/Canal 0)	Canal aberto e isento de licença de amador ou taxas operacionais.
Potência Emitida (ERP)	Máx. 500 mW (27 dBm)	14 a 22 dBm (Consoante o hardware)	Total conformidade legal sem necessidade de amplificadores externos.
Duty Cycle (Ciclo de Trabalho)	1% por hora (36 seg. de emissão/h)	Gerido automaticamente pelo Firmware	Proíbe emissões contínuas e força a otimização dos pacotes de dados.
Preset Rádio Padrão	N/A	LongFast (SF11 / BW 125 kHz)	Maximiza o alcance em áreas rurais e serranas à custa de menor débito.



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

1.3. A Infraestrutura Nacional e a Comunidade Meshtastic.pt

O projeto **Meshtastic.pt** articula os utilizadores no território nacional, disponibilizando infraestrutura de suporte e definindo os padrões de boas práticas para manter a malha comunicacional funcional em todo o país.

- **Servidor MQTT Comunitário (mqtt.meshtastic.pt):** Funciona como ponte IP para interligar nós ou sub-redes geograficamente isolados (ex.: ligar uma célula táctica na Serra da Estrela a um nó na Região Autónoma dos Açores). O tráfego nacional transita no tópico msh/EU_868.
- **Canais Primários e Encriptação:** O canal principal (*LongFast*) utiliza a chave de encriptação padrão pública (AQ==). Deve ser mantido sem alteração em todos os equipamentos para garantir que pedidos de socorro, balizas de geolocalização e mensagens de emergência sejam ouvidos por qualquer nó da comunidade.
- **Topologia de Rede e Controlo de Saltos (Max Hops):** Para evitar o "efeito avalanche" em que uma mensagem é retransmitida infinitamente até colapsar a frequência, o limite de saltos recomendados em Portugal é estritamente **3** ou **4**.
- **Padronização de Nomenclatura (ID de Nós):** Para simplificar a identificação no mapa táctico e nos registos do clube BEAR, os nós devem ser nomeados conforme o seu perfil:
 - *Nós Móveis/Operativos:* BEAR-[Sigla/ID] (Exemplo: BEAR-Tac01).
 - *Nós Fixos/Repetidores:* BEAR-REP-[Local] (Exemplo: BEAR-REP-Sintra).
- **Regras de Telemetria:** A transmissão automática de estado de bateria, voltagem e qualidade de sinal de nós fixos deve ser configurada para um intervalo mínimo de **30 a 60 minutos**, evitando a saturação do canal em favor das mensagens de texto e de socorro.



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752





Capítulo 2: Arquitetura de Hardware e Configuração Inicial

A escolha adequada do equipamento rádio e a sua correta parametrização constituem o alicerce para o desempenho de um nó na rede Meshtastic. As características do processador, do *chipset* LoRa, do módulo de gestão de energia (PMU) e do sistema radiante definem a autonomia, a sensibilidade e o alcance operacional em cenário real.

2.1. Comparativo de Placas e Módulos LoRa

Existe uma grande diversidade de hardware comercial no mercado. A seleção deve ser orientada pelo perfil de utilização pretendido: móvel (operacional individual), estação base fixa ou repetidor solar de altitude.

Modelo / Fabricante	Processador / Chipset LoRa	Consumo / Autonomia	Módulo GPS / Sensores	Perfil de Utilização Ideal
LilyGO T-Beam (v1.1 / Supreme)	ESP32 / SX1262 (ou SX1276)	Médio (~80-120 mA) Autonomia: 12h-24h (18650)	GPS Integrado (NEO-6M / L76K)	Operacional Móvel: Milsim, Airsoft e equipas de Busca e Salvamento em patrulha.
Heltec V3 (WiFi LoRa 32)	ESP32-S3 / SX1262	Elevado (~100-150 mA) Autonomia: 6h-10h (LiPo)	Sem GPS integrado Ecrã OLED 0.96" incluído	Nó de Entrada / Testes: Nós de secretária, gateway doméstica ligada a alimentação contínua.
RAK Wireless (WisBlock 4631)	nRF52840 / SX1262	Ultra-baixo (~10-15 mA) Autonomia: Dias/Semanas	Modular (GPS, BME280, etc.)	Repetidor Autónomo: Nós solares isolados em altitude ou postos de comando de longo curso.

2.2. Antenas e Eficiência Radiante (868 MHz)

A antena original fornecida pelos fabricantes (comumente designada como "antena de borracha" ou *duck antenna*) possui elevado rácio de onda estacionária (VSWR) e fraco ganho. Para maximizar a cobertura, deve considerar-se:

- **Frequência Requerida:** A antena tem de ser especificamente sintonizada para os **868 MHz** (antenas para 915 MHz ou 433 MHz causam perda extrema de sinal e podem danificar o andar de saída do transceptor).
- **Antenas Omnidirecionais (3 dBi – 6 dBi):** Ideais para equipamentos móveis e repetidores centrais. Proporcionam uma cobertura horizontal equilibrada a 360°.
- **Antenas Colineares / Fibra de Vidro (8 dBi – 10 dBi):** Indicadas para repetidores topo de gama fixos em mastros. Concentram o feixe num ângulo vertical mais reduzido, aumentando o alcance horizontal.
- **Medição de VSWR:** Recomendada a validação do acoplamento com um analisador de redes vetorial (NanoVNA). Valores de VSWR superiores a 1.5 devem ser rejeitados.





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

2.3. Instalação do Firmware e Configuração Inicial

A instalação e atualização do firmware Meshtastic são efetuadas diretamente através do navegador web (Chrome ou Edge) utilizando a interface Web Serial.

1. Instalação do Firmware:

- Aceder ao portal oficial flasher.meshtastic.org.
- Conectar a placa ao computador via cabo USB de dados (garantir a instalação prévia dos controladores CP210x ou CH340).
- Selecionar o modelo exato da placa, a versão de firmware (**Release Estável**) e o método de instalação (*Clean Install* na primeira utilização).

2. Parametrização do Canal e Região:

- Ligar o nó via Bluetooth à aplicação móvel (Android ou iOS).
- Definir obrigatoriamente a Região de Frequência em **EU_868**.
- Em **User Config**, definir o **Long Name** (ex.: BEAR Tac-1) e **Short Name** (ex.: BT1) com 4 caracteres máximos para exibição no mapa e ecrã.
- Ativar a opção **Location** na aplicação para transmitir a posição GPS do telemóvel caso o hardware não possua módulo de posicionamento dedicado.

2.3 INSTALERAÇÃO PFM BEAR ACADEMY, SINTRA, PORTUGAL

CONEXÃO USB DE DADOS

1. ACEDER PORTAL FLASHER.
2. CONECTAR PLACA VIA USB.
3. SELECIONAR MODELO E VERSÃO.

CONFIGURAÇÃO BLUETOOTH APP

1. LIGAR NÓ VIA BLUETOOTH.
2. DEFINIR REGIÃO EU_868.
3. DEFINIR NOMES.
4. ATIVAR LOCALIZAÇÃO.



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Capítulo 3: Aplicações Táticas no Airsoft e Milsim

Em eventos de Airsoft de longa duração e simulação militar (*Milsim*), a coordenação de forças e o domínio do espaço de batalha dependem da rapidez e da segurança na transmissão de dados. A utilização tradicional de rádios fonias PMR446 ou VHF/UHF apresenta duas limitações críticas: a vulnerabilidade à escuta por parte da força oponente (*OpFor*) e o risco de revelação de posições stealth devido ao ruído de voz.

O Meshtastic complementa e evolui as comunicações de esquadra ao introduzir a transmissão digital silenciosa, o rastreio automático de forças amigas (*Blue-Force Tracking*) e a encriptação de nível militar.





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

3.1. Arquitetura de Canais Privados e Encriptação AES-256

A garantia da confidencialidade tática num teatro de operações exige a separação clara entre a rede pública comunitária e as redes privadas da facção ou equipa.

