



Escola Naval



Departamento de Armas e Electrónica

Telemetria utilizando a norma IEEE 802.11g



CAD EN-AEL Gonçalves Capela
CAD EN-AEL Pessanha Santos
SAJ ETA Marques Vieira
1SAR ETI Bastos Monsanto



1 de Fevereiro de 2010

SUMÁRIO

- **Introdução**
- **Objectivos**
- **Identificação de requisitos para o sistema**
- **Identificação de problemas específicos**
- **Caracterização do sistema – soluções adoptadas**
- **Metodologia dos testes**
- **Resultados mais relevantes**
- **Conclusões**
- **Trabalho futuro**



INTRODUÇÃO

A palavra **Telemetria** é de origem **Grega**

metria = medida
Tele = remoto

- **Interesses da Marinha** em medir parâmetros físicos, a longas distâncias.
- **Necessidade de medir parâmetros** resultantes do impacto de um míssil numa plataforma naval para:
 - **Conhecimento dos efeitos** sobre a guarnição ;
 - **Conhecimento do comportamento estrutural;**
 - **O fabricante da arma.**



OBJECTIVOS

- Estabelecer **requisitos** para o projecto do sistema;
- **Projectar** sistema telemétrico para longas distâncias;
- **Avaliar o sistema**, sujeitando-o a condições de teste próximas da realidade.



IDENTIFICAÇÃO DE REQUISITOS

- Os **especialistas** em balística e em construção naval especificaram:
 - **Parâmetros a medir** – temperatura, aceleração e pressão;
 - **Taxa de amostragem** não inferior a 100 amostras por segundo;
 - **Distância mínima** ao navio a monitorizar não inferior a 3 nm.
- Como **requisitos** para o projecto definiu-se:
 - **Utilização da tecnologia WI-FI IEEE 802.11g**;
 - **Utilização de tecnologia “off-the-shelf”**;
 - **Custo global reduzido.**

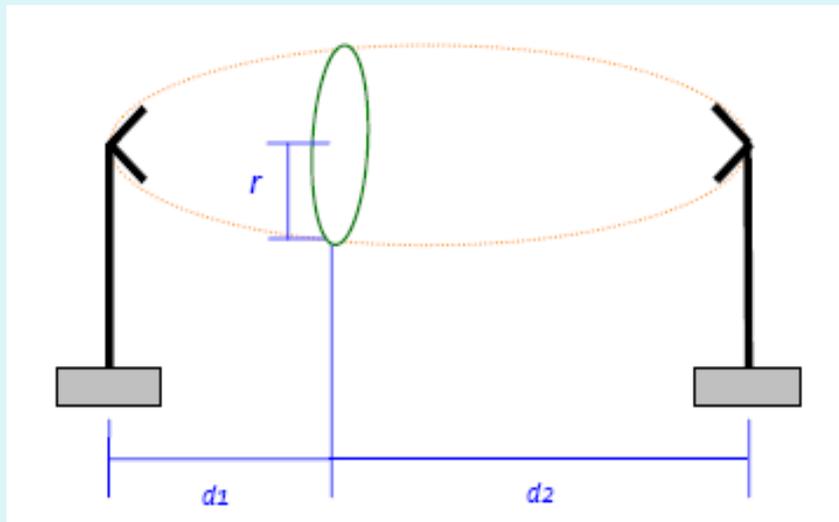


- **Zona de Fresnel;**
- **Tipo de antenas;**
- **Ligação em espaço livre;**
- **Firmware;**
- **Recolha de dados.**



ZONA DE FRESNEL

- Numa comunicação **ponto-a-ponto** é o lugar geométrico compreendido entre dois pontos de comunicação, que **quando livre**, garante que **não existe degradação do sinal na sua recepção**;
- O seu desimpedimento garante que fenómenos de **reflexão**, **difracção** e **absorção** não interferem com a comunicação.



Dist. = 5 nm,
f = 2,45 GHz,

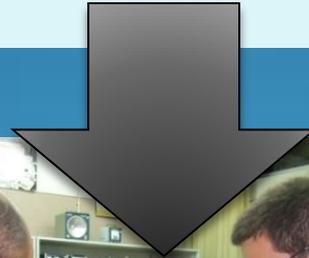


Raio máximo = 16,8 m
60% do Raio máximo = 10 m

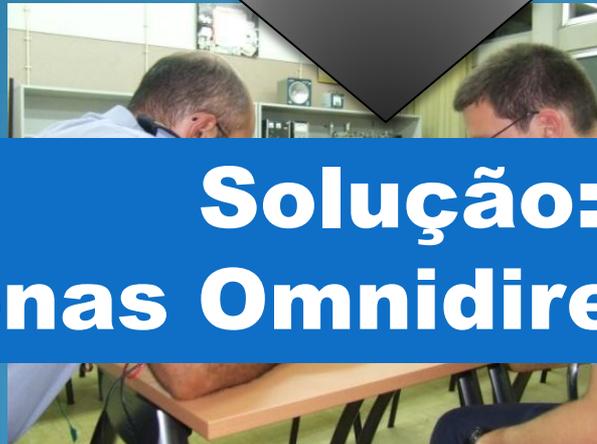


TIPO DE ANTENAS

- A **movimentação** das plataformas **condiciona** o **tipo** de antena a ser usado;
- A **estabilização** de antenas **direccionais** acrescentaria um nível de **complexidade** ao projecto.



Solução:
Antenas Omnidireccionais



FIRMWARE

- **Firmware do router limitado:**
 - **Definições de arquitectura de rede e selecção da potência de transmissão;**
 - **Medição de parâmetros: SNR e capacidade do canal.**
- **Novo firmware: mais capacidades e funcionalidades essenciais ao estudo.**



FIRMWARE



RECOLHA DE DADOS

Rapidez do fenómeno leva a definir:

