

RELATÓRIO DO PROJETO
APOIO A PROJETO ESTRATÉGICO DE COMUNICAÇÕES DIGITAIS EM
HF DE INTERESSE DA ACADEMIA FORÇAS ARMADAS E SOCIEDADE
CIVIL
SEI NR. 23106147179201731
TED MCTI/UnB Nr. 694580

PERÍODO DE EXECUÇÃO: 16 MESES
VALOR TOTAL: R\$ 99.608,02

Brasília, 28 de Maio de 2021

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	02
FASE 1.....	02
OBJETO 1.....	02
OBJETO 2.....	03
Instalação do Transmissor DRM.....	04
Operação do Transmissor.....	07
"Reports" de recepção do Sinal.....	08
Ionosfera entre Brasília e fronteira Brasil-Venezuela.....	09
Uso estratégico de Dados de Ionosondas.....	12
Planilha detalhada MUF Janeiro 2019.....	18
OBJETO 3.....	21
Medidas na UFRR-Universidade Federal de Roraima.....	22
OBJETO 4.....	25
OBJETO 5.....	26
OBJETO 6.....	26
CONCLUSÃO.....	26
AGRADECIMENTOS.....	27
BIBLIOGRAFIA.....	28
APÊNDICE A.....	29
APÊNDICE B.....	30

INTRODUÇÃO:

O presente projeto é um TED acordado entre MCTIC e UnB que tem a finalidade de desenvolver competências na pesquisa e implementação no Brasil de tecnologia Digital em HF (High Frequency) que utiliza o padrão internacional DRM (Digital Radio Mondiale).

De acordo com o objeto contido no plano de trabalho o projeto é constituído de 3 fases:

- Fase 1 contempla os objetos 1 a 6
- Fase 2 contempla os objetos 7 e 8
- Fase 3 contempla os objetos 9 e 10

O relatório se refere a execução da Fase 1, que originalmente estava proposta para durar 12 meses, mas foi estendida a 16 meses em função da liberação de recursos que só foi obtida 4 meses após o início do projeto.

A seguir apresenta-se os resultados obtidos em cada objeto da Fase 1:

1. Realização de um evento com objetivo de estabelecer diálogos sobre os desafios da transmissão e recepção na faixa de HF, bem como debater pesquisas de interesse da Academia, Forças Armadas e Sociedade Civil, visando aplicação do sistema DRM:

- Reunião para discussão sobre a tecnologia DRM no MCTIC onde estiveram presentes, Academia – UnB, Sociedade Civil – EBC (Empresa Brasileira de Comunicações) – Telebras, Fabricante – BT Broadcast Transmitters e Forças armadas – IMBEL e CCOMGEX. Todos apresentaram suas competências e ao final acordaram em promover esforços para concretização da tecnologia.

- Pode-se dizer que dois outros eventos importantes, onde demonstrou-se a viabilidade da tecnologia foram:

Estande DRM com transmissor e receptores funcionando na 15ª Semana Nacional de Ciência e tecnologia.

Estande DRM com transmissor em ondas curtas e receptores funcionando na 16ª Semana Nacional de Ciência e tecnologia (foto abaixo).



Foto 1: Stand de demonstração da transmissão digital DRM em HF na 16ª Semana Nacional de Tecnologia.

2. Implementação piloto da difusão do sinal DRM na faixa de HF utilizando o parque de antenas pertencente a EBC:
 - A aquisição do protótipo transmissor DRM de 2,5 kW se concretizou em Setembro de 2020, com a chegada do equipamento no parque de antenas da EBC (fotos da instalação abaixo).



Foto 2: Transmissor embalado



Foto 3: Processo de instalação do transmissor no radiador A2



Foto 4: Continuidade da instalação.

- Seguiu-se a configuração e adaptação ao radiador direcional de ganho 17 dB no azimute 329° , que corresponde a região próxima a cidade de Boa Vista em Roraima (vista parcial do radiador, foto abaixo).



Foto 5: Vista parcial do radiador A2

- No dia 02 de Dezembro de 2020 iniciamos a transmissão experimental pela primeira vez no Brasil, de um sinal digital de alta qualidade (estéreo) em HF a longas distâncias.
- A frequência escolhida de 11,910 MHz devidamente licenciada a EBC na faixa de 25 metros não interferiu com 11,780 MHz da rádio Nacional da Amazônia. O transmissor operou 24/24 durante 90 dias. Houve

interrupção durante uma semana devido a problema na fonte de alimentação. O ensaio terminou no dia 02 de Março de 2021 às 24:00 horas com o desligamento do equipamento.