- **Chaves de Encriptação (PSK):** O Meshtastic permite criar canais protegidos por algoritmos de encriptação **AES-256**. As mensagens e coordenadas transmitidas num canal privado cifrado são ilegíveis para qualquer dispositivo fora da rede da equipa, que apenas deteta tráfego de dados indecifrável.
- **Hierarquia de Canais Táticos:**
 - **Canal 0 (Primário/Comando):** Reservado para a ligação entre os Comandantes de Fação, Líderes de Esquadra (SL) e Elementos de Logística.
 - **Canal 1 (Secundário/Esquadra):** Canal dedicado à comunicação interna da unidade/pelotão para partilha de coordenadas e ordens diretas.
 - **Canal 2 (Reconhecimento/Snipers):** Canal restrito para equipas *Recce*, otimizado para o envio pontual de dados sobre posições inimigas sem emissão fonética.
- **Distribuição de Configuração por Código QR:** Durante a fase de *briefing* ou preparação de missão (*Infill*), o Líder de Comunicações gera a chave encriptada na sua aplicação e partilha-a instantaneamente com os operadores através do rastreio de um Código QR no ecrã do telemóvel, eliminando o erro humano na introdução manual de chaves.





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

3.2. Consciência Situacional e Rastreo de Forças Amigas (Blue-Force Tracking)

O conhecimento da posição exata dos elementos da própria equipa em tempo real previne episódios de fogo amigo (*Blue-on-Blue*) e acelera as manobras de flanqueamento e reorganização.

- **Integração com ATAK (Android Tactical Assault Kit):** Através do suporte nativo da aplicação Meshtastic ao protocolo ATAK / CivTAKs, é possível plotar a posição dos operadores num mapa táctico vetorial e descarregado (offline). Cada nó surge como um marcador de força amiga (*PLI - Position Location Information*).
- **Partilha de Coordenadas Tácticas (MGRS / UTM):** A transmissão automática das coordenadas GPS do operador é processada em segundo plano. O sistema pode ser configurado no formato **MGRS** (*Military Grid Reference System*), padrão utilizado no Airsoft/Milsim para reporte rápido de grelhas de mapa.
- **Envio de Marcadores de Ponto de Interesse (Waypoints):** Os operadores podem marcar visualmente no mapa de toda a esquadra a localização de:
 - Posições fortificadas ou ninhos de metralhadora inimigos (*Contact*).
 - Pontos de Reagrupamento (*Rally Points - RV*).
 - Objetivos de missão e pontos de extração (*EXFIL*).
 - Locais de feridos/médicos (*Casualty Collection Points - CCP*).



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752



Fundado a 23 de março de 2016

3.3. Disciplina de Emissões, Camuflagem Rádio e EMCON

Num cenário Milsim avançado, equipas adversárias podem utilizar rastreadores de sinal de rádio e analisadores de espectro para detetar a presença de operadores através das suas emissões rádio. A aplicação das regras de Controlo de Emissões (EMCON) é fundamental.



- **Ajuste de Potência de Transmissão:** Para comunicações restritas ao raio da esquadra (até 1 km em zona florestal densa), a potência de saída deve ser reduzida para **14 dBm (25 mW)**. Isto reduz drasticamente a pegada eletromagnética e impede que a *OpFor* identifique a presença da equipa a longa distância.
- **Silenciamento Visual e Lumínico (Modo Stealth):** Módulos com ecrãs OLED ou LEDs integrados (como as placas Heltec) devem ter os LEDs de transmissão desativados via software e o ecrã configurado para *Auto-Off* (ou coberto com fita tática) para evitar a revelação de posição em operações noturnas.
- **Integridade do Equipamento (Acondicionamento Tático):**
 - O nó Meshtastic deve ser acondicionado dentro de uma bolsa *MOLLE* protegida contra impacto e humidade.
 - A antena não deve ser dobrada nem ficar encostada diretamente ao corpo do operador (a água presente no corpo humano absorve o sinal rádio). A montagem ideal utiliza um cabo de extensão coaxial (RG58 / LMR195) projetando a antena acima da linha dos ombros, na parte traseira do colete tático.



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

3.4. Matriz de Perfis e Mensagens de Texto Padronizadas

Para otimizar o tempo de emissão no ar (*airtime*) e cumprir os limites regulamentares, as comunicações de texto táticas devem seguir formatos concisos e padronizados:

Perfil Operacional	Módulo Recomendado	Frequência de Posição	Tipo de Posição / Função
Operador de Assalto	LilyGO T-Beam / T-Echo	A cada 2 a 5 minutos	Transmite posição GPS dinâmica em movimento.
Elemento Recce / Sniper	RAK Wireless (Modo Silencioso)	Manual ou > 15 minutos	Transmite apenas sob comando manual ou envio de <i>waypoints</i> .
Líder de Esquadra (SL)	T-Beam + Integração ATAK	A cada 2 minutos	Monitoriza a totalidade da malha e efetua ponte fonética/dados.
Posto de Comando (HQ)	RAK Wireless com Antena 6dBi	Fixo (Desativado/Manual)	Recebe relatórios globais e centraliza a telemetria do jogo.

Exemplos de Formato de Mensagem Padronizada:

- **Contacto Inimigo:** CONT / MGRS 29S ND 1234 5678 / 4 PAX / SECTOR NORTE
- **Pedido de Suporte Médico:** MEDEVAC / MGRS 29S ND 1230 5600 / 2 OPERADORES OUT
- **Atualização de Ponto de Reagrupamento:** NEW RV / GRID 29S ND 1100 5500 / ETA 10 MIN



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Capítulo 4: Busca e Salvamento (SAR) e Gestão de Emergências

Em operações de Busca e Salvamento (*Search and Rescue* - SAR), a velocidade na recolha de informação e a precisão na localização de vítimas ou equipas no terreno determinam o sucesso da missão. As orografias acentuadas em Portugal — como o Parque Nacional da Peneda-Gerês, a Serra da Estrela ou a Serra de Sintra — apresentam extensas "zonas de sombra" onde as redes móveis comerciais (GSM/5G) e até as redes rádio dedicadas podem falhar.

O Meshtastic atua como uma camada infraestrutural complementar de elevada resiliência, permitindo o rastreio contínuo de operacionais e a transmissão de pedidos de socorro sem dependência de redes de telecomunicações públicas.



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

4.1. Cobertura em Zonas de Sombra e Topologia de Busca

Em missões SAR, as equipas progridem frequentemente por vales, ravina ou desfiladeiros que bloqueiam a visibilidade direta (*Line-of-Sight*) com o Posto de Comando Operacional (PCO). A arquitetura em malha do Meshtastic resolve este obstáculo de forma automática:

- **Relé Dinâmico por Equipas no Terreno:** Se uma equipa de busca descer a um vale profundo, as suas transmissões saltam através das equipas posicionadas nas cristas da serra, mantendo o fluxo de dados ativada até ao PCO.
- **Repetidores Rápidos de Vanguarda (*Tactical Relays*):** Lançamento de nós autónomos e portáteis (equipados com baterias de elevada capacidade ou painéis solares dobráveis) em pontos altos estratégicos durante o avanço da missão, criando uma bolha de cobertura temporária numa área de busca não mapeada.



4.2. Protocolo de Sinalização de Socorro (*Beaconing*) e Alertas de Emergência

O envio de alertas de emergência e a marcação exata do Local da Vítima ou do Incidente (*LKP - Last Known Position*) deve seguir um protocolo rígido para evitar pânico ou duplicação de meios.



- **Ativação da Função SOS/Emergency Alert:** Através da aplicação móvel ou de botões físicos configurados no hardware (ex.: botão de pressão no T-Beam/T-Echo), o operador pode despoletar um sinal de emergência que força a transmissão continuada da posição exata com prioridade sobre o tráfego da rede.
- **Formatos de Coordenadas em SAR:**
 - **WGS84 (Graus Decimais / DDM):** Padrão primário para partilha de coordenadas com meios aéreos (como helicópteros da Força Aérea ou da Proteção Civil).
 - **MGRS / UTM:** Padrão de progressão e varredura de quadrículas pelas equipas terrestres.
- **Marcação de Ponto de Encontro e Extração:** Identificação imediata da *Drop Zone* (DZ) ou do Ponto de Evacuação Médica (*PVP - Ponto de Vítima Passada*) diretamente na aplicação de navegação (*QField, Avenza Maps* ou *ATAK*).



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

4.3. Integração com o Posto de Comando Operacional (PCO)

O PCO necessita de centralizar todas as posições num mapa de situação único para gerir as linhas de varredura (*search grids*) e garantir a segurança dos operacionais de resgate.