- **Recolha mínima: 100 amostras por segundo;**
- **Conversão A/D: 12 bits .**



Cenário



Navio A



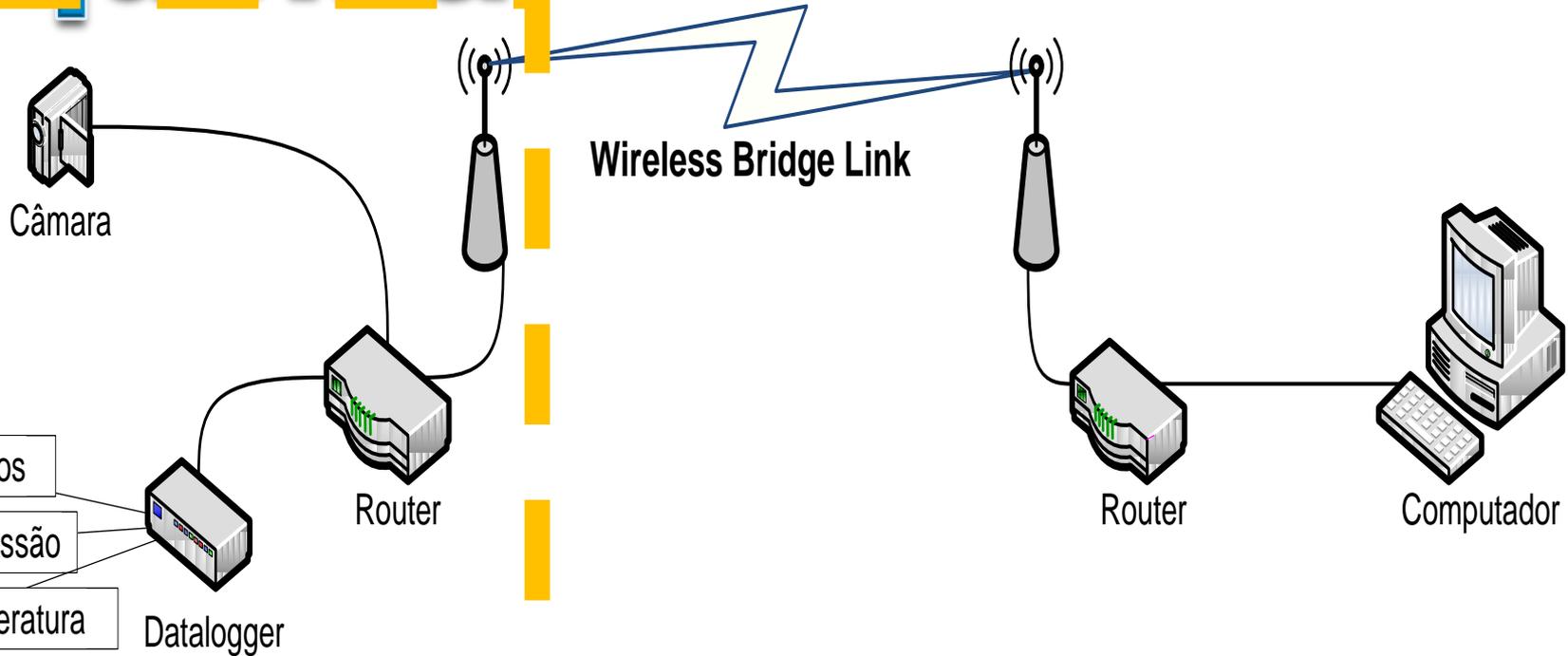
5 milhas



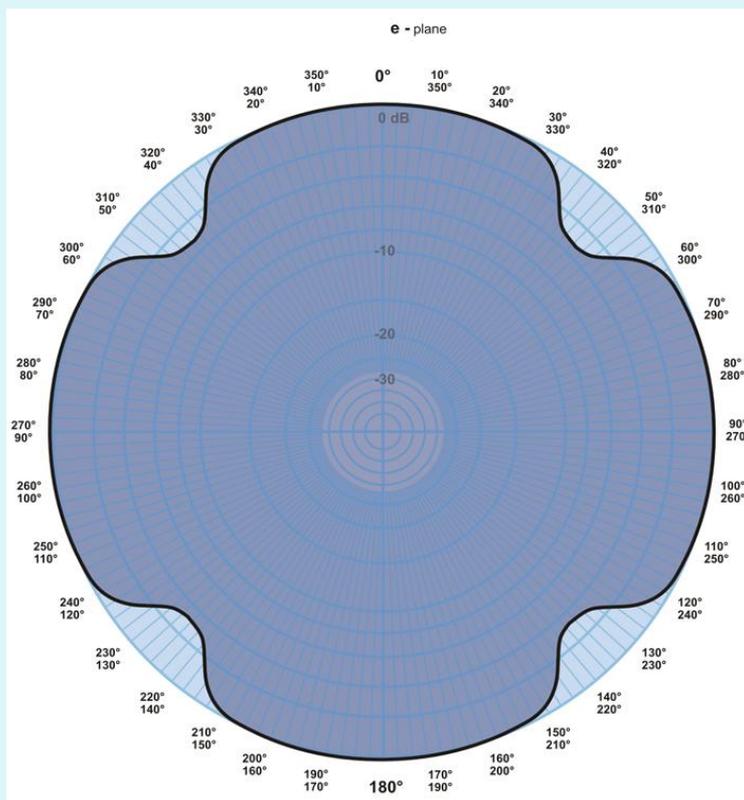
Navio B



Esquema



Antenas

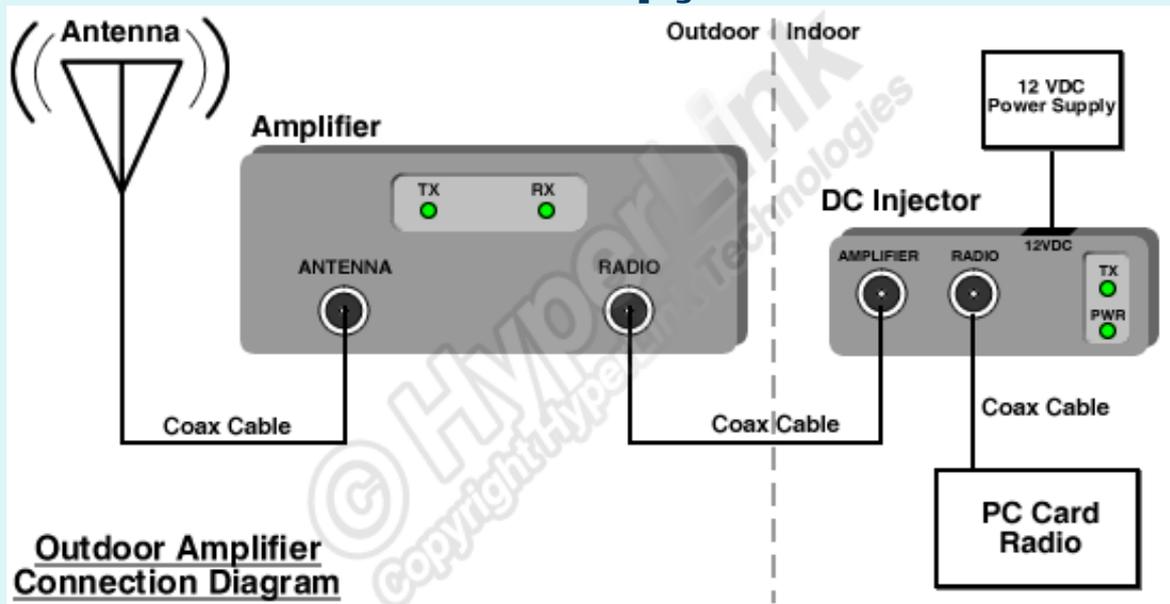


- **Antenas: omnidireccionais**
- **Fabricante: Ferimex**
- **Modelo: OMNI H**
- **Ganho de 10 dBi**
- **Abertura de feixe no plano vertical 13°**