- A foto abaixo mostra o transmissor em operação, indicando as várias unidades que compõem o equipamento, observe que o “*content server*” permite configurar a programação que inclui, áudio, texto de agência de notícias e slides (para receptores que possuem painel lcd). Também as condições ionosféricas são inseridas no equipamento.

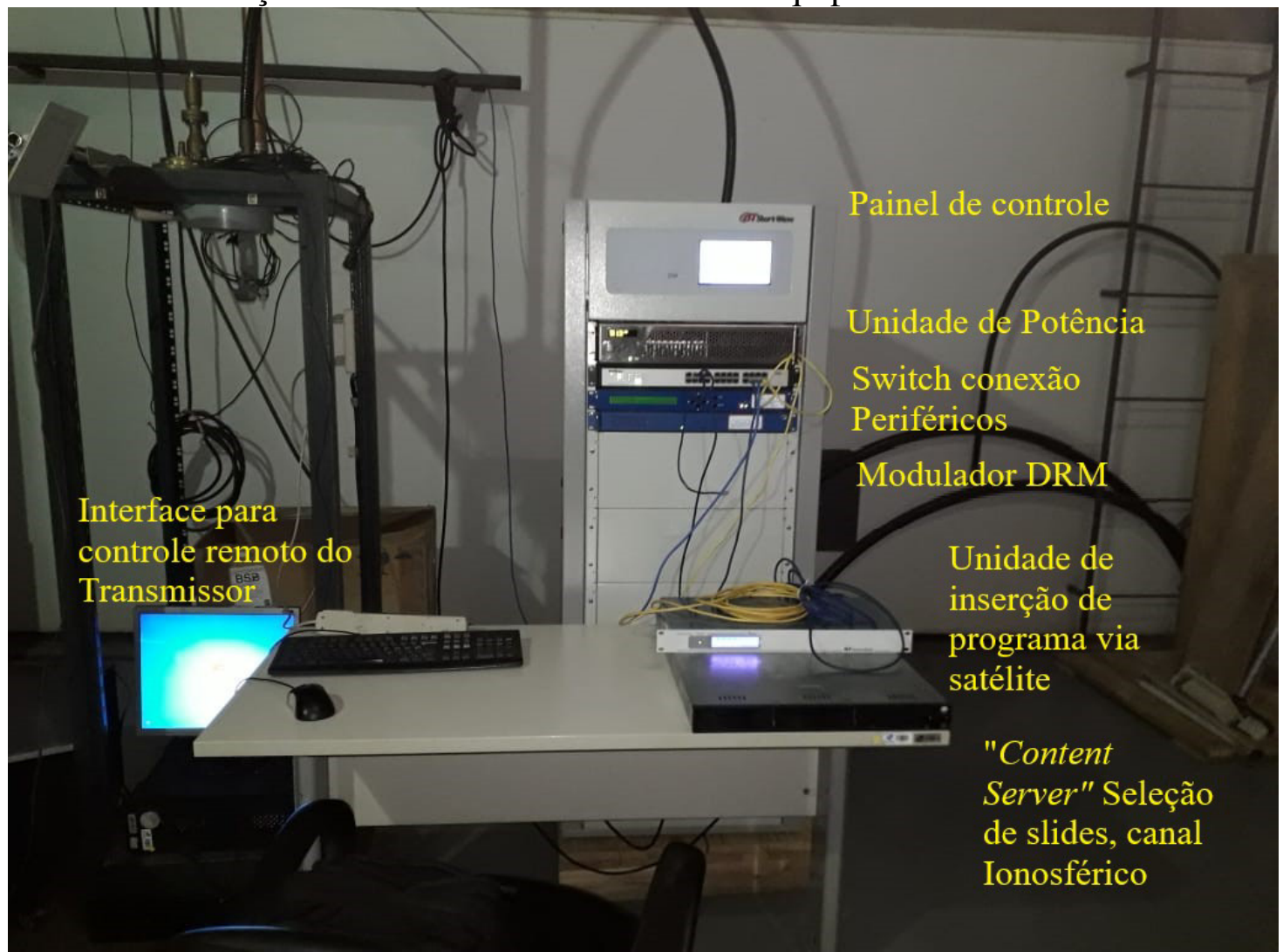


Foto 6: Transmissor DRM em operação – indicação de unidades que compõem o equipamento.

- Os primeiros “*reports*” da recepção vieram dos Estados Unidos, exemplo abaixo:

----- Forwarded Message -----

Subject: Re: [DRMNA] Brasil DRM Exper is back on-air

Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Gleba A, Avenida L3 Norte, CEP 70.910-900, Brasília — DF
Caixa postal 4386, fone +55 61 3107 5510, fax +55 61 3107 5590, secene@ene.unb.br, www.ene.unb.br

Date: Tue, 29 Dec 2020 20:04:32 -0800
From: Zyg <zygmunt@mindspring.com>
Reply-To: DRMNA@groups.io
To: DRMNA@groups.io

They are transmitting in stereo - excellent quality. Absolutely first class!