Componente no PCO	Configuração Técnica	Função Operacional
Estação Base Fixa (PCO)	RAK Wireless / Heltec V3 + Antena Colinear 6 dBi montada num mastro de 3 a 6 metros.	Garbeia todos os dados transmitidos pelas equipas de busca num raio de 5 a 15 km.
Gateway IP Local	Ligação via Wi-Fi ou Bluetooth a um computador portável / Tablet com servidor local.	Regista os registos (<i>logs</i>) de navegação e histórico de telemetria da equipa em base de dados offline.
Mapeamento Offline	Exportação de dados do Meshtastic para softwares GIS (QGIS, CivTAK, ATAK, OSMAnd).	Permite ver as tramas de progressão das equipas (<i>tracks</i>) e identificar áreas de busca não cobertas.





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

4.4. Padronização de Mensagens e Formato de Relatórios SAR

Para maximizar a autonomia das baterias dos equipamentos e garantir a clareza numa situação de stress operacional, os relatórios de texto devem ser estruturados de forma estandardizada:

Exemplos de Comunicações SAR Padrão:

- **Relatório de Ponto de Situação de Equipa (SITREP):**
 - BEAR-SAR1 / SITREP / GRID 29S ND 1020 5430 / VARREDURA 50% / SEM NOVIDADES
- **Localização e Confirmação de Vítima (FIND):**
 - BEAR-SAR2 / FIND / LAT 41.1234 LON -8.5678 / 1 VÍTIMA CONSCIENTE / FRATURA MRO INFERIOR / REQ MEDEVAC
- **Pedido de Reforço ou Apoio Logístico:**
 - BEAR-SAR3 / REQ / MGRS 29S ND 1200 5500 / AGUA E MATERIAL ILUMINAÇÃO / ETA EXAUSTÃO 2H



4.5. Gestão de Autonomia e Energia em Missões Prolongadas (24h a 72h)

A continuidade das comunicações durante operações de busca prolongadas exige rigor na gestão energética do hardware Meshtastic:

1. **Ajuste de Intervalo do GPS:** Configurar a transmissão de localização de 30 em 30 segundos (em deslocação rápida) para **2 a 5 minutos** durante o trabalho de varredura lenta a pé.
2. **Gestão de Periféricos:** Desativar a iluminação do ecrã e desativar módulos desnecessários (como Wi-Fi e sensores ambientais de telemetria secundária) nas unidades de mão dos operacionais.
3. **Módulos de Baixo Consumo:** Priorizar a utilização de hardware baseado no *chipset Nordic nRF52840* (como a gama RAK WisBlock ou LilyGO T-Echo com ecrã *E-Paper*) para os operacionais no terreno, garantindo baterias com duração contínua de vários dias sem necessidade de recarga.

4.5 GESTÃO DE AUTONOMIA E ENERGIA EM MISSÕES PROLONGADAS (24h-72h) - HARDWARE DE BAIXO CONSUMO



HARDWARE nRF52840 (RAK WisBlock/T-Echo): BAIXO CONSUMO

Ajuste Dinâmico de Localização: 2 a 5 minutos a pé

MESH - OK RAK-MB2

SCREEN BRIGHTNESS: OFF

LILYGO T-Echo: SCREEN BRIGHTNESS: OFF WI-FI: OFF

E-PAPER / OLED: MÍNIMO CONSUMO DE ECRÃ Passive state information

WI-FI / TELEMETRIA SECUNDÁRIA: DESATIVADOS

DIA 2: Gestão Energética Ativa



Fundado a 23 de março de 2016

Capítulo 5: Resposta a Catástrofes Naturais e Resiliência Civil

Em cenários de catástrofe natural — como incêndios florestais de grande dimensão, sismos ou fenómenos meteorológicos extremos —, o colapso das infraestruturas críticas de energia e telecomunicações ocorre frequentemente nos primeiros minutos. As estações base de telemóvel (RBS) dependem de baterias de recurso com autonomia limitada a poucas horas. Quando estas se esgotam ou as fibras óticas de *backhaul* são destruídas, populações e equipas de apoio ficam isoladas.

O Meshtastic estabelece uma rede de comunicações civil e de resposta a emergências que pode continuar a operar mesmo na ausência de infraestruturas de telecomunicações e energia centralizadas, garantindo a continuidade operacional e a ajuda comunitária.





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

5.1. Comunicação Pós-Apagão e Resiliência "Zero-Grid"

A arquitetura do Meshtastic foi concebida para funcionar em ambientes de "Zero-Grid" (ausência total de infraestrutura externa).

- **Independência de Servidores Centrais:** Ao contrário de redes baseadas em protocolo IP, as mensagens do Meshtastic circulam diretamente de dispositivo para dispositivo. Não existem pontos centrais de falha (*Single Points of Failure*).
- **Sobrevivência Energética:** Devido ao consumo reduzido da tecnologia LoRa, um simples *powerbank* de 10.000 mAh pode, dependendo do hardware, intervalo de transmissão, GPS ativo e temperatura ambiente, manter um nó operacional ativo durante mais de uma semana, enquanto pequenas células solares garantem funcionamento indeterminado.

5.1 IMPROVISACÃO COMUNICACAO DE - VIALONGA, LISBON, PORTUGAL

[Infraestrutura Crítica Desativada]
(PÓS-APAGÃO)

[Rede Meshtastic:
Ponto-a-Ponto, Sem Servidores]
(RESILIÊNCIA ZERO-GRID)

[Powerbank 10.000 mAh:
Autonomia > 1 Semana]

[Pequena Célula Solar]
(FUNCIONAMENTO INDETERMINADO)

5.2. Dimensionamento e Montagem de Nós Repetidores Solares

Para criar uma "coberta de proteção" sobre um município ou freguesia, é necessária a implementação de repetidores autónomos localizados em pontos altos (telhados, cumes de serras ou mastros de edifícios públicos).



Requisitos Técnicos do Nó Repetidor Solar:

1. **Hardware Eficiente:** Utilização prioritária de arquitetura **nRF52840** (ex.: RAK WisBlock 4631) devido ao consumo em *sleep mode* inferior a **15 µA**.
2. **Química de Baterias:** Preferência por células **LiFePO4** (Fosfato de Ferro e Lítio) em detrimento do Li-ion standard, dada a sua maior estabilidade térmica (resistência ao calor num telhado no verão) e ciclo de vida alargado (> 2000 ciclos).
3. **Estanqueidade e Acondicionamento:** Caixa exterior com certificação **IP67/IP68**, passa-cabos (PG glands) com vedação em silicone e conector N-Type montado diretamente no topo da caixa para minimizar perdas no cabo coaxial.
4. **Papel no Firmware (Device Role):** Configurar o dispositivo com o perfil **REPEATER** ou **ROUTER**. Nestes modos, o nó não emite pacotes de posição nem atende a ligações Bluetooth locais, dedicando 100% do seu processamento e energia a retransmitir pacotes da rede.



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

5.3. Matriz de Tipologias de Estações de Emergência

Tipo de Estação	Hardware Base	Fonte de Alimentação	Raio de Ação Típico	Função Principal na Crise
Nó de Cidadão / Família	Heltec V3 / T-Beam	Bateria Interna / Powerbank	1 km – 3 km (Urbano)	Comunicação de segurança familiar e reporte de necessidades básicas.
Repetidor Comunitário (Freguesia)	RAK WisBlock 4631	Painel Solar 6W + Bateria LiFePO4	10 km – 30 km (Linha de Vista)	Cobertura regional e interligação entre aglomerados populacionais.
Gateway de Proteção Civil	RAK / T-Beam + RASPBERRY PI	Rede Elétrica / UPS / Gerador	Cobertura Local + Acesso IP	Ligação da rede Mesh aos serviços municipais (SMPC/ANEPC) via MQTT/IP.