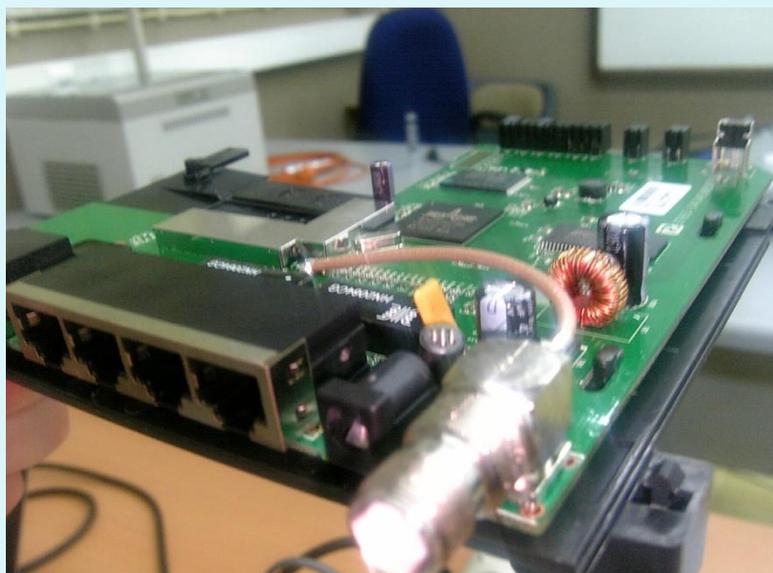
Amplificadores

- **Fabricante:** Hyperlink Technologies
- **Modelo:** DS HA2402GX-NF
- **Potência:** 2 W (33 dBm)
- **Ganho nominal de recepção:** 20 dB



Routers

- **Fabricante: Linksys**
- **Modelo: WRT54GS V7**
- **Potência máxima de transmissão (Firmware origem): ≈ 18 dBm**
- **Potência máxima de transmissão (DD-WRT): ≈ 20 dBm**



Datalogger

- **Fabricante: DATAQ INSTRUMENTS**
- **Modelo: DI-710-EL**
- **Entradas analógicas: 16 (simples) ou 8 (diferenciais)**
- **Conversor A/D: 14 bits**
- **Velocidade de amostragem: 4800 S/s (máxima)**



16 canais Analógicos

300 S/s por canal



Câmara

- **Fabricante: TRENDNET**
- **Modelo: TV-IP 100**
- **Resolução: 640x480 pixéis**
- **Zoom digital: 4x**
- **Frames por segundo (Fps): 30**



Interface: Ethernet



Cabos

Frequency MHz	Attenuation		Avg. Power kW
	dB/100 ft	dB/100 m	
30 MHz	0.7	2.2	3.3
50 MHz	0.9	2.9	2.6
150 MHz	1.5	5.0	1.5
220 MHz	1.9	6.1	1.2
450 MHz	2.7	8.9	0.83
900 MHz	3.9	12.8	0.58
1500 MHz	5.1	16.8	0.44
1800 MHz	5.7	18.6	0.40
2000 MHz	6.0	19.6	0.37
2500 MHz	6.8	22.2	0.33
5800 MHz	10.8	35.5	0.21



