

# ANÁLISE DE TROUGHPUT DO RÁDIO HARRIS RF-7800M-MP PARA O MODO DE OPERAÇÃO ANW2C

Cap GUSTAVO BRANDÃO DE BARROS CORREIA

Cap THYAGO HENRIQUE ALMEIDA SIMÕES

Cap WANDERLEY SOARES DIAS

*Pós-Graduandos, lato sensu, em Gestão de Sistemas Táticos Comando e Controle*

**Resumo:** Este estudo analisa o *throughput* do rádio Harris RF-7800M-MP, operando no modo ANW2C, avaliando o impacto do aumento do número de rádios nós sobre a capacidade de transmissão em rede. Os testes foram realizados em cinco cenários com diferentes quantidades de rádios, variando de 2 a 30 nós, e configurados com uma potência de transmissão intermediária de 2 watts, a uma distância de 50m e em visada direta. Utilizou-se a frequência de 1430 MHz, com uma largura de banda de 5 MHz, atendendo à regulamentação de uso militar, com o objetivo de alcançar o *throughput* teórico máximo de 10 Mbps em condições ideais. A coleta de dados foi realizada pelo *software* iPerf3, com análise prática do *throughput* através de simulações que consideraram as limitações físicas dos dispositivos. Os resultados indicaram que o *throughput* diminui progressivamente com o aumento do número de rádios na rede, destacando a necessidade de planejamento adequado na configuração das redes de Comando e Controle (C2) em operações militares.

**Palavras-chave:** Throughput. Rádio Harris RF-7800M-MP. Modo ANW2C. Redes ad hoc. Comunicações táticas

## 1. INTRODUÇÃO

Nas operações militares modernas, a comunicação segura e adaptável é essencial para a coordenação e proteção das tropas. Em conflitos recentes, como a guerra entre Rússia e Ucrânia, as comunicações e a segurança cibernética têm se mostrado cruciais, especialmente com o uso intensivo de guerra eletrônica e guerra cibernética para comprometer redes adversárias. Esse contexto destaca a importância de sistemas de comunicações resilientes e seguras para apoiar operações militares (BBC, 2022;

MICROSOFT, 2022; UNITED STATES ARMY, 2022).

Nesse cenário, os rádios táticos desempenham um papel fundamental, especialmente os sistemas *ad hoc*, que possuem a capacidade de formar redes descentralizadas, autoformadas, e autorrecuperáveis, que promovem a flexibilidade necessária ao dinamismo das operações.

### 1.1 Contexto e Importância do Estudo

Em operações convencionais, a robustez e a adaptabilidade das comunicações são vitais. O rádio Harris RF-7800M-MP, utilizado pelo Exército



Brasileiro (EB), destaca-se por fornecer comunicações seguras e adequadas a ambientes de alta mobilidade, suportando formas de onda como ANW2C, FM, AM, QUICKLOOK, HAVEQUICK e TALON (HARRIS CORPORATION, 2014). Esse rádio permite a criação de redes *ad hoc*, garantindo comunicações contínuas, essenciais em cenários de combate.

O modo ANW2C possibilita que cada rádio funcione como um nó repetidor, ampliando o alcance e criando rotas alternativas para a rede. Desta forma, estabelece uma rede *ad hoc* que fornece resiliência e flexibilidade aos sistemas de Comando e Controle (C2). Este estudo analisa o impacto do aumento do número de rádios nós no *throughput* da rede, cujos dados são relevantes para subsidiar o planejamento e a otimização das redes de C2.

## 1.2 Objetivo e Hipótese

O objetivo deste estudo é quantificar o impacto do aumento no número de rádios Harris RF-7800M-MP operando no modo ANW2C, como nós, sobre o *throughput* da rede. Com isso, pretende-se fornecer dados relevantes para a configuração e planejamento de redes C2 em operações militares.

A hipótese do estudo é que o

*throughput* da rede diminui conforme o número de rádios configurados como nós aumenta, devido à divisão da capacidade de transmissão entre os dispositivos conectados.