An audio sample just received is to be found at:

<https://www.drmrx.org/forum/showthread.php?t=3001&page=3>

All this from a 1.12 kW station 6730 km away.

73,

-Zyg- AF4MP

Fig. 7: Extrato de mensagem via whatsapp

- Outro exemplo veio da Estônia:

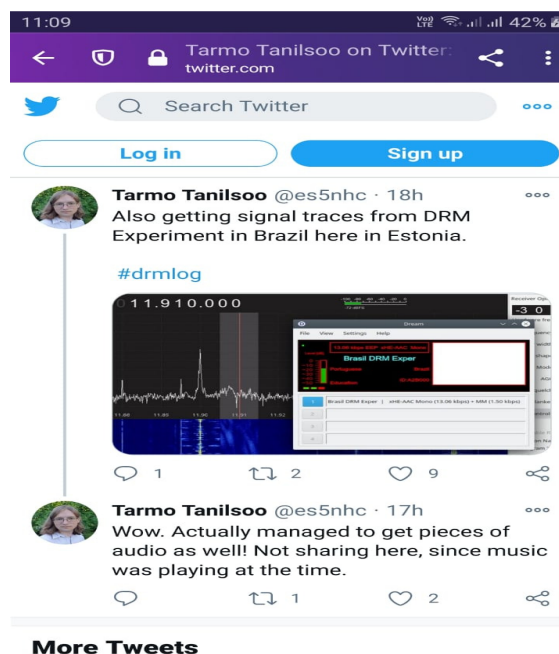


Foto 8: Tweet provindo de um rádio escuta

- Fizemos estudo profundo das características ionosféricas entre Brasília e fronteira Brasil-Venezuela com ajuda de dados providos de sondas ionosféricas operadas pelo INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais). Exemplo de um ionograma obtido da estação de São Luis – Maranhão na figura 8:

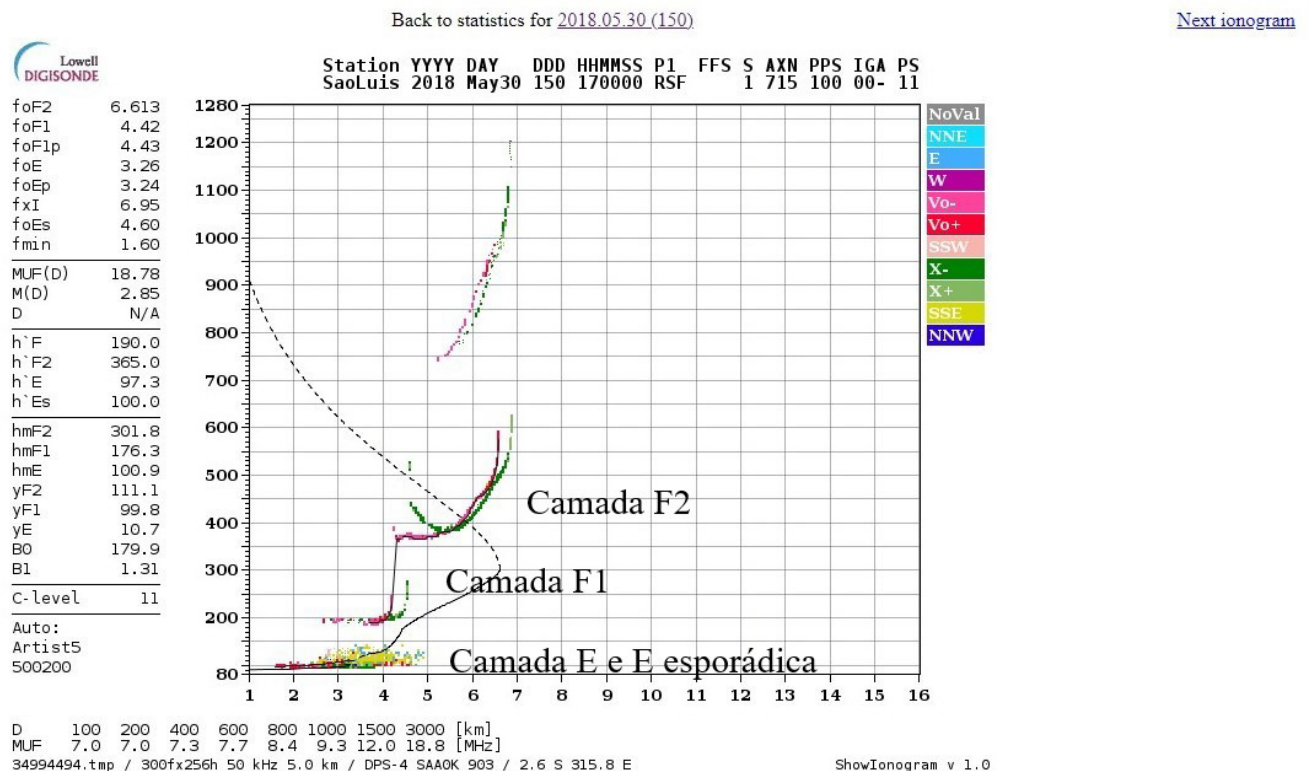


Fig. 8: Ionograma obtido em São Luis em 30/05/2018 às 17:00 UT

Basicamente a ionosonda é um transmissor que emite pulsos na direção vertical em várias frequências. Com a medida do tempo do eco devido a reflexão na ionosfera é possível obter gráficos da altura virtual versus frequência vertical, os chamados ionogramas. Esses dados são emitidos diariamente em intervalos de 10 minutos, o que permite estudo detalhado da propagação ionosférica. Utilizamos o modelo de terra e ionosfera esférica, gráficos de propagação são obtidos para determinada distância ao longo da terra, onde altura virtual versus frequência de incidência vertical para várias incidências oblíquas [1] são mostradas.

Então se fornecidas distância e a frequência oblíqua:

$$\theta = \frac{D}{a} \quad (1)$$

onde D distância em km e a (raio da terra) = 6370 km

$$\varphi_0 = \cos^{-1} \left(k \frac{f_v}{f_{ob}} \right) \quad (2)$$

onde f_v frequência vertical (variável) e f_{ob} frequência oblíqua
 k fator de correção devido a esfericidade da ionosfera 1.031
para distância Brasília fronteira Venezuela, frequências em MHz

$$h' = a \left\{ \left(\frac{\sin(0.5\theta)}{\tan(\varphi_0)} \right) - 1 + \cos(0.5\theta) \right\}. \quad (3)$$

Por exemplo: Distância = 2466 km (Brasília-Boa Vista)
Frequência oblíqua (tx DRM) = 11,910 MHz
o seguinte gráfico é obtido, Apêndice A:

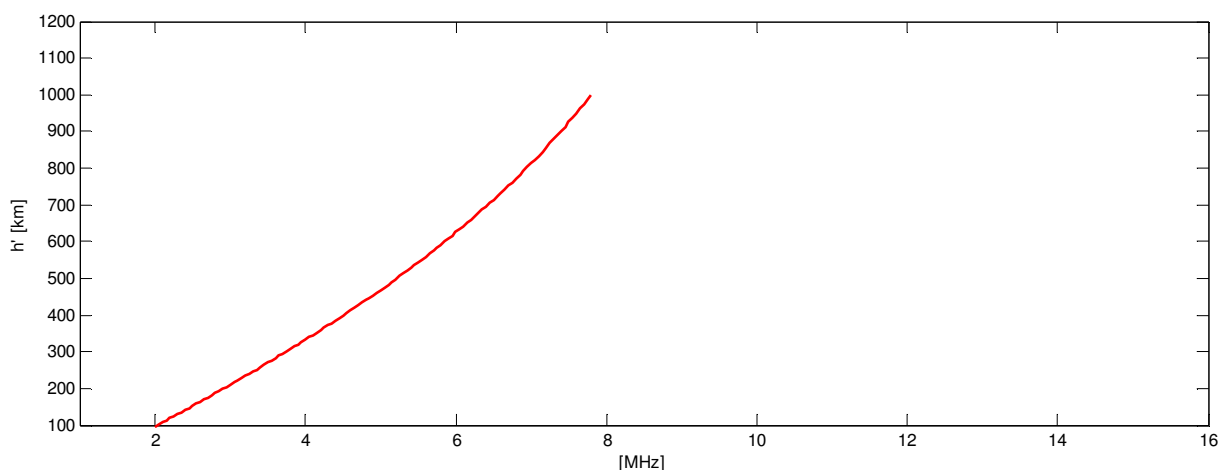


Fig. 9: Curva de propagação para frequência de 11,910 MHz a 2466 km.