Cenário



Navio A



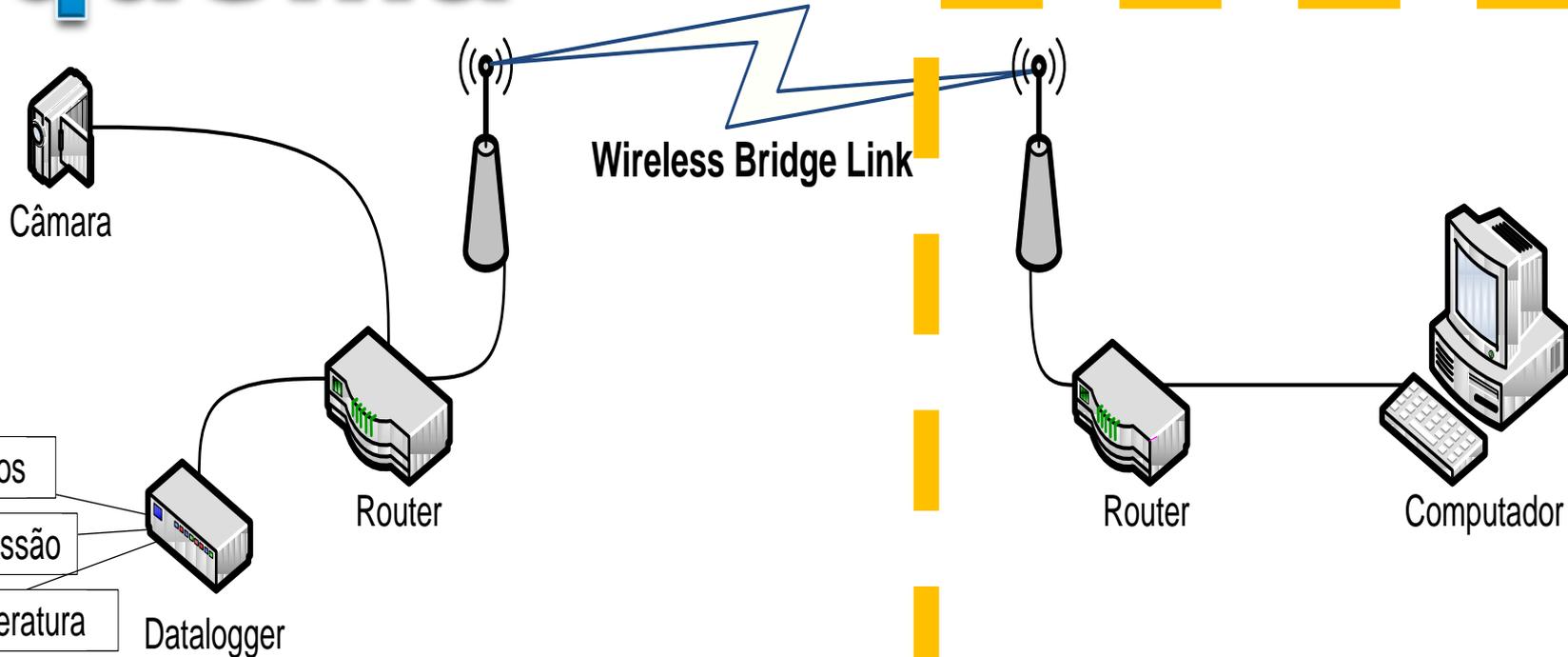
5 milhas



Navio B



Esquema



Cenário



METODOLOGIA DOS TESTES

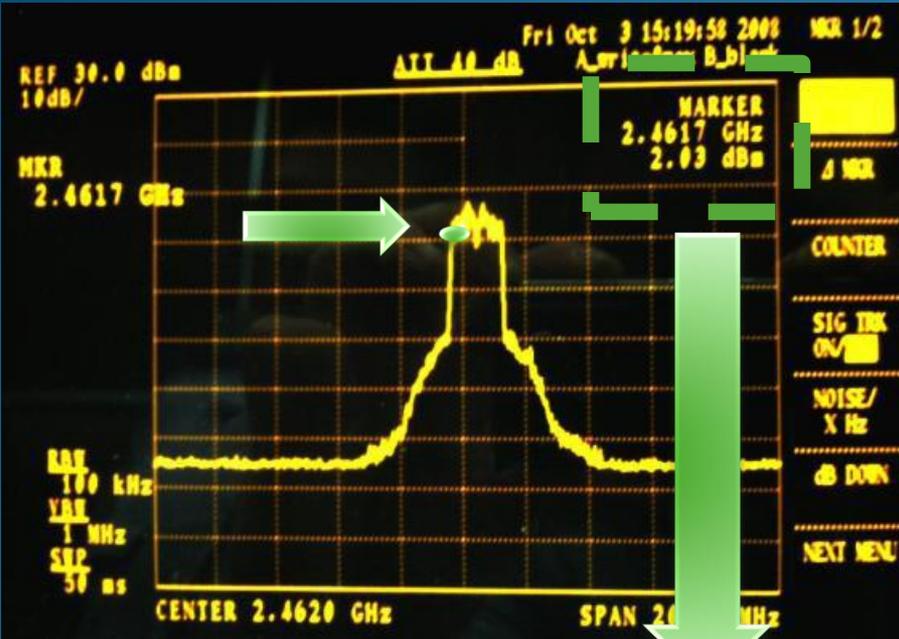
Numa primeira fase realizaram-se testes em laboratório:

- Medição da potência de TX dos routers;
- Potência de saída dos amplificadores;
- Resposta em frequência das antenas;
- Característica de resposta do router;
- Largura de banda necessária.

Como avaliação final, realizou-se um teste de forma a replicar condições semelhantes às esperadas.