## 1.3 Estrutura do Artigo

Na seção 1, é apresentada a introdução ao trabalho. A seção 2 detalha os métodos empregados e os cenários de teste utilizados para a coleta de dados. Na seção 3, são apresentados e discutidos os resultados obtidos nos diferentes cenários de rede. A seção 4 destaca as conclusões e explora as implicações dos resultados para redes de Comando e Controle (C2). Por fim, a seção 5 apresenta as referências consultadas ao longo do estudo.

## 2. METODOLOGIA

Esta seção descreve a metodologia empregada para avaliar o *throughput* do rádio Harris RF-7800M-MP operando no modo ANW2C. A metodologia é organizada em três partes: características do equipamento, com destaque às especificações técnicas relevantes para o estudo; descrição do modo de operação ANW2C, com foco nas funcionalidades que impactam o desempenho das redes; e os cenários



de teste configurados para medir o *throughput* em diferentes condições.

## **2.1 Características e Especificações Técnicas do Rádio Harris RF-7800M-MP**

O rádio Harris RF-7800M-MP é um transceptor tático multibanda da família Falcon III. O equipamento é capaz de operar na faixa de 30 MHz a 1999,995 MHz, com modos banda larga e estreita. Ele suporta diversas formas de onda, incluindo ANW2C, AM, FM, QUICKLOOK, HAVEQUICK e TALON (HARRIS CORPORATION, 2019). Além disso, possui uma potência de transmissão máxima de 20W, GPS integrado e criptografia AES (HARRIS CORPORATION, 2019). Por sua robustez e capacidade de adaptação a diferentes cenários, o rádio apresenta características adequadas ao emprego nos mais variados ambientes operacionais.

No modo ANW2, o rádio oferece três configurações de potência para transmissão: HIGH, com 5 watts; MEDIUM, com 2 watts; e LOW, com 0,5 watts (HARRIS CORPORATION, 2014).

### **2.1.1 Descrição do Modo de Operação ANW2C**

O modo ANW2C permite que o rádio Harris RF-7800M-MP funcione em uma rede *ad hoc* de alta velocidade, com comunicação simultânea de voz e dados. Esse modo possibilita a formação de uma rede com até 30 nós, onde cada rádio atua como um nó repetidor. Isso incrementa a robustez da rede, pois permite a continuidade das comunicações mesmo quando um ou mais elementos perdem a conectividade. No modo ANW2C a taxa de *throughput* pode alcançar até 10 Mbps em um canal de 5 MHz e até 2 Mbps em um canal de 1,2 MHz, valores que servem como referência para avaliar o desempenho da rede em condições ideais e operacionais (HARRIS CORPORATION, 2014).

## **2.2 Ferramenta de Medição de Throughput: iPerf3**

Para a medição do *throughput* da rede em cada cenário de teste, utilizou-se o iPerf3, por ser amplamente empregado para realizar avaliações de desempenho de redes. O *software* é uma reimplementação em código aberto, do Iperf, inicialmente desenvolvido no *National Center for Supercomputing Applications* (NCSA). O iPerf3 permite a geração e medição de tráfego TCP e UDP, fornecendo métricas detalhadas sobre a capacidade de transferência de



dados na rede (ESNET, 2024).

O iPerf3 foi configurado para criar tráfego de dados entre os rádios Harris RF-7800M-MP, simulando as condições de operação esperadas. Segundo Mota Filho (2013), o iPerf é ideal para esses testes, pois permite simular altos volumes de tráfego para avaliar a capacidade máxima de um meio de transmissão. Essa configuração exigiu uma máquina cliente e uma máquina servidor, conectadas aos rádios, garantindo a precisão e a confiabilidade dos dados obtidos.

### 2.3 Definição dos Cenários de Teste

Os cenários de teste foram projetados para avaliar o impacto do aumento de rádios Harris RF-7800M-MP configurados como nós da rede sobre o *throughput*. O cenário inicial foi definido com 2 rádios, estabelecendo uma referência para o *throughput* da rede em uma configuração mínima. A partir desse ponto, o número de rádios é progressivamente aumentado em cada cenário subsequente, buscando observar como a densidade crescente de nós afeta o desempenho da rede.