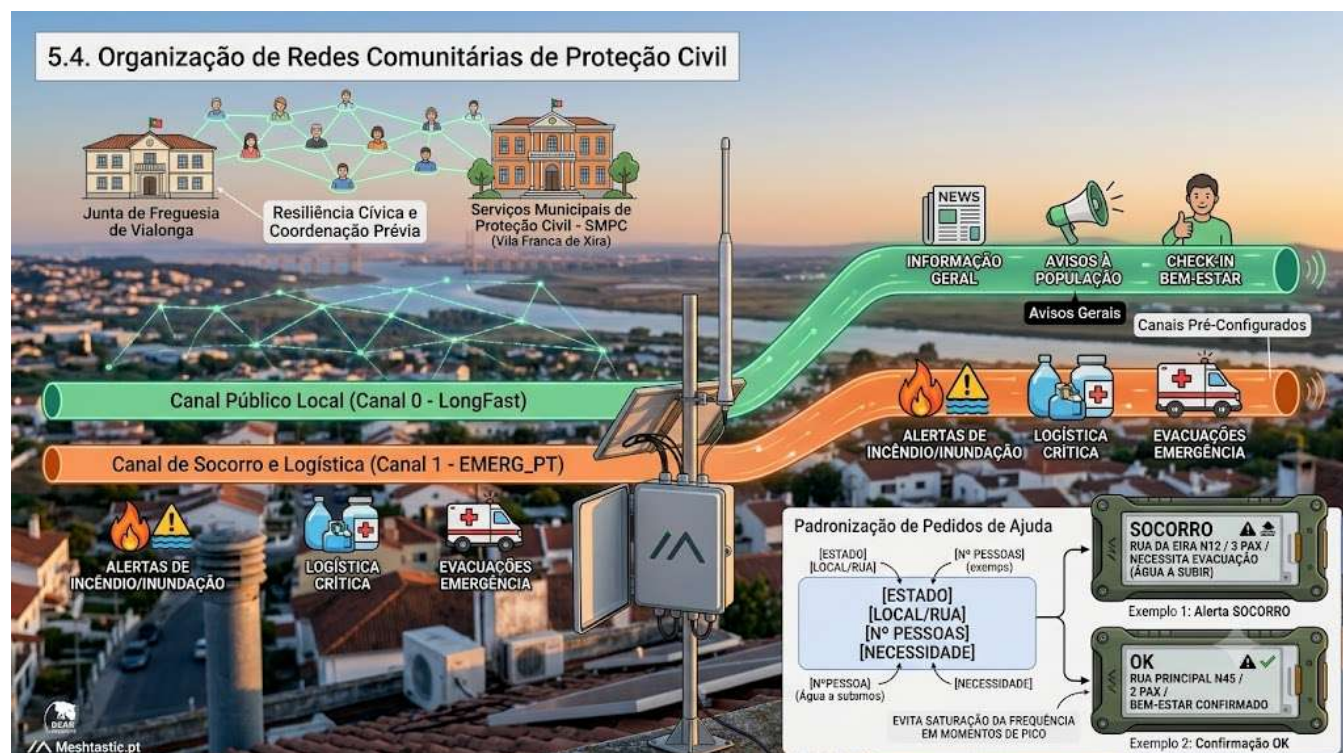
Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752



5.4. Organização de Redes Comunitárias de Proteção Civil

A resiliência cívica exige organização prévia entre os habitantes e as estruturas locais de Proteção Civil (Serviços Municipais de Proteção Civil - SMPC e Juntas de Freguesia).

- **Canais de Emergência Pré-Configurados:**
 - **Canal Público Local (Canal 0 - LongFast):** Canal geral para pedido de informações, confirmação de bem-estar (*Check-in*) e avisos à população.
 - **Canal de Socorro e Logística (Canal 1 - EMERG_PT):** Canal restrito a pedidos prioritários de bens de primeira necessidade (água, alimentos, medicação) e alertas de incêndio/inundação iminente.
- **Padronização de Pedidos de Ajuda:** Para evitar a saturação da frequência em momentos de pico, as mensagens da população devem seguir o formato resumido:
 - [ESTADO] / [LOCAL/RUA] / [Nº PESSOAS] / [NECESSIDADE]
 - *Exemplo:* SOCORRO / RUA DA EIRA N12 / 3 PAX / NECESSITA EVACUAÇÃO (ÁGUA A SUBIR)
 - *Exemplo:* OK / RUA PRINCIPAL N45 / 2 PAX / BEM-ESTAR CONFIRMADO



5.5. Protocolo de Integração com Redes Externas e Amadores de Rádio

Quando a infraestrutura de internet falha regionalmente, mas permanece ativa noutras partes do país, os nós equipados com ligação IP (Gateways) e os operadores de Rádio Amadorismo desempenham um papel vital.

- **Pontes MQTT de Emergência:** A ativação temporária do canal msh/EU_868/Emergencia permite que mensagens de socorro originadas numa área isolada em Portugal transitem via servidor comunitário mqttt.meshtastic.pt diretamente para centros de comando noutras cidades, despoletando o envio de meios de socorro estatais para as coordenadas indicadas na mensagem.





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Capítulo 6: O Meshtastic como Hobby, Experimentação e Engenharia de Rádio

Além do valor tático e operacional, o Meshtastic representa uma plataforma viva de experimentação em engenharia de rádio, eletrónica e desenvolvimento de software *open-source*. Para os entusiastas e associados da Academia BEAR, a rede oferece um campo de testes prático para explorar a propagação de RF, a construção de antenas artesanais, a automação com Python e a telemetria ambiental.