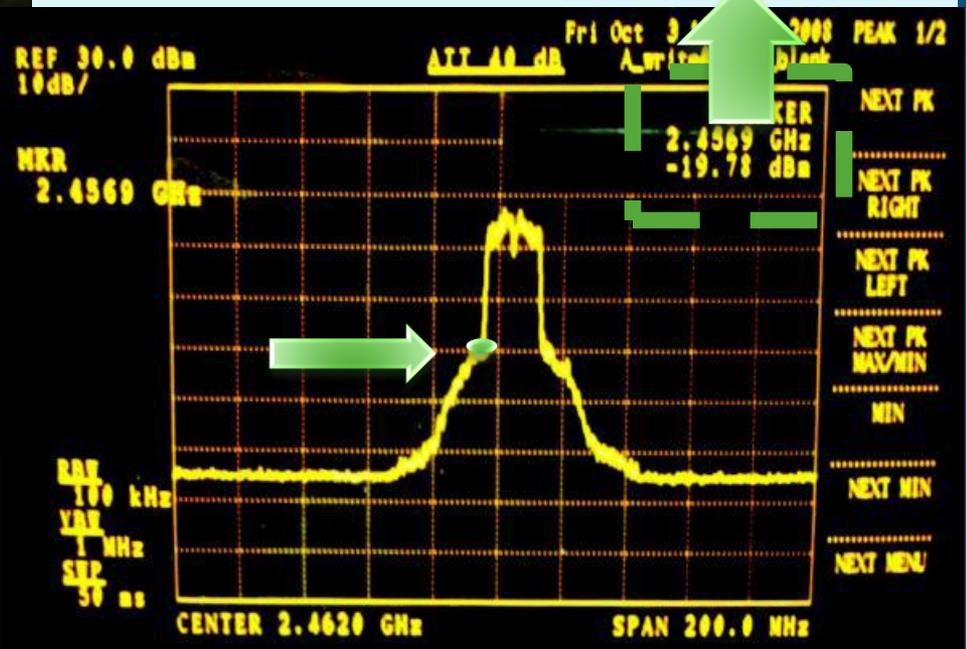


RESULTADOS MAIS RELEVANTES



**2.4617 GHz
2.03 dBm**

**2.4569 GHz
-19.78 dBm**

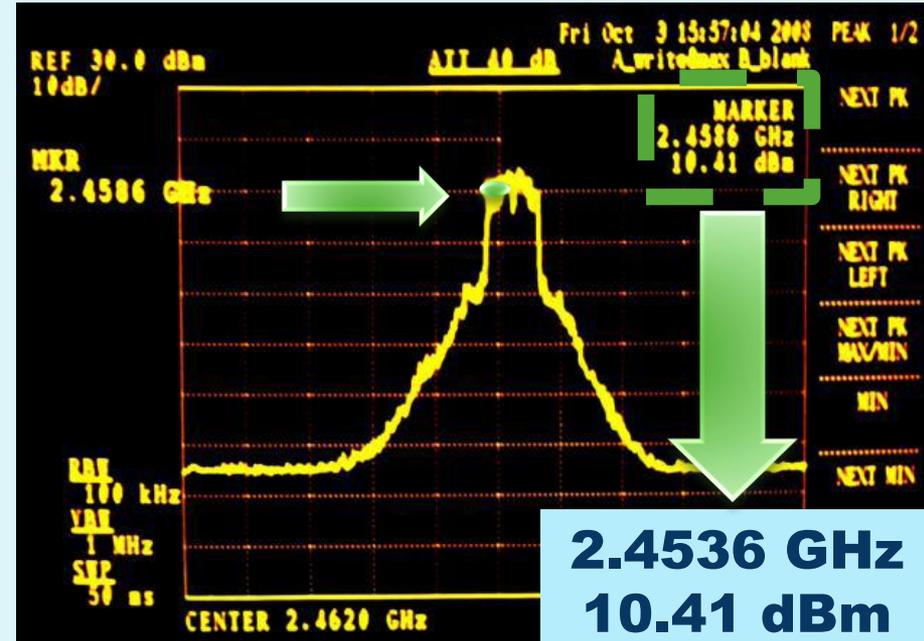


Medida da **potência** de saída do router com **novo firmware**



Telemetria utilizando a norma IEEE 802.11g

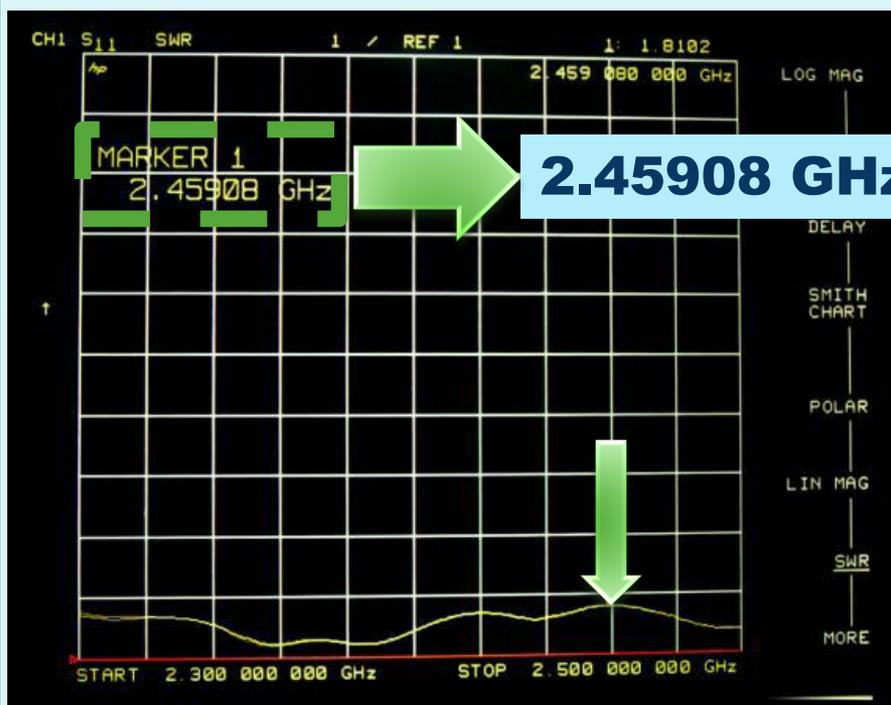
RESULTADOS MAIS RELEVANTES



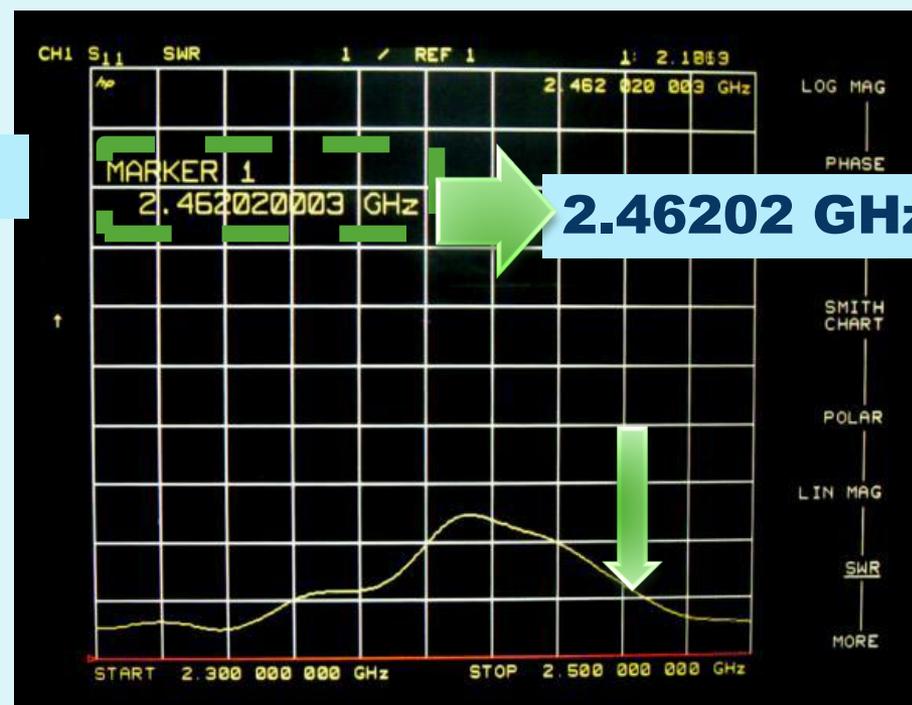
Medida da potência entregue à antena
(à esquerda potência à saída do router, à direita potência à
entrada da antena ,com atenuação de 6dBm)



RESULTADOS MAIS RELEVANTES



2.45908 GHz



2.46202 GHz

Medição da **ROE** das **antenas** – à frequência assinalada (**2,46GHz**) apresentam **características semelhantes**, a qual corresponde ao **canal 11** da norma **IEEE802.11g**