No segundo cenário, 4 rádios são configurados, oferecendo uma primeira análise do impacto da duplicação do número de nós na capacidade de

transmissão. Esse processo é repetido no terceiro e quarto cenários, com 8 e 20 rádios, respectivamente. Finalmente, o quinto cenário utiliza 30 rádios, atingindo o limite máximo especificado pelo manual do equipamento, o que possibilita avaliar o desempenho da rede em sua configuração máxima.

Essa abordagem gradual busca facilitar a identificação de padrões na redução de *throughput* à medida que o número de rádios aumenta.

### 2.4 Variáveis Controladas e Condições de Teste

Para garantir consistência e confiabilidade nos resultados, foram definidos parâmetros específicos de frequência, largura de banda, potência de transmissão e distância, considerando as características do Harris RF-7800M-MP e as regulamentações militares.

A frequência de operação foi fixada em 1430 MHz, próximo ao centro da faixa de operação do equipamento e em conformidade com as regulamentações da ANATEL para uso militar, conforme a Resolução nº 244, de 08 de dezembro de 2000 (BRASIL, 2000). Em todos os cenários, utilizou-se uma largura de banda de 5 MHz, visando atingir o *throughput* teórico máximo de 10 Mbps



(HARRIS CORPORATION, 2014).

A distância entre os rádios foi mantida em 50 metros, garantindo visada direta e ausência de obstáculos. A potência de transmissão foi ajustada para MEDIUM (2 watts), um nível intermediário para o modo ANW2C (HARRIS CORPORATION, 2014).

Devido à quantidade limitada de rádios disponíveis para os testes, em cada cenário foram empregados dois rádios configurados via software *Communications Planning Application* (CPA) para simular redes com 2, 4, 8, 20 e 30 nós. Essa abordagem permitiu uma análise prática do *throughput* mesmo com a utilização de apenas dois dispositivos físicos. Utilizou-se o *Hack RF One*, um *Software Defined Radio* (SDR), configurado como analisador de espectro, a fim de verificar a ausência de emissores externos na faixa de frequência, buscando mitigar interferências externas durante os testes.

Essas condições controladas garantem que os resultados reflitam o desempenho real da rede ANW2C nas configurações simuladas.

## 2.5 Procedimentos para Coleta de Dados e Análise Estatística

A coleta de dados foi realizada utilizando o *software* iPerf3, configurado

para medir o *throughput* no protocolo TCP em cada cenário de teste, por um período de execução de 120 segundos para cada medição. Em cada cenário, os rádios Harris RF-7800M-MP foram configurados via CPA para simular a quantidade total de nós na rede (2, 4, 8, 20 e 30 nós), conforme os cenários estabelecidos.

Os resultados foram salvos no formato JSON, possibilitando um registro detalhado de cada teste. Em seguida, um *script* em Python foi utilizado para processar os dados e gerar gráficos, facilitando a análise visual do desempenho de *throughput* nas redes.

A análise estatística comparativa entre os cenários buscou identificar o impacto do aumento do número de nós sobre o *throughput*, fornecendo subsídios importantes para o planejamento de redes táticas de Comando e Controle (C2).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, são apresentados e analisados os resultados obtidos para o *throughput* da rede em cada cenário de teste, variando o número de rádios configurados como nós da rede. O objetivo foi observar a relação entre o aumento do número de nós e a variação da capacidade de transmissão média da



rede.

### 3.1 Resultados de *Throughput* por Cenário

Os testes de *throughput* foram realizados em cinco cenários, variando de 2 a 30 rádios configurados como nós da rede. Abaixo, são detalhados os resultados para cada cenário, incluindo as taxas médias de transferência e a quantidade total de dados transmitidos.

#### 3.1.1 Cenário 1 (2 rádios):

No Cenário 1, com 2 rádios, o *throughput* médio foi de 3,25 Mbps, totalizando 46,9 MBytes transferidos ao longo dos 120 segundos de teste. Este valor representa a configuração mínima de nós e também o maior *throughput* observado entre todos os cenários testados (ver Figuras 1 e 2).