Em seguida criamos transparência do gráfico e aplicamos sobre o ionograma escolhido daí:

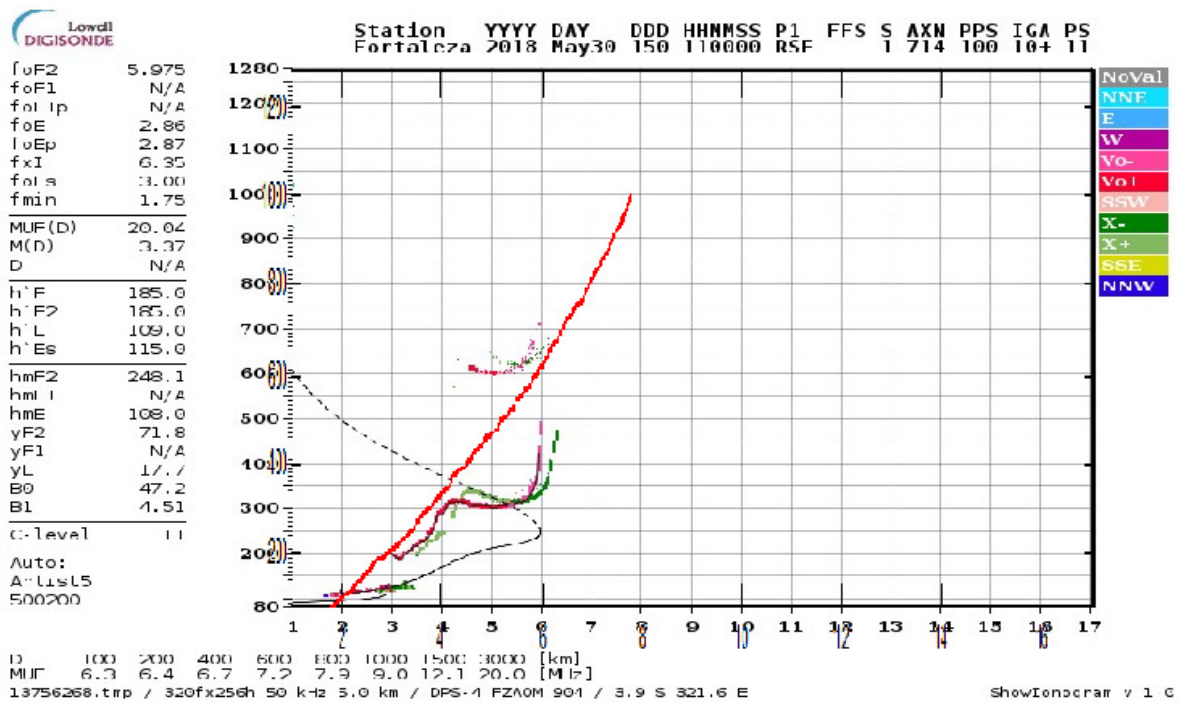


Fig. 10: Sobreposição da curva de propagação sobre o ionograma.

A estação escolhida foi Fortaleza pois esse ionograma corresponde aproximadamente aquele que seria obtido no ponto médio que ocorre no sul do Pará decorridos 50 min, isto é, a partir da velocidade de rotação da terra calculamos o tempo decorrido ao longo da latitude para alcançar o ponto médio. Observa-se que a curva intercepta o ionograma apenas na camada E a 110 km de altura, daí o ângulo de "take off" a partir de Brasília pode ser calculado por:

$$\Delta = \tan^{-1} \left\{ \frac{[h' + a(1 - \cos(0.5\theta))]}{a \sin(0.5\theta)} \right\} - \tan^{-1} \left\{ \frac{[\sec(0.5\theta) - \cos(0.5\theta)]}{\sin(0.5\theta)} \right\} \quad (4)$$

No exemplo $\Delta = -0.5063^\circ$ indicando que é impossível nessas condições propagar na distância com apenas um salto na ionosfera. Aplica-se o mesmo raciocínio a qualquer outro momento. Em dois saltos alcançamos Boa Vista nesse horário! O estudo resultou no trabalho apresentado em 2018 na Conferência de Iniciação Científica em Assuntos de Defesa da

ESCOM (Escola de Comunicações do Exército) e publicado na revista “O Comunicante” [2] . (Slides da apresentação abaixo)

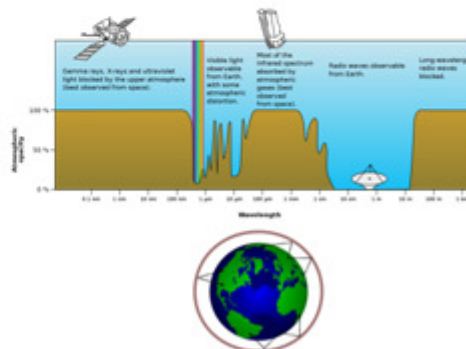
Uso Estratégico de Dados de Ionosondas para Comunicações Digitais em Alta Frequência (HF)

Vítor Ossamu Rodrigues Okamura

Plínio Ricardo Ganime Alves

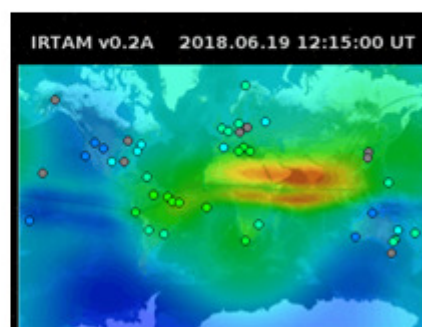
Alta Frequência (HF)