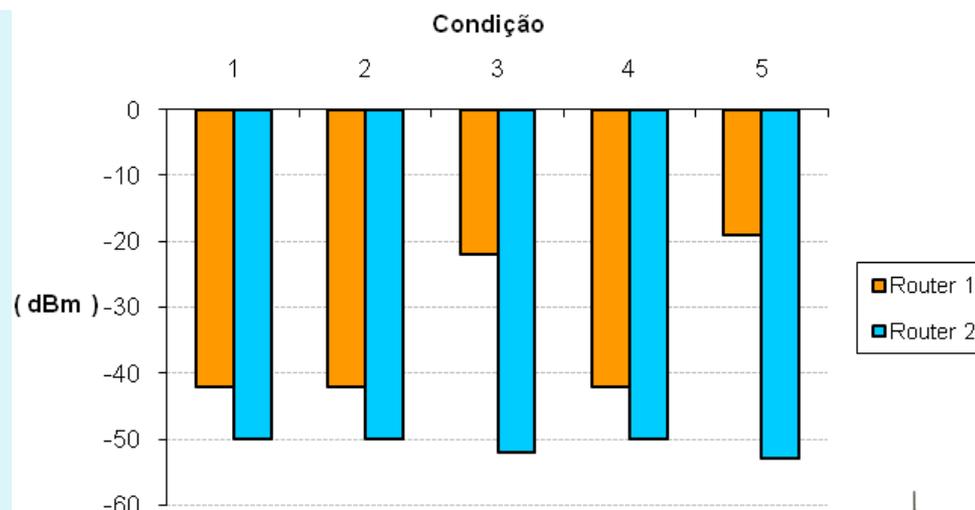
RESULTADOS MAIS RELEVANTES

CONFIGURAÇÃO	ANTENAS ROUTER 1		ANTENAS ROUTER 2	
	Direita	Esquerda	Direita	Esquerda
1	TX/RX	Desligada	TX/RX	Desligada
2	AUTO	AUTO	AUTO	AUTO
3	Desligada	TX/RX	Desligada	TX/RX
4	TX/RX	Desligada	Desligada	TX/RX
5	Desligada	TX/RX	TX/RX	Desligada



Nível de Sinal Recebido

- O **router 2** em todos os casos recebe um nível de sinal muito **semelhante**, o **router 1** é francamente melhor na **situação 5**.



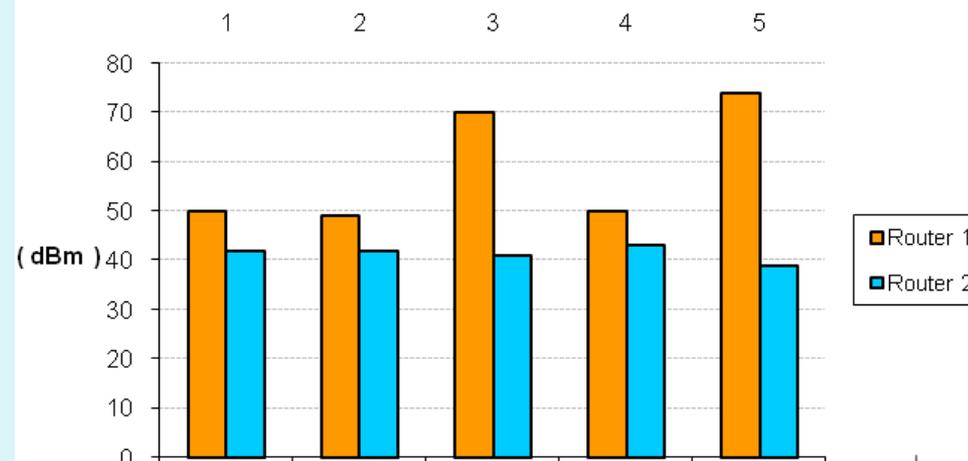
RESULTADOS MAIS RELEVANTES

CONFIGURAÇÃO	ANTENAS ROUTER 1		ANTENAS ROUTER 2	
	Direita	Esquerda	Direita	Esquerda
1	TX/RX	Desligada	TX/RX	Desligada
2	AUTO	AUTO	AUTO	AUTO
3	Desligada	TX/RX	Desligada	TX/RX
4	TX/RX	Desligada	Desligada	TX/RX
5	Desligada	TX/RX	TX/RX	Desligada



SNR

Condição



- O router 1 tem uma SNR melhor na situação 5, o router 2 é muito uniforme e a situação 5 é a que, globalmente, apresenta melhores resultados.

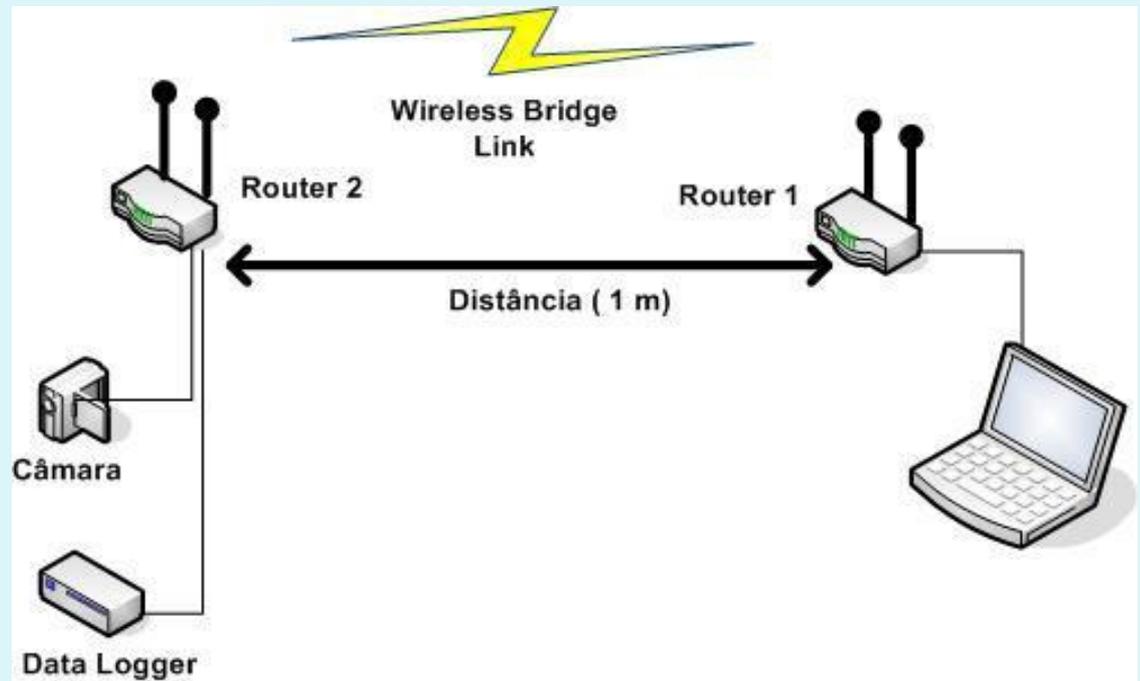


- Determinação da largura de banda necessária

Datalogger	15 KB/s
Câmara	200 KB/s



215 KB/s



CONDIÇÃO TESTE DE ALCANCE

- Uma das antenas colocada no topo do Edifício Escolar da Escola Naval e a outra antena numa embarcação a 2m da água – desnível entre elas de 28m.