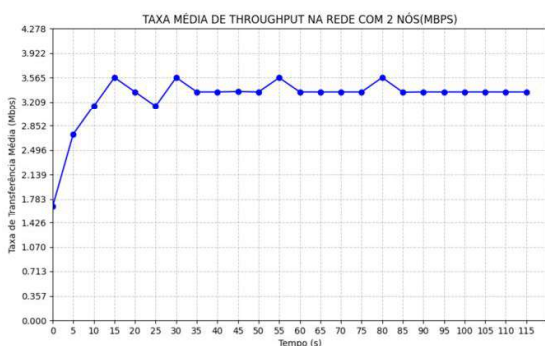


FIGURA 1 – Taxa média de *throughput* na rede com 2 nós  
Fonte: Os autores

ID	Interval	Transfer	Bitrate
5	0.00-121.11 sec	46.9 MBytes	3.25 Mbits/sec

FIGURA 2 - Quantidade de dados transferidos e

taxa de transferência em Mbps  
Fonte: Os autores

#### 3.1.2 Cenário 2 (4 rádios):

No Cenário 2, com 4 rádios, o *throughput* médio foi reduzido para 1,48 Mbps, com um total de 21,2 MBytes transferidos. Esse valor indica um impacto inicial do aumento de nós na capacidade de transmissão, representando menos da metade do *throughput* registrado no cenário 1 (ver Figuras 3 e 4).

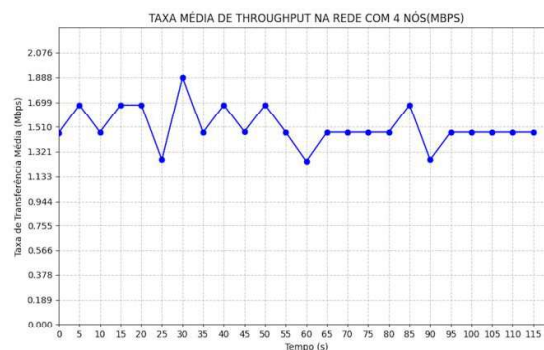


FIGURA 3 – Taxa média de *throughput* na rede com 4 nós  
Fonte: Os autores

ID	Interval	Transfer	Bitrate
5	0.00-120.34 sec	21.2 MBytes	1.48 Mbits/sec

FIGURA 4 - Quantidade de dados transferidos e taxa de transferência em Mbps  
Fonte: Os autores

#### 3.1.3 Cenário 3 (8 rádios):

No Cenário 3, com 8 rádios, o *throughput* médio foi de 555 Kbps, com um total de 8,0 MBytes transferidos. Esse resultado continua a tendência de queda na medida em que o número de





rádios na rede aumenta (ver Figuras 5 e 6).

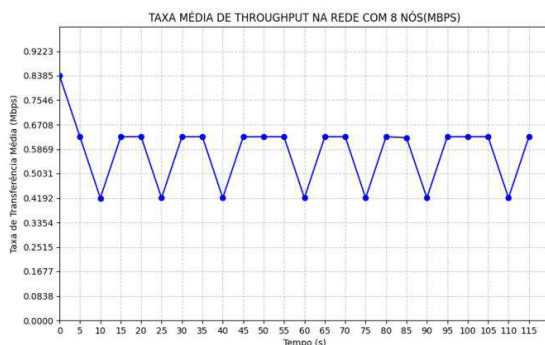


FIGURA 5 - Taxa média de *throughput* na rede com 8 nós  
Fonte: Autores.

ID]	Interval	Transfer	Bitrate
5]	0.00-121.01 sec	8.00 MBytes	555 Kbits/sec

FIGURA 6 - Quantidade de dados transferidos e taxa de transferência em Mbps  
Fonte: Autores.

### 3.1.4 Cenário 4 (20 rádios nós):

No Cenário 4, com 20 rádios, o *throughput* foi reduzido para 214 Kbps, com um total de 3,12 MBytes transferidos, indicando uma queda substancial na capacidade de transmissão à medida que a densidade de nós aumenta (ver Figuras 7 e 8).