- Faixa de frequências entre 3 MHz e 30 MHz
- Atmosfera reflete ondas nessa faixa
- Torna possível o uso do método de *skywave* — transmissões que rebatem na camada ionosférica e voltam à Terra
- Ideal para comunicações de longo alcance



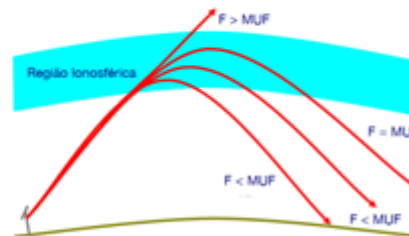
Ionosfera

- Camada não uniforme
- Condições variam de acordo com a exposição ao Sol
 - Latitude
 - Atividade Solar
 - Ciclo de Manchas Solares
 - Estação do Ano
- Os parâmetros de uma transmissão por *skywave* precisam ser ajustados de acordo com as condições da ionosfera



Máxima Frequência Utilizável (MUF)

- Maior frequência que pode ser usada na transmissão entre dois pontos pelo método do *skywave*
- Transmitir na MUF significa poder enviar mais dados e aumentar a eficiência da transmissão

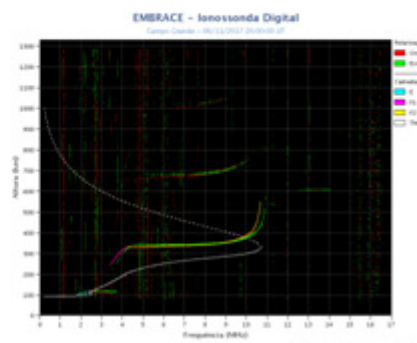


Como calcular a MUF?

- Geralmente a MUF é estimada por meio de previsões ionosféricas médias mensais
- Depende da estabilidade da ionosfera ao longo do mês
- Condições ionosféricas possuem grande variância entre os dias em regiões de baixa latitude devido à incidência solar não uniforme
- Anomalia de Ionização Equatorial (EIA)
- Previsões mensais pouco úteis em regiões de baixa latitude

Como calcular a MUF?

- Ionosondas: estações que monitoram a ionosfera regularmente
 - Intervalos de 10 minutos
- Produzem ionogramas: é possível extrair a MUF a partir deles



Proposta do Estudo

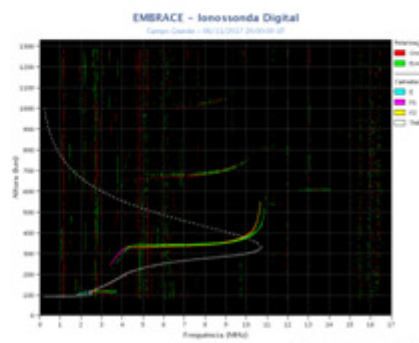
- Apresentar um método
 - Computacional
 - Automático: em tempo real
 - Usar informações fornecidas pelas ionossondas para obter o valor dos parâmetros de transmissão
- Comprovar sua eficiência comparando os valores de MUF obtidos pelo método com os fornecidos pelo método das médias mensais

Proposta do Estudo

- Viabilizar o padrão DRM de rádio
 - Padrão livre de rádio digital
 - Aplicação estratégica: canais seguros de comunicação com as regiões mais remotas do território nacional
 - Aplicação civil: prevenção de desastres, educação à distância, jornalismo multimídia, etc.

Como calcular a MUF?

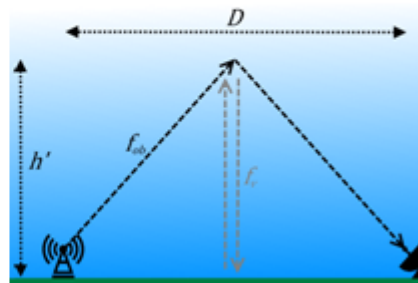
- Temos interesse na curva de transmissão do ionograma: a curva da altura virtual em função da frequência vertical
 - A ionossonda emite sinais numa determinada frequência para cima
 - O sinal é refletido pela ionosfera e volta à ionossonda
 - A partir do delay entre o momento de emissão do sinal e o de recepção, é calculada a distância percorrida: a altura virtual



Como calcular a MUF?