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO

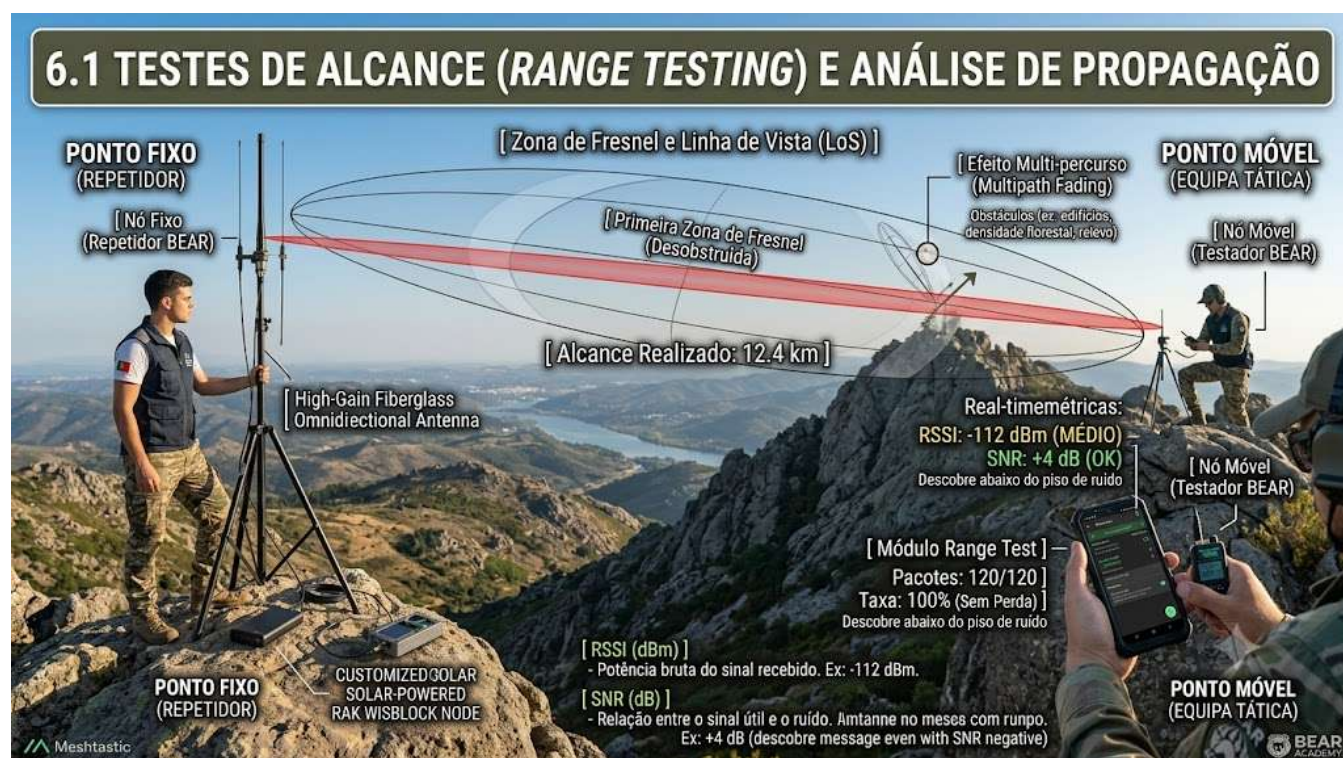


Fundado a 23 de março de 2016

6.1. Testes de Alcance (Range Testing) e Análise de Propagação

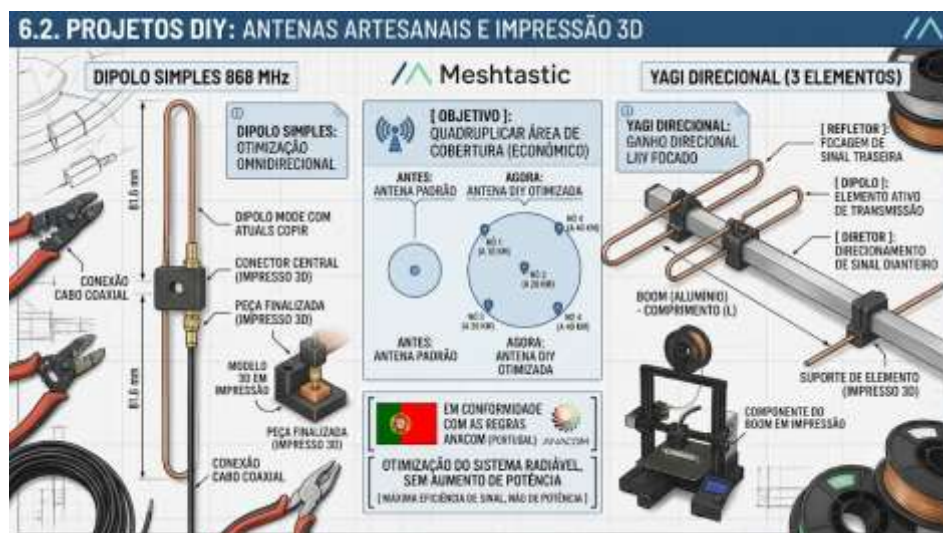
A determinação da cobertura real de um nó em terreno acidentado ou urbano exige testes de campo metódicos e a análise de métricas de rádio em tempo real.

- **Módulo Range Test:** O firmware Meshtastic inclui um módulo nativo de teste de alcance. Um nó fixo ou móvel é configurado para emitir pacotes sequenciais numerados com um intervalo definido (ex.: a cada 60 segundos). O nó recetor regista a percentagem de pacotes recebidos e calcula a taxa de perda (*packet loss*).
- **Métricas Principais de RF:**
 - **RSSI (*Received Signal Strength Indicator*):** Medido em dBm (ex.: -80 dBm a -120 dBm). Indica a potência bruta do sinal recebido. Valores mais próximos de zero representam um sinal mais forte.
 - **SNR (*Signal-to-Noise Ratio*):** Medido em dB (ex.: +10 dB a -15 dB). Representa a relação entre o sinal útil e o ruído de fundo. A tecnologia LoRa consegue descodificar mensagens mesmo com SNR negativo (sinais abaixo do piso de ruído térmico).
- **Zona de Fresnel e Linha de Vista (LoS):** O alcance máximo em 868 MHz é fortemente condicionado pela desobstrução da primeira Zona de Fresnel. Obstáculos como edifícios, densidade florestal ou o relevo terrestre absorvem o sinal e provocam o fenómeno de multi-percurso (*multipath fading*).



6.2. Projetos DIY: Antenas Artesanais e Impressão 3D

A otimização do sistema radiante é a forma mais eficaz e económica de quadruplicar a área de cobertura de uma estação, sem violar os limites legais de potência da ANACOM.



- **Construção de Antenas para 868 MHz:**
 - **Dipolo de Meia Onda ($1/2 \lambda$):** Fácil construção com cabo coaxial de 50 Ohms (ex.: RG58). Cada braço do dipolo deve medir exatamente **81,6 mm** (calculado pela fórmula $L = \frac{142.5}{f_{\text{MHz}}}$ em metros).
 - **Antena Yagi-Uda (Direcional):** Indicada para ligações *point-to-point* de longa distância (ex.: interligar dois picos distantes 40 km). Concentra a energia num feixe estreito com ganhos superiores a **9 a 12 dBi**.
 - **Colinear de Cabo Coaxial (CoCo):** Construída através de troços invertidos de cabo coaxial, oferecendo elevado ganho omnidirecional (**6 a 8 dBi**) para repetidores de topo de serra.
- **Validação com NanoVNA:** Toda a antena artesanal deve ser testada num analisador de redes vetorial. O objetivo é sintonizar a frequência de ressonância nos **869.5 MHz** garantindo um **SWR / VSWR ≤ 1.5** (mínima reflexão de potência de regresso ao emissor).
- **Caixas e Acondicionamento em Impressão 3D:**
 - Modelagem de caixas personalizadas em CAD (Fusion 360, FreeCAD) para albergar placas, ecrãs, conectores SMA e baterias.
 - **Seleção do Filamento:** Evitar o uso de PLA em equipamentos exteriores devido à degradação sob radiação UV e baixa resistência térmica. Deve utilizar-se **PETG, ABS** ou **ASA** para garantir durabilidade ao ar livre.



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

6.3. Telemetria e Integração com Sensores Ambientais

Os nós Meshtastic podem operar como estações remotas de recolha de dados meteorológicos e ambientais via barramento I²C.

Sensor	Métricas Recolhidas	Aplicação Prática no Terreno
BME280 / BME680	Temperatura, Humidade, Pressão Atmosférica, Qualidade do Ar (VOC)	Monitorização de microclima e previsão de nevoeiro/frente fria em missões SAR.
INA219 / INA226	Tensão (V), Corrente (mA) e Potência (mW) da Bateria/Painel Solar	Telemetria de saúde de repetidores solares isolados em altitude.
DS18B20	Temperatura de Precisão (Sonda Estanque)	Medição de temperatura de caixas técnicas ou equipamentos sensíveis ao calor.



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO

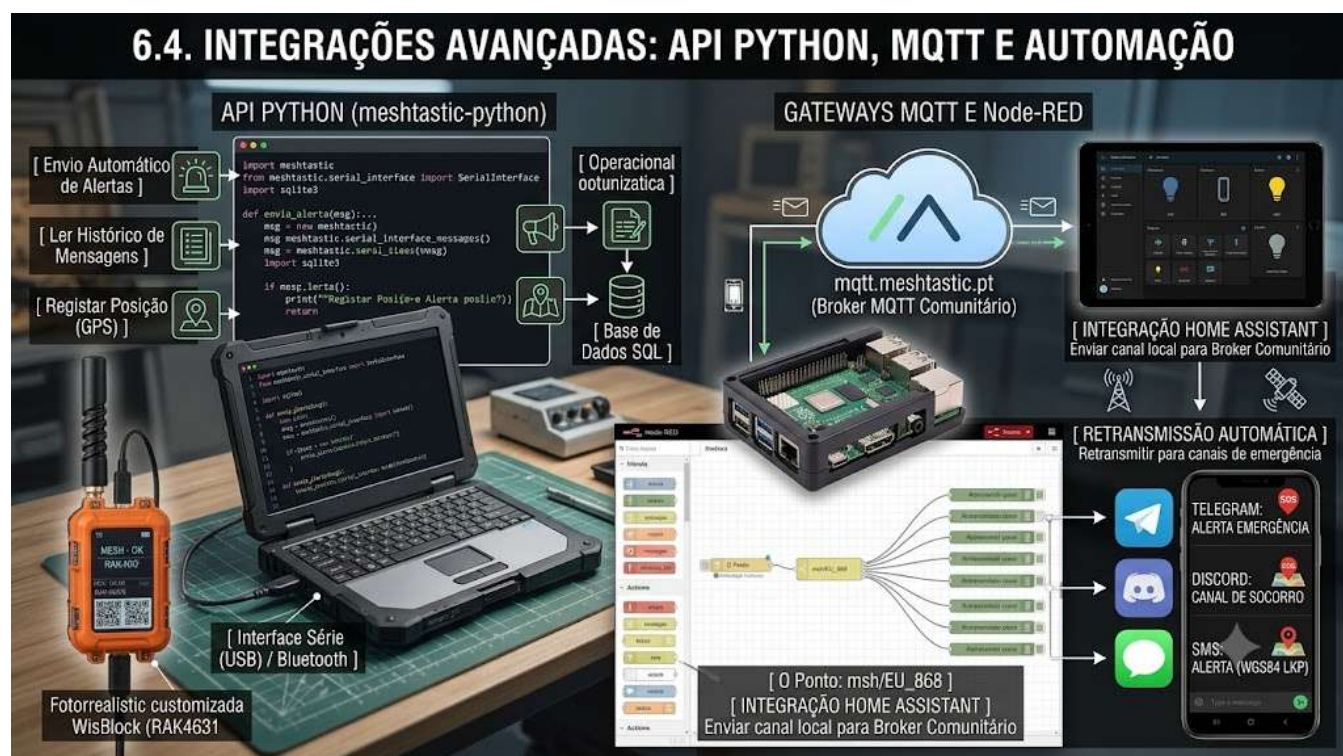


Fundado a 23 de março de 2016

6.4. Integrações Avançadas: API Python, MQTT e Automação

Para utilizadores com conhecimentos de programação, o ecossistema Meshtastic disponibiliza bibliotecas completas para criar bots, dashboards e automações.