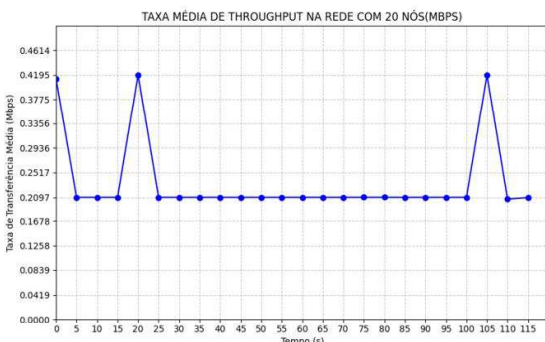


FIGURA 7 - Taxa média de *throughput* na rede com 20 nós  
Fonte: Os autores

ID]	Interval	Transfer	Bitrate
5]	0.00-122.34 sec	3.12 MBytes	214 Kbits/sec

FIGURA 8 - Quantidade de dados transferidos e taxa de transferência em Mbps  
Fonte: Os autores

### 3.1.5 Cenário 5 (30 rádios nós):

No cenário final, com o máximo de 30 rádios configurados como nós, o *throughput* médio foi de 118 Kbps e um total de 1,75 MBytes transferidos. Esse foi o menor valor registrado, refletindo a maior divisão da capacidade de transmissão entre os nós da rede e, também, a maior instabilidade na taxa de transferência observada durante o período de teste (ver Figuras 9 e 10).

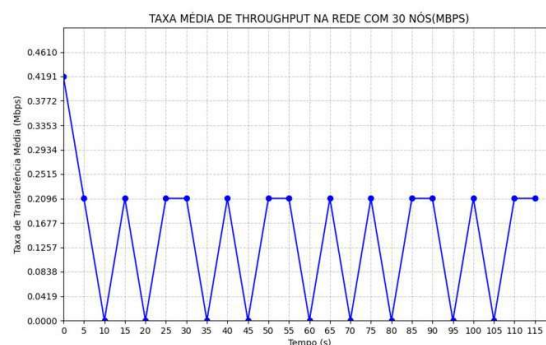


FIGURA 9 - Taxa média de *throughput* na rede com 30 nós  
Fonte: Autores.

ID]	Interval	Transfer	Bitrate
5]	0.00-123.98 sec	1.75 MBytes	118 Kbits/sec

FIGURA 10 - Quantidade de dados transferidos e taxa de transferência em Mbps  
Fonte: Autores.

### 3.1.6 Resultados preliminares

A análise dos dados confirma uma tendência de redução de *throughput* à medida que o número de rádios na rede aumenta, estabelecendo uma relação inversamente proporcional entre a

densidade de nós e a taxa de transferência obtida. Essa queda de desempenho ressalta a necessidade de um planejamento criterioso ao configurar redes de Comando e Controle (C2) em operações militares, onde um alto número de rádios pode comprometer a eficiência da rede. Esses dados fornecem uma base para otimizar a configuração de redes ad hoc, de modo a equilibrar a necessidade de conectividade com o desempenho desejado.

### 3.2 Análise Comparativa entre os Cenários

A comparação dos cenários testados evidencia uma queda expressiva no *throughput* à medida que o número de nós na rede aumenta. Com dois rádios, o *throughput* médio registrado foi de **3,25 Mbps**, e, ao duplicar o número para quatro rádios, esse valor caiu para **1,48 Mbps**. Essa tendência de redução progressiva se manteve nos cenários seguintes: com oito rádios, o *throughput* foi de **555 Kbps**; com vinte, **214 Kbps**; e no cenário com trinta rádios, o menor valor foi observado, com apenas **118 Kbps**. Esses resultados sugerem que o *throughput* decresce de forma não linear, embora a queda seja superior e próximo de 50% todas as

vezes em que o número de nós foi duplicado (ver Figura 11).