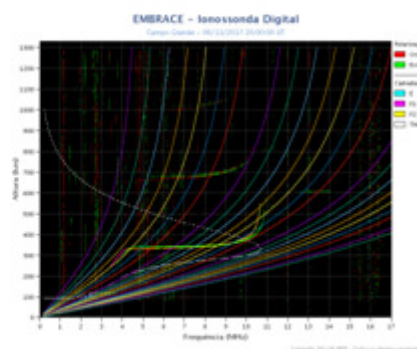
- Queremos transmitir um sinal num ângulo oblíquo para uma distância D por uma frequência f_{ob}
- A altura virtual h' onde o sinal será refletido e a frequência f_c equivalente se relacionam com f_{ob} e D por meio da seguinte equação:

$$h' = \frac{D}{2 \sqrt{\left(\frac{f_{ob}}{f_c}\right)^2 - 1}}$$



Análise manual do ionograma

- Dispomos do ionograma para o ponto médio da transmissão
- Para achar o maior f_{ob} para a transmissão — ou seja, a MUF — assumimos vários valores de f_{ob} e traçamos as curvas correspondentes de h' por f_c
- Esta é a família de curvas: a que tangenciar a curva de transmissão terá o valor da MUF



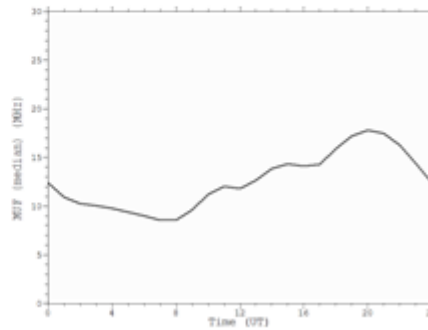
Análise manual do ionograma

- Este é o método manual de se obter a MUF a partir de um ionograma
 - Exaustivo de se executar repetidamente
 - Capaz de fornecer a altura virtual h' , de onde podemos tirar outro parâmetro de transmissão: o ângulo de *take-off* Δ

$$\Delta = \tan^{-1} \left(\frac{h' + r \left(1 - \cos \frac{90D}{\pi r} \right)}{r \sin \frac{90D}{\pi r}} \right) - \frac{90D}{\pi r}$$

Método das médias mensais

- Geralmente é usado o método das previsões ionosféricas médias mensais
 - Simples e prático; existem várias ferramentas para realizá-lo
 - Necessita da inserção de grandezas para fazer os cálculos, como o número de manchas solares
 - Estimativa das grandezas apresenta grande variação entre os dias
 - A análise do ionograma não requer nenhum dado adicional
- Foi usado o Voice of America Coverage Analysis Program (VOACAP) no estudo



Método proposto

- Propomos um método que
 - Não dependa de estimativas mensais com grandes variâncias, como a análise gráfica do ionograma
 - Exija pouco esforço humano, como o das médias mensais
- Ionossondas produzem automaticamente estimativas do valor da MUF para um conjunto de distâncias pré-determinadas
- Interpolando esses valores, podemos obter um valor confiável para a distância desejada
- Ionossondas frequentemente se encontram fora do ar
 - O método proposto se encarrega de usar dados anteriores compatíveis para suprir esta deficiência

Comparação dos métodos

- Simulamos uma comunicação entre Brasília/DF e Bela Vista/MS, na fronteira do território nacional
 - Objetivo: retratar uma situação real de comunicações do Exército
 - Condições ionosféricas da ionossonda de Campo Grande/MS aproximadas como sendo do ponto médio
- Usando a análise manual dos ionogramas como referência, comparamos o método das médias mensais e o proposto
 - Horários de máxima interferência da EIA
 - Quatro dias espaçados igualmente para representar as quatro estações

Hora Local	Ionograma		VOACAP (SSN = 20)			Interpolação		Hora Local	Ionograma		VOACAP (SSN = 32)			Interpolação	
	h (km)	MUF (MHz)	h (km)	MUF (MHz)	Erro (%)	MUF (MHz)	Erro (%)		h (km)	MUF (MHz)	h (km)	MUF (MHz)	Erro (%)	MUF (MHz)	Erro (%)
09h30	400	10.0	423	11.6	16.0	9.22	7.8	09h30	330	14.0	469	11.3	19.2	11.81	15.6
11h30	600	8.3	492	10.7	28.9	9.70	16.9	11h30	310	21.3	505	11.2	47.4	17.47	18.0
13h30	500	12.4	489	11.8	4.8	12.17	1.9	13h30	380	17.5	471	12.9	26.3	15.70	10.3
15h30	420	17.8	443	13.7	23.0	16.40	7.9	15h30	310	23.3	425	15.2	34.8	19.14	17.9
17h30	390	28.0	400	16.1	42.5	21.90	21.7	17h30	300~	16.0	395	16.3	1.9	11.65	27.2
19h30	280	16.5	328	15.2	7.9	13.12	20.5	19h30	290	8.2	404	14.2	73.2	5.98	27.1~