- **Interface Python (meshtastic-python):** Permite interagir com o nó através de porta série (USB) ou Bluetooth. Com poucas linhas de código é possível programar o envio automático de alertas, ler o histórico de mensagens ou registar a posição dos nós numa base de dados SQL.
- **Gateways MQTT e Node-RED:**
 - O envio de mensagens do canal local para o broker MQTT comunitário (mqtt.meshtastic.pt) possibilita a integração com plataformas de domótica como o **Home Assistant**.
 - Construção de fluxos no **Node-RED** para retransmitir automaticamente mensagens do Meshtastic para canais do **Telegram**, **Discord** ou serviços de alerta por SMS em caso de emergência.





Fundado a 23 de março de 2016

Capítulo 7: Manutenção, Resolução de Problemas e Procedimentos Operacionais Padrão (SOPs)

A fiabilidade de uma rede rádio descentralizada depende da manutenção preventiva rigorosa do hardware e da padronização dos procedimentos no terreno. Falhas em conectores, baterias degradadas ou parametrizações incorretas de firmware podem comprometer toda a cadeia de comunicação durante um jogo de Milsim, uma missão SAR ou uma situação de emergência real.



7.1. Manutenção Preventiva e Conservação de Hardware

A exposição contínua a humidade, poeira e variações térmicas degrada os componentes eletrónicos e radiantes. Para garantir a prontidão operacional, devem aplicar-se os seguintes cuidados:

- **Proteção do Andar de Saída de RF (Amplificador de Potência): Nunca emitir sinal sem uma antena devidamente ligada ao conetor (SMA ou IPEX).** Transmitir sem carga refletirá a energia de RF diretamente para o transceptor LoRa, destruindo permanentemente o circuito integrado (*Power Amplifier*).
- **Gestão e Armazenamento de Baterias:**
 - Para períodos de inatividade superiores a 30 dias, as baterias de Li-ion (18650/21700) e LiPo devem ser armazenadas a uma tensão de armazenamento segura (**~3.8 V por célula / ~50% de carga**).
 - Inspeccionar periodicamente a presença de inchaço físico em baterias LiPo ou corrosão nos contactos metálicos dos suportes.
- **Impermeabilização e Proteção Ambiental:**
 - Caixas exteriores e portáteis devem ser seladas com vedantes de silicone e incluir uma saqueta de sílica gel no interior para absorver a humidade residual e evitar a condensação.
 - Aplicar massa dielétrica em conectores SMA expostos a intempéries para prevenir a oxidação provocada pela maresia em zonas costeiras.





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

7.2. Matriz de Resolução de Problemas (Troubleshooting)

Sintoma Observado	Causa Provável	Ação Corretiva Recomendada
Impossibilidade de emparelhar via Bluetooth	Módulo BT encravado ou ligado a outro dispositivo prévio.	Reiniciar o nó hardware. Forçar o esquecimento do dispositivo nas definições do smartphone e emparelhar novamente via app Meshtastic.
Alcance extremamente reduzido (< 300m)	Antena desadequada (ex.: 915 MHz), cabo danificado ou VSWR elevado.	Validar a antena num NanoVNA. Substituir a pigtail/cabo coaxial e garantir ajuste exato na frequência de 868 MHz .
Nó não obtém fixação de GPS (<i>GPS Lock</i>)	Arranque a frio (<i>Cold Start</i>) em zona obstruída ou interferência de antena.	Colocar o equipamento em campo aberto durante 3 a 5 minutos. Verificar se a antena de patch GPS não está coberta por placas metálicas ou baterias.
Alertas de saturação de ar (<i>Duty Cycle Exceeded</i>)	Frequência de telemetria ou limite de saltos (<i>Max Hops</i>) demasiado elevados.	Reduzir o <i>Hop Limit</i> para 3. Aumentar o intervalo de transmissão de telemetria/posição para 15-30 minutos na aplicação.
Mensagens privadas não chegam aos elementos	Chave PSK incorreta ou canal secundário desalinhado.	Voltar a importar o canal via código QR do Líder de Esquadra para sincronizar a chave AES-256 e o nome exato do canal.



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

7.3. Procedimentos Operacionais Padrão (SOP) da Academia BEAR

A eficácia em campo exige a execução disciplinada de protocolos pré e pós-operação por todos os elementos da equipa.





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

7.4. Checklist de Prontidão Rápida (Pré-Despregue)

Antes de iniciar qualquer deslocação operacional no terreno, o operador BEAR deve validar a seguinte lista de verificação:

- ☐ **Hardware:** Antena sintonizada a 868 MHz devidamente apertada ao conetor SMA.
- ☐ **Alimentação:** Bateria do nó a 100% + Powerbank de recurso e cabo de carga verificado.
- ☐ **Firmware & Definições:** Região configurada em **EU_868** e *Hop Limit* fixado em **3**.
- ☐ **Canais:** Canal 0 (*LongFast*) ativo + Canal Privado da Esquadra importado via QR Code.
- ☐ **Geolocalização:** Módulo GPS com sinal fixado ou partilha de posição do smartphone ativa.
- ☐ **Software:** Aplicação móvel emparelhada e mapas offline da zona de operações descarregados no telemóvel.

7.4 CHECKLIST DE PRONTIDÃO RÁPIDA (Pré-Despregue)

☐ **Hardware:** Antena sintonizada a 868 MHz devidamente apertada ao conetor SMA

Customized RAK WisBlock (RAK4631) + Antena + Helical vive <IMAGE-4>

☐ Validam toda hardware hardware

☐ **Alimentação:** Bateria do nó a 100% + Powerbank verificado

10.000 mAh
[Bateria degradada: Verificação regular]
[Bateria Li-ion a 100%]
[Powerbank de recurso e cabo verificado]
[NÓ e Powerbank 10.000 mAh: Autonomia > 1 Semana]
[GESTÃO E ARMAZENAMENTO DE BATERIAS]

☐ **Canais:** Canal 0 (LongFast) ativo + Canal Privado importado via QR Code

[O Ponto: msh/EU_868]
[Canal Público Local (Canal 0 - LongFast)]
[Canal de Socorro e Logística (Canal 1 - EMERG_PT)]
[Padronização de Pedidos de Ajuda]
[Sincronização QR]
[Software: Aplicação móvel emparelhada e mapas offline (Mapeamento Offline (ATAK/QField/DsmAnd))]

☐ **Firmware & Definições:** Região configurada em EU_868 e Hop Limit fixado em 3

[FASE PRÉ-MISSÃO]
config: EU_868 ✓
hop_limit: 3 ✓
config_check: OK ✓
[Firmware Estável]
[Versão Comum Equipa]

☐ **RF Tráfego Físico & Acessível (Princípio LoRa)**

[868 MHz - Espectro Público]
[Mitigação de Ameaças]
[Cifragem AES-256]
[Frequência Dinâmica]
[Desplacem de Sinal]
[868 MHz - Espectro Público]
[SEGURANÇA OPERACIONAL (OPSEC) E ASSINATURA RÁDIO]
Código QR de Canais Cifrados



Fundado a 23 de março de 2016

Capítulo 8: Segurança da Informação, OPSEC e Cibersegurança em Rádio

A utilização de frequências públicas isentas de licença (como os 868 MHz) implica que todo o tráfego de RF é físico e acessível a qualquer recetor situado dentro do raio de alcance das antenas. Em cenários táticos competitivos (Airsoft/Milsim) ou em ambientes hostis, a simples transmissão de dados revela a presença de operadores. A aplicação de princípios de Segurança Operacional (OPSEC) e a mitigação de ameaças cibernéticas em rádio são essenciais para manter a integridade das forças no terreno.



8.1. Segurança Operacional (OPSEC) e Assinatura Rádio

A assinatura eletromagnética de uma unidade no terreno pode ser detetada por equipamentos de radiogoniometria (localização de transmissores por triangulação de sinal) e analisadores de espectro, mesmo sem acesso ao conteúdo das mensagens.