CONDIÇÃO TESTE DE ALCANCE

Afastou-se gradualmente a embarcação, tendo se medido:

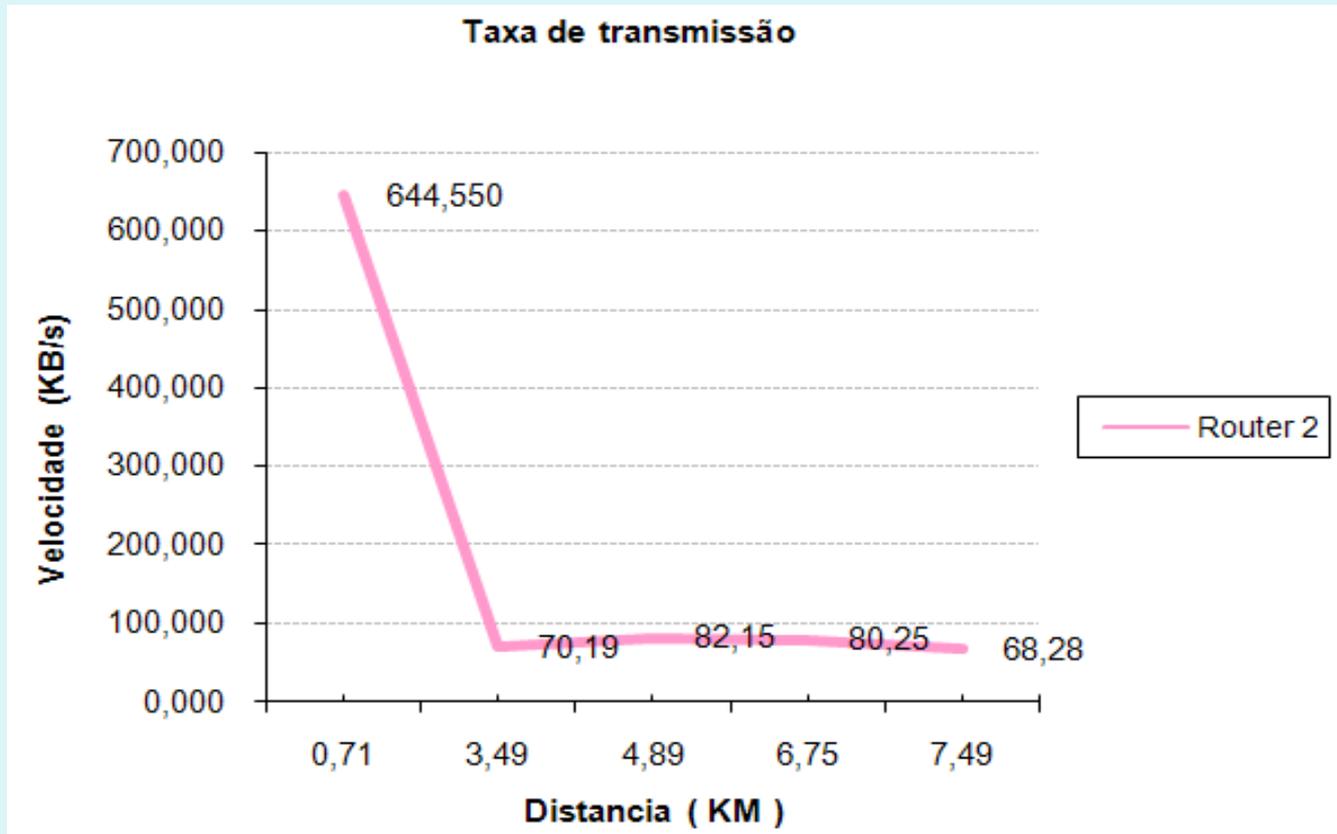
- **Taxas de transmissão, SNR** – envio de ficheiro de testes de **200 MB**;
- **Tempo de latência e nº pacotes perdidos** - envio de **100 pacotes de 32 bytes cada.**