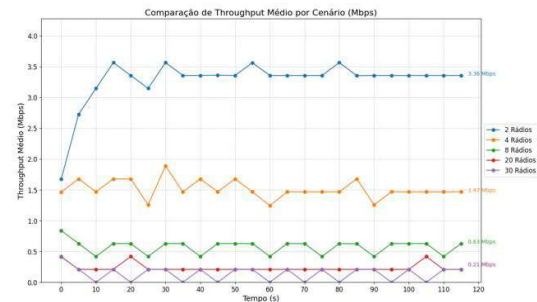


FIGURA 11 – Comparação de *throughput* por cenário  
Fonte: Autores.

Esse padrão de degradação destaca a necessidade de ajuste na quantidade de rádios para manter um desempenho aceitável em redes de maior densidade.

### 3.3 Discussão dos Fatores de Impacto no *Throughput*

Os resultados indicam que o *throughput* é diretamente afetado pelo aumento no número de rádios, com uma redução significativa na capacidade de transmissão conforme mais nós são adicionados. Em redes *ad hoc* como as configuradas no modo ANW2C, a largura de banda disponível é compartilhada entre os nós, e o aumento de tráfego de retransmissão reduz a eficiência da transmissão.

#### 3.3.1 Efeito do Número de Rádios no *Throughput*



A análise dos cenários confirma que o aumento no número de rádios impacta negativamente o *throughput* médio da rede. Nos cenários de teste, o *throughput* foi reduzido de 3,25 Mbps com dois rádios para apenas 118 Kbps com trinta rádios, refletindo a limitação da largura de banda compartilhada e o aumento da carga de retransmissão em redes *ad hoc*. Esse comportamento destaca a importância de balancear a quantidade de rádios com a necessidade de *throughput* necessário na rede.

### 3.3.2 Interferências e Condições Ambientais

Embora os testes tenham sido precedidos pela verificação da ausência de emissores externos na faixa de frequência utilizada, a possibilidade de interferências não pode ser descartada. Não foi utilizada uma câmara anecoica, portanto, não houve isolamento de fontes externas de ruído e nem de reflexões do sinal. O impacto residual de fatores externos, caso presente, pode ter contribuído para pequenas variações nos resultados obtidos. Entretanto, considerou-se que o ambiente de teste foi favorável e semelhante ao emprego do equipamento em situações reais. A garantia de uma faixa livre de

interferências reforça a confiabilidade dos dados, mas o impacto de condições ambientais imprevistas ainda deve ser considerado em testes futuros.

### 3.4 Limitações do Estudo

Este estudo enfrentou algumas limitações, sendo a principal a quantidade reduzida de rádios disponíveis, o que exigiu a simulação de nós adicionais por meio do *software* CPA. Embora essa abordagem tenha permitido uma análise viável, o uso de apenas dois rádios para representar redes de até 30 nós pode introduzir variações na representação do desempenho real da rede. Além disso, as medições de *throughput* foram limitadas ao protocolo TCP e a um tempo de execução fixo de 120 segundos, o que pode não capturar completamente as variações de desempenho em diferentes condições de carga de tráfego.

Essas limitações indicam que, para uma análise mais completa, estudos futuros poderiam incluir uma maior quantidade de rádios físicos, além de testes com diferentes protocolos e tempos de execução variáveis. Tais ajustes contribuiriam para validar os resultados e ampliar a compreensão sobre o comportamento de *throughput*



nas redes estabelecidas por meio do rádio Harris RF-7800M-MP no modo ANW2C.

## 4. CONCLUSÕES

Este estudo investigou o impacto do número de rádios Harris RF-7800M-MP, operando no modo ANW2C, sobre a capacidade de transmissão da rede. Os resultados revelaram uma relação inversamente proporcional entre o número de nós e o *throughput* da rede, evidenciada pelas quedas significativas nas taxas de transmissão conforme a densidade da rede aumentava. Esses dados fornecem uma base valiosa para o planejamento e a otimização de redes no modo ANW2C.

### 4.1 Revisão dos Objetivos e Hipótese

O objetivo principal deste estudo foi avaliar o efeito do aumento no número de rádios Harris RF-7800M-MP sobre o *throughput* da rede, operando no modo ANW2C. A hipótese de que o *throughput* diminuiria conforme a densidade de rádios na rede aumentasse foi confirmada, com uma queda substancial na capacidade de transmissão observada em cada cenário testado. Esses achados validam a hipótese e destacam a necessidade planejamento

para maximizar a eficiência das redes de C2 em campo.