- **Minimização da Pegada de RF:** Emissão de transmissões de curta duração e com a menor frequência possível. O envio de pacotes longos e frequentes gera picos no espectro rádio que facilitam a deteção por forças oponentes (*OpFor*).
- **Desativação de Identificadores Públicos:** Em missões táticas, os nós não devem utilizar nomes que identifiquem a identidade real do operador ou o seu posto de comando no mapa público (*Long Name* e *Short Name* genéricos, como NODE-01).
- **Anonimização de Telemetria de Posição:** A partilha automática de coordenadas GPS deve ser desativada nos canais públicos (Canal 0) e restringida exclusivamente aos canais encriptados da equipa.





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

8.2. Ameaças Específicas e Técnicas de Mitigação

Ameaça / Ataque	Descrição do Impacto	Técnica de Mitigação Recomendada
Jamming (Interferência)	Emissão contínua de sinal de ruído de elevada potência nos 868 MHz para bloquear a frequência e impedir o envio de pacotes.	Alterar o <i>Preset</i> Rádio para canais alternativos de sub-banda; utilizar antenas direcionais (Yagi) para rejeitar o sinal de interferência vindo de uma direção específica.
Replay Attacks	Captura de pacotes válidos transmitidos no ar por terceiros e posterior reemissão para criar desinformação ou duplicação no mapa.	O protocolo Meshtastic inclui números de sequência de pacotes (<i>Packet ID</i>) e marcas temporais; manter a hora do sistema sincronizada previne a aceitação de pacotes antigos.
Node Spoofing / Injeção	Introdução de nós falsos na rede para injetar coordenadas GPS erradas de equipas de resgate ou mensagens falsas de socorro.	Utilizar obrigatoriamente canais privados encriptados com chaves AES-256 (PSK) de elevada entropia; rejeitar tráfego de nós não validados previamente.
Rastreio de Endereço MAC/BT	Deteção de ligações Bluetooth ativas do smartphone ao nó Meshtastic por varredura de proximidade inimiga.	Ocultar a visibilidade Bluetooth do nó ou utilizar ligação direta via cabo USB-OTG/Serial ao dispositivo móvel em cenários de elevado risco.

8.3. Gestão e Ciclo de Vida de Chaves de Encriptação (AES-256)

A encriptação por chave simétrica (PSK) garante que apenas os dispositivos com a chave exata conseguem decifrar o conteúdo das mensagens e posições do canal.

- **Geração de Chaves de Elevada Entropia:** Evitar o uso de chaves simples ou predefinidas pela aplicação. As chaves privadas devem ser geradas aleatoriamente pelo firmware (256 bits).
- **Protocolo de Distribuição *Out-of-Band*:** A partilha da chave privada nunca deve ser efetuada através da rede Meshtastic aberta ou por meios não cifrados. A distribuição deve ser realizada fisicamente antes da missão via leitura de **Código QR** presencial ou ficheiros de configuração cifrados.
- **Procedimento de Sanitização Pós-Operação (Zeroize):** No final de cada exercício ou missão tática, todos os operadores devem limpar as chaves privadas armazenadas nos dispositivos, restaurando as configurações de fábrica ou carregando perfis neutros para evitar o comprometimento de chaves em caso de perda ou captura do hardware.





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Capítulo 9: Exercício Prático Integrado — Simulacro "Operação BEAR Mesh"

Para consolidar os conhecimentos teóricos e práticos apresentados ao longo deste manual, este capítulo descreve o plano de um exercício de treino integrado no terreno, combinando cenários de Milsim, Busca e Salvamento (SAR) e comunicações de emergência.





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

9.1. Ficha Técnica e Enquadramento do Exercício

O simulacro pressupõe a perda total de redes móveis (GSM) numa zona florestal com orografia acentuada (ex.: Serra de Sintra ou Serra da Estrela), forçando o estabelecimento de uma rede Meshtastic ad-hoc para apoio às operações.

- **Duração Estimada:** 6 Horas.
- **Participantes:** 3 Equipas (Equipa de Assalto/Milsim, Equipa SAR/Resgate, Posto de Comando Operacional - PCO).
- **Equipamento Requerido:** 1x Repetidor Solar de Altitude, 1x Estação Base PCO (com ecrã/PC/ATAK), 6x Nós Individuais (T-Beam / RAK WisBlock / Heltec).



9.2. Guião Passo-a-Passo do Simulacro (Script Operacional)



Fase 1: Despregue e Montagem de Infraestrutura (T+00h00 - T+01h30)

- Instalação do Repetidor de Altitude:** A equipa técnica desloca-se ao cume definido no mapa e posiciona um repetidor autónomo RAK WisBlock com antena de 6 dBi a uma altura de 3 metros do solo.
- Ativação do PCO:** Montagem da estação base no ponto de entrada do terreno e ligação da gateway à aplicação de mapeamento táctico (ATAK ou QGIS).
- Verificação de Rede (Radio Check):** Todas as equipas transmitem uma mensagem de teste no Canal Primário (LongFast) e validam o parâmetro SNR e número de saltos (Hops).

Fase 2: Progressão Táctica e Rastreio em Milsim (T+01h30 - T+03h30)

- A Equipa de Assalto progride em território com sombra GSM rumo ao objetivo designado.
- Mudança de canal para o Canal Privado Táctico (BEAR-TAC - AES-256).
- Transmissão silenciosa de coordenadas via *Blue-Force Tracking* com intervalo de 2 minutos.
- Envio de marcadores de ponto de interesse (*Waypoints*) para assinalar a presença de forças oponentes simuladas sem emissão de áudio.

Fase 3: Injeção de Incidente SAR e Pedido de Evacuação (T+03h30 - T+05h30)

- Injeção de Emergência:** A equipa de controlo do exercício simula a queda de um operador com fratura e perda de mobilidade numa ravina sem visibilidade para o PCO.



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

2. **Ativação da Baliza SOS:** O operador aciona o alerta de emergência no dispositivo Meshtastic.
3. **Triagem no PCO:** O PCO recebe o alerta com as coordenadas WGS84 exatas e reencaminha a missão para a Equipa SAR.
4. **Resgate e Varredura:** A Equipa SAR utiliza o vetor de navegação na aplicação móvel para localizar a vítima, reportando o estado do paciente através do formato de mensagem padronizado (FIND / 1 PAX / EVAC REQ).

Fase 4: Desmobilização e Debriefing (T+05h30 - T+06h00)

1. Recolha do repetidor de altitude e de todos os nós do terreno.
2. Exportação dos ficheiros de registo (GPX / CSV) de tráfego de dados para análise de cobertura real vs. simulada.
3. Sanitização dos dispositivos (eliminação das chaves privadas do exercício).

9.3. Grelha de Avaliação e Métricas de Sucesso

Para avaliar o desempenho operacional do exercício, o PCO deve preencher a seguinte matriz de controlo:

Métrica de Avaliação	Objetivo Mínimo Aceitável	Resultado Obtido	Estado (Passa / Falha)
Taxa de Entrega de Pacotes (PDR)	$\geq 85\%$ de pacotes entregues sem perda		
Tempo de Detecção de Alerta SOS	< 60 segundos entre envio e receção no PCO		
Precisão de Geolocalização SAR	Margem de erro do ponto fixado < 15 metros		
Conformidade OPSEC	Zero fugas de coordenadas do canal privado no canal público		
Autonomia de Baterias	Nenhum nó desligado por descarregamento total durante as 6h		



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Capítulo 10: Conclusão

A tecnologia LoRa e a arquitetura em malha do Meshtastic representam uma mudança de paradigma na autonomia comunicacional em Portugal. Ao eliminar a dependência de infraestruturas centralizadas e vulneráveis, o Meshtastic devolve a equipas operacionais, associados e cidadãos a capacidade de manter a consciência situacional, a segurança e a coordenação no terreno em qualquer cenário — desde simulações táticas à resposta a emergências reais.