CONDIÇÃO TESTE DE ALCANCE

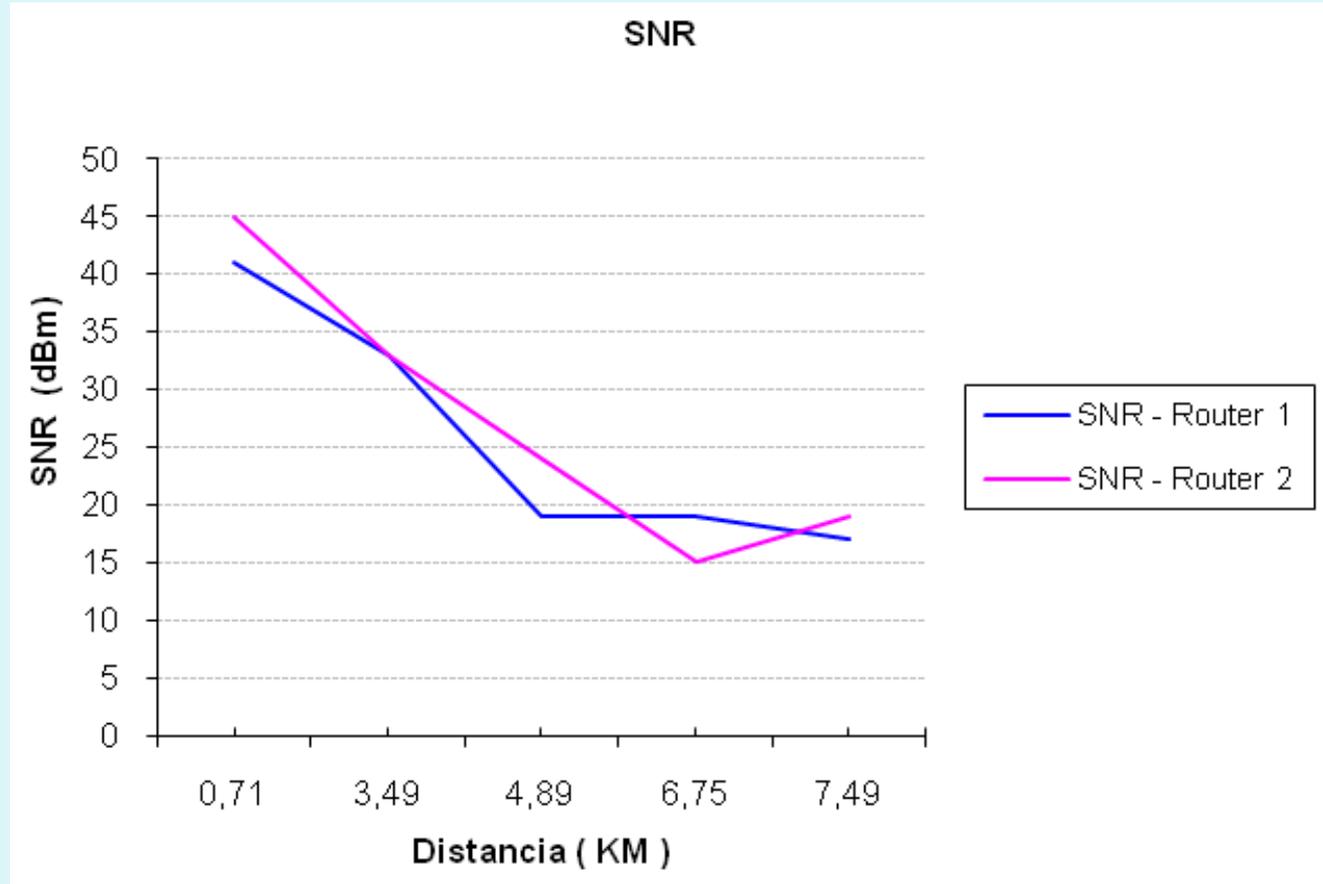


Taxa de transmissão

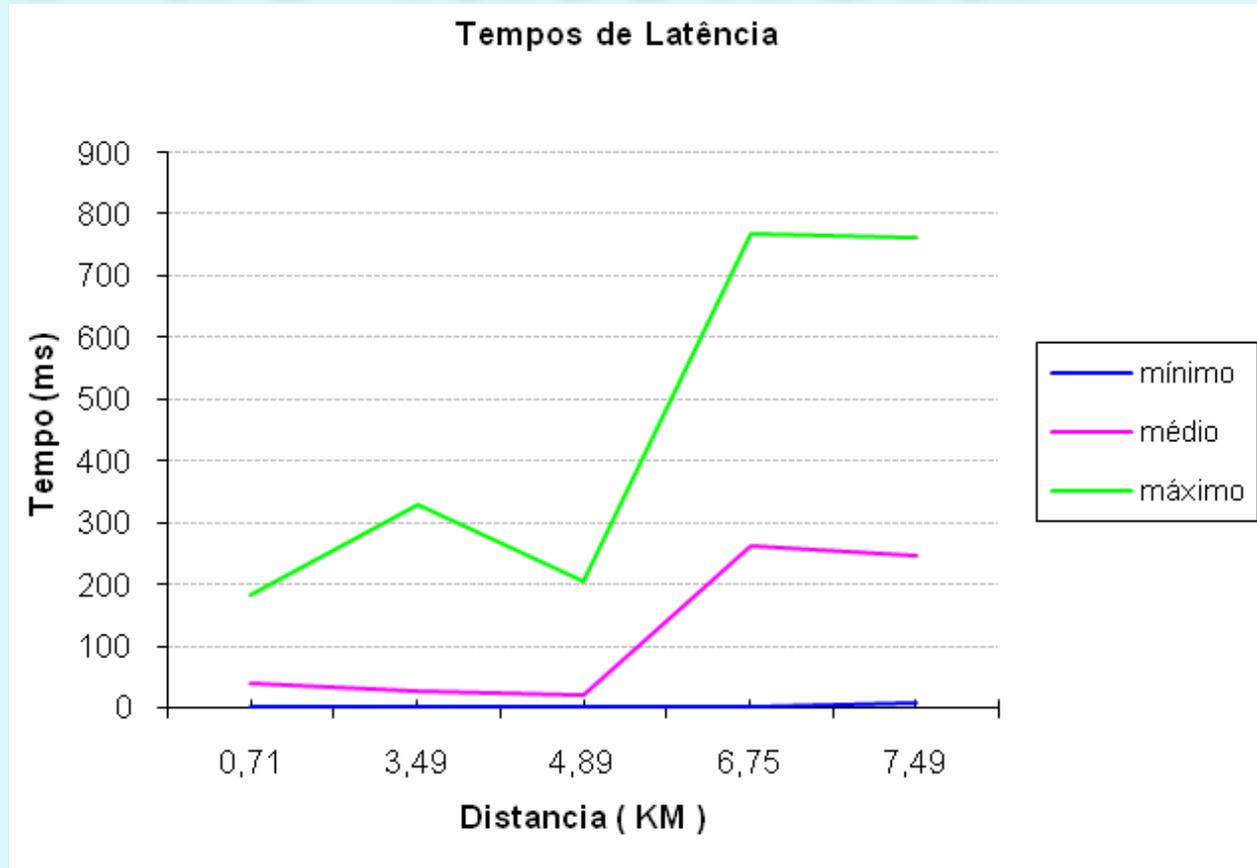


RESULTADOS MAIS RELEVANTES

SNR



Tempo de latência



Pacotes Perdidos

1. No teste em que se **enviaram**, em cada **distância de teste**, **100 pacotes** com **32 bytes** de dados: todos os pacotes transmitidos foram recebidos com sucesso, **sem erros**.
2. O **envio** do ficheiro de teste resultou em **zero erros**.
3. No final do teste, foram lidos os dados no firmware dos routers.

Resultados:

	recebido	enviado	erros	%
router 1	451666	244367	0	-
router 2	209846	408954	63	0,015%



CONCLUSÕES

- Com a **configuração testada**, é possível transmitir dados de **16 sensores** a uma distância de **4 nm**;
- **Não é possível transmitir vídeo** com os **requisitos pretendidos**;
- Dada a **baixa taxa de erros**, é possível concluir que **aumentado a potência de transmissão**, a taxa de **transmissão aumentaria igualmente**;
- Apesar de se ter projectado um sistema com **grande tolerância** em termos de **perdas**, obtiveram-se níveis de **sinal inferiores** ao esperado.



TRABALHO FUTURO

- **Analisar a influência do tamanho dos pacotes na taxa de transferência;**
- **Efectuar testes a bordo de dois navios da armada em alto mar;**
- **Desenvolver a parte do trabalho ligado à aquisição de dados.**



QUESTÕES