### 4.2 Conclusões Principais

Os testes realizados indicaram que, para cada duplicação de rádios na rede, o *throughput* apresentou uma queda expressiva, evidenciando a limitação da largura de banda compartilhada e o aumento da carga de retransmissão inerentes às redes *ad hoc*. Utilizando-se dois rádios, o *throughput* médio foi de **3,25 Mbps**, e, no cenário com trinta rádios, foi reduzido para **118 Kbps**. Esse padrão de redução confirma que a densidade elevada de nós compromete o desempenho da rede, o que reforça a importância de um planejamento adequado para balancear o número de rádios com as necessidades de taxa de transmissão.

### 4.3 Sugestões Para Trabalhos Futuros

Para aprofundar o conhecimento sobre o comportamento do *throughput* em redes *ad hoc* militares, recomenda-se:

- **Variedade de Protocolos:** Ampliar os testes para incluir diferentes protocolos, como UDP, para avaliar as variações de *throughput* e latência em condições distintas de tráfego



- **Utilizar Outras Frequências na Faixa de Operação do Rádio:** Conduzir testes em diferentes frequências dentro da faixa operacional do rádio, para verificar se a diminuição do *throughput* apresenta variações em outras faixas.

- **Aumento da Quantidade de Rádios Físicos:** Realizar testes com um maior número de rádios físicos para validar os resultados obtidos com simulação, o que possibilitará uma representação ainda mais precisa do desempenho da rede.

Essas sugestões buscam auxiliar os futuros trabalhos a otimizar redes de C2 e aumentar a resiliência e eficiência das comunicações em operações militares.

## IMPACT OF NODE DENSITY ON THE THROUGHPUT OF THE HARRIS RF-7800M-MP RADIO IN ANW2C MODE

**Abstract:** This study analyzes the throughput of the Harris RF-7800M-MP radio operating in ANW2C mode, evaluating the impact of increasing the number of radio nodes on network transmission capacity. Tests were conducted across five scenarios with varying numbers of radios, ranging from 2 to 30 nodes, configured with an intermediate transmission power of 2 watts, at a distance of 50 meters and in direct line of sight. The frequency of 1430 MHz and a bandwidth of 5 MHz

were used, complying with military usage regulations, aiming to reach the theoretical maximum throughput of 10 Mbps under ideal conditions. Data collection was performed using iPerf3 software, with practical throughput analysis through simulations that considered the physical limitations of the devices. The results indicated a progressive decrease in throughput as the number of radios in the network increased, highlighting the need for proper planning in configuring Command and Control (C2) networks in military operations.

*Index Terms:* Throughput. Harris RF-7800M-MP radio. ANW2C mode. Ad hoc networks. Tactical communications.

## REFERÊNCIAS

ANATEL, Agência Nacional de Telecomunicações. **Mapeamento de Resoluções Vigentes e Revogadas da ANATEL.** Disponível em: <<https://sistemas.anatel.gov.br/anexar-api/publico/anexos/download/48d1d2bbb8964944745e282888e905b2>>. Acesso em: 22 outubro 2024.

BBC. **Guerra eletrônica: o temido e sombrio papel da guerra eletrônica no conflito da Ucrânia**, 28 fevereiro 2022. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/internacional-60551648>>. Acesso em: 31 outubro 2024.

BRASIL, Agência Nacional de Telecomunicações. **Resolução nº 244, de 8 de dezembro de 2000 (distribuição radiofrequências para fins militares).** Brasília, DF.



DUPUY, R. **Network performance measurement with iPerf3**. New York: O'Reilly Media, 2017.

HARRIS CORPORATION. **RF-7800M-MP multiband networking manpack radio datasheet**. Melbourne. 2019. Disponível em: <<https://www.l3harris.com/sites/default/files/2021-01/cs-tcom-falcon-iii-rf-7800m-mp-multiband-networking-manpack-radio-datasheet.pdf>>. Acesso em: 30 outubro 2024.