O impacto prático do Meshtastic na **Academia BEAR** e na resiliência cívica assenta em três pilares fundamentais:

- **Capacitação Tática e Operacional:** A implementação de rastreio de forças amigas (*Blue-Force Tracking*), encriptação forte AES-256 e integração com o sistema ATAK eleva substancialmente os padrões de segurança, stealth e coordenação em eventos de Airsoft, Milsim e missões de Busca e Salvamento (SAR).
- **Resiliência Cívica e Proteção Civil:** A montagem de redes *off-grid* com repetidores solares autónomos garante a continuidade das comunicações em cenários de catástrofe natural ou apagão elétrico, assegurando uma camada extra de proteção cívica em conformidade com as normas da ANACOM.
- **Cultura de Inovação e Comunidade:** A experimentação em engenharia de rádio DIY, a construção de antenas e a automação promovem a literacia técnica dos associados, enquanto a colaboração com o projeto **Meshtastic.pt** fortalece a infraestrutura cooperativa a nível nacional.

Visão de Futuro e Próximos Passos

A publicação deste manual constitui o ponto de partida para um esforço contínuo de capacitação da Academia BEAR. Os próximos passos estratégicos contemplam a expansão da rede de repetidores do clube em pontos orográficos chave, a realização regular de simulacros práticos no terreno e o aprofundamento da cooperação com entidades locais de Proteção Civil.

A preparação técnica e o conhecimento partilhado garantem que, mesmo quando as redes convencionais falharem, a linha de comunicação do Clube BEAR permanecerá operacional.



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Glossário de Termos Técnicos

- **AES-256 (Advanced Encryption Standard 256-bit):** Algoritmo de encriptação simétrica de nível militar utilizado para proteger a confidencialidade das mensagens e coordenadas em canais privados.
- **Airtime (Tempo de Ar):** Duração total em que um transceptor permanece a emitir sinal rádio no ar durante uma transmissão.
- **ANACOM (Autoridade Nacional de Comunicações):** Entidade reguladora do espectro de radiofrequências e telecomunicações em Portugal.
- **ATAK (Android Tactical Assault Kit):** Sistema de navegação e consciência situacional tática móvel que permite visualizar marcadores de equipas e pontos de interesse em mapas offline.
- **Blue-Force Tracking (BFT):** Monitorização em tempo real da localização geográfica de forças, equipas ou elementos amigos no terreno.
- **BW (Bandwidth / Largura de Banda):** Intervalo do espectro de frequências utilizado para transmitir o sinal LoRa (padronizado em 125 kHz na Europa para o perfil Meshtastic).
- **Duty Cycle (Ciclo de Trabalho):** Percentagem máxima de tempo permitida por lei para um dispositivo emitir rádio numa determinada frequência ao longo de uma hora (limite legal de 1% em 868 MHz).
- **EMCON (Emission Control / Controlo de Emissões):** Conjunto de procedimentos táticos para restringir ou eliminar emissões eletromagnéticas e evitar a deteção por forças oponentes.
- **ERP (Effective Radiated Power / Potência Radiada Eficaz):** Potência real emitida por uma antena, contabilizando o ganho do elemento radiante e as perdas no cabo coaxial (máximo legal de 500 mW / 27 dBm na sub-banda de 868 MHz).
- **Hop Limit / Max Hops (Limite de Saltos):** Número máximo de retransmissões automáticas que uma mensagem pode sofrer através dos nós da rede antes de caducar (recomendado entre 3 e 4 em Portugal).
- **LoRa (Long Range):** Tecnologia de modulação rádio física de baixo consumo e longo alcance baseada em *Chirp Spread Spectrum* (CSS).
- **Mesh Network (Rede em Malha):** Arquitetura de rede descentralizada onde cada dispositivo (nó) funciona simultaneamente como emissor, recetor e repetidor de dados.
- **MGRS (Military Grid Reference System):** Sistema de coordenadas geográficas standardizado pela OTAN para reporte rápido de quadrículas de mapa em ambiente tático.



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL

ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

- **MQTT (Message Queuing Telemetry Transport):** Protocolo leve de mensagens IP utilizado para interligar nós Meshtastic isolados via internet através de brokers comunitários (ex.: mqtt.meshtastic.pt).
- **Nó (Node):** Dispositivo rádio individual integrante da rede Meshtastic (ex.: emissor móvel, estação base ou repetidor).
- **OPSEC (Operational Security / Segurança Operacional):** Processo de proteção de informações críticas e redução de assinaturas rádio ou visuais para evitar o comprometimento de missões.
- **PCO (Posto de Comando Operacional):** Centro de controlo e gestão no terreno responsável pela coordenação de operações de emergência, SAR ou Milsim.
- **PSK (Pre-Shared Key / Chave Pré-Partilhada):** Segredo ou chave de encriptação partilhada entre os membros de um canal privado para autorizar a descodificação de dados.
- **RSSI (Received Signal Strength Indicator):** Indicador numérico (medido em dBm) que quantifica a potência bruta do sinal rádio recebido num nó.
- **SAR (Search and Rescue / Busca e Salvamento):** Operações de localização, prestação de primeiros socorros e evacuação de pessoas em situação de perigo ou desaparecidas.
- **SF (Spreading Factor / Fator de Espalhamento):** Parâmetro da modulação LoRa (SF7 a SF12) que define o compromisso entre o alcance do sinal e a velocidade de transmissão de dados.
- **SNR (Signal-to-Noise Ratio / Relação Sinal-Ruído):** Medida em decibéis (dB) que compara o nível do sinal rádio útil com o nível do ruído eletromagnético de fundo.
- **SRD (Short Range Devices / Dispositivos de Curto Alcance):** Categoria regulamentar de equipamentos rádio isentos de licença individual que operam em bandas de frequência partilhadas.
- **VSWR / SWR (Voltage Standing Wave Ratio / Razão de Onda Estacionária):** Medida de eficiência da adaptação de impedância entre o transmissor e a antena; valores ideais devem situar-se abaixo de 1.5.



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Bibliografia e Fontes de Referência

Documentação Oficial e Repositórios Meshtastic

- **Meshtastic Project.** (2026). *Meshtastic Official Technical Documentation*. Projetos Open-Source Meshtastic. Disponível em: <https://meshtastic.org/docs/>
- **Meshtastic GitHub Organization.** (2026). *Meshtastic Firmware, Architecture & API Specifications*. GitHub Repository. Disponível em: <https://github.com/meshtastic>
- **Meshtastic Flasher Tool.** (2026). *Web Serial Firmware Installation Protocol*. Disponível em: <https://flasher.meshtastic.org/>

Comunidade e Infraestrutura em Portugal

- **Comunidade Meshtastic Portugal.** (2026). *Portal Oficial, Servidor MQTT e Diretrizes Locais*. Meshtastic PT. Disponível em: <https://meshtastic.pt/>
- **Clube BEAR / Academia BEAR.** (2026). *Manuais Operacionais e Plataforma de Formação*. Disponível em: <https://academia.clubebear.pt/>

Regulamentação e Legislação do Espectro Rádio

- **ANACOM – Autoridade Nacional de Comunicações.** (2025). *Quadro Nacional de Atribuição de Frequências (QNAF) – Dispositivos de Curto Alcance (SRD)*. Lisboa: Autoridade Nacional de Comunicações.
- **CEPT / ECC.** (2024). *ERC Recommendation 70-03: Relating to the use of Short Range Devices (SRD) in European Frequency Bands*. European Communications Committee.
- **ETSI.** (2022). *ETSI EN 300 220-1 V3.1.1: Short Range Devices (SRD) operating in the frequency range 25 MHz to 1 000 MHz*. European Telecommunications Standards Institute.

Engenharia de Rádio, Modulação LoRa e Antenas

- **Semtech Corporation.** (2023). *AN1200.22: LoRa Modulation Basics and CSS Technology Principles*. Application Note, Semtech.
- **Semtech Corporation.** (2021). *SX1261/2 Long Range Low Power Sub-GHz Transceiver Datasheet*.
- **Carr, J. J.** (2001). *Practical Antenna Handbook* (4th ed.). McGraw-Hill Education. (Referência para cálculo e construção de antenas dipolo, colineares e Yagi em sub-GHz).

Sistemas Táticos, SAR e Cartografia GIS

- **TAK Product Center.** (2024). *Android Tactical Assault Kit for Civilian Use (ATAK-CIV) User Guide*. US Department of Defense / Civil TAK.



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

- **US Department of Defense.** (2020). *Joint Publication 3-50: Personnel Recovery & Military Grid Reference System (MGRS) Standard*. Washington, D.C.
- **IAMSAR.** (2022). *International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual (Volume II: Mission Co-ordination)*. Organização Marítima Internacional (IMO) / ICAO.



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752