HARRIS CORPORATION. **RF Communication Division. Falcon III RF-7800M-MP multiband networking manpack radio – Operation Manual**. Rochester, NY. 2014.

MOTA FILHO, João Eriberto. **Análise de tráfego em redes TCP/IP: utilize tcpdump na análise de tráfegos em qualquer sistema operacional**. São Paulo, SP. Novatec Editora, 2013.

MICROSOFT. **The Cyber and Influence Operations of the War in Ukraine's Digital Battlefield, 2022**. Disponível em: <<https://www.microsoft.com/pt-br/security/security-insider/intelligence-reports/the-cyber-and-influence-operations-of-the-war-in-ukraines-digital-battlefield/>>. Acesso em: 31 outubro 2024.

ARMY, United States. **Russian Cyber Operations in the Invasion of Ukraine. Cyber Defense Review, 2022**. Disponível em: <[https://cyberdefensereview.army.mil/Portals/6/Documents/2022\\_fall/02\\_Lin.pdf?ver=YqkqyveSz8G2nNU0\\_sxVqQ%3D%3D](https://cyberdefensereview.army.mil/Portals/6/Documents/2022_fall/02_Lin.pdf?ver=YqkqyveSz8G2nNU0_sxVqQ%3D%3D)>. Acesso em: 31 outubro 2024.



## APÊNDICE A – *SCRIPT* EM PYTHON PARA GERAÇÃO DE GRÁFICOS DE *THROUGHPUT*

Este apêndice apresenta o script em Python utilizado para transformar os resultados do IPerf3, armazenados no formato resultados.json, em gráficos que representam a taxa média de transferência a cada 5 segundos. O objetivo foi calcular a média do *throughput* ao longo dos intervalos, exibindo os valores em Mbps para facilitar a interpretação dos dados.

### Script em Python para Geração de Gráficos de *Throughput*:

```
import json
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

# Carregar os dados do arquivo JSON
with open('resultados.json', 'r') as file:
    data = json.load(file)

# Definir a duração do intervalo em segundos e listas para armazenar as
médias
interval_duration = 5
timestamps = []
transfer_rates_mbps = []

# Coletar as taxas de transferência em Mbps para cada segundo
rates_per_second = [interval['sum']['bits_per_second'] / 1_000_000 for interval
in data['intervals']]

# Calcular a média de throughput a cada 5 segundos
for i in range(0, len(rates_per_second), interval_duration):
    avg_rate = np.mean(rates_per_second[i:i + interval_duration])
    timestamps.append(i)
    transfer_rates_mbps.append(avg_rate)
```





```

# Criar o gráfico com melhorias para visualização
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(timestamps, transfer_rates_mbps, marker='o', linestyle='-', color='b')

# Melhorias para facilitar a interpretação do gráfico
plt.title('Taxa Média de Transferência da Rede a Cada 5 Segundos (Mbps)')
plt.xlabel('Tempo (s)')
plt.ylabel('Taxa de Transferência Média (Mbps)')
plt.grid(True, linestyle='--', alpha=0.7)
plt.xlim(0, max(timestamps) + 5)
plt.ylim(0, max(transfer_rates_mbps) * 1.2)
plt.xticks(range(0, max(timestamps) + 5, 5))
plt.yticks(np.arange(0, max(transfer_rates_mbps) * 1.2,
max(transfer_rates_mbps) / 10))

# Exibir o gráfico
plt.show()

```

### Explicação do Script:

Carregamento e Processamento dos Dados: Os dados de *throughput* são carregados do arquivo JSON gerado pelo IPerf3. A taxa de transferência é convertida de bits por segundo para Mbps.

Cálculo das Médias por Intervalo: Para reduzir a oscilação dos valores de *throughput*, o script calcula a média da taxa de transferência a cada 5 segundos.

Geração do Gráfico: O gráfico exibe a taxa média de transferência ao longo do tempo, com marcações e melhorias visuais, como grelha ajustável, limites de eixo e rótulos, para uma compreensão mais clara dos resultados de *throughput* em cada cenário.