Hora Local	Ionograma		VOACAP (SSN = 18)			Interpolação		Hora Local	Ionograma		VOACAP (SSN = 13)			Interpolação	
	h (km)	MUF (MHz)	h (km)	MUF (MHz)	Erro (%)	MUF (MHz)	Erro (%)		h (km)	MUF (MHz)	h (km)	MUF (MHz)	Erro (%)	MUF (MHz)	Erro (%)
09h30	320	10.0	327	13.8	38	8.96	16.4	09h30	340	13.0	362	13.8	6.15	11.13	14.4
11h30	280	12.0	357	13.9	15.8	9.29	22.6	11h30	480	12.3	427	13.0	5.7	11.88	3.4
13h30	330	11.0	364	13.8	25.5	9.31	15.4	13h30	410	16.6	417	15.0	9.6	15.29	7.9
15h30	290	10.5	351	15.1	43.8	8.17	20.3	15h30	340	22.0	390	17.0	22.7	18.73	14.8
17h30	260	11.0	323	15.2	38.2	8.27	24.2	17h30	350	20.0	378	19.6	2.0	17.15	14.2
19h30	270	6.3	314	11.1	76.2	4.83	23.3	19h30	290	26.0	356	19.6	24.6	20.66	20.5

Resultados

Método das Médias Mensais

- Erro muito volátil — por vezes a estimativa acerta em cheio, normalmente se distancia demais do parâmetro de referência
- Muitas vezes sugere um valor maior que o da MUF real

Método Proposto

- Erro mais estável — poucas vezes maior que 20%
- Valor estimado nunca maior que a MUF real

Conclusão

- O método proposto oferece, de fato, uma melhoria significativa em relação ao das médias mensais
 - Grande variância dos parâmetros requeridos pelo método das médias mensais é um obstáculo para a acurácia de suas estimativas
 - O proposto, no entanto, se baseia em dados em tempo real e portanto seu erro varia menos
- Para o futuro: ambiciamos que o método proposto seja capaz de calcular o ângulo de take-off Δ
 - Grandeza normalmente obtida empiricamente
 - Cálculo de Δ requer o valor da altura virtual h'_{da} da transmissão

Agradecimentos

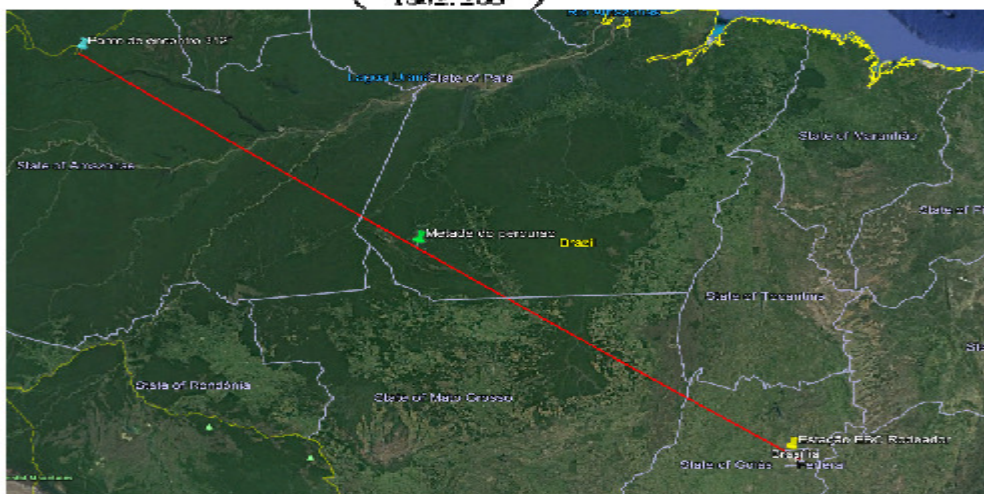
Agradecimentos ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais por fornecer os dados necessários para a realização do estudo.

- Segue planilha detalhada da MUF no mês de Janeiro 2019 em direção a fronteira Brasil-Venezuela

Estação da EBC no Rodeador (-15.60222, -48.13056)
 Interior de Roraima - Fronteira Brasil/Venezuela (0.6828583, -
 312
 6371
 2623
 0.411709
 1.096

São Luís (SAA0K) (Defasagem de 1h para a metade do percurso)
 Sudoeste do Pará (-7.544722, -56.95972)
 Janeiro, Abril, Julho e Outubro de 2019

$$\begin{aligned}
 h' &= \frac{R \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{\tan\left(\cos^{-1}\left(\frac{1386.66}{1302.256}\right)\right)} - R\left(1 - \cos\left(\frac{\theta}{2}\right)\right) \\
 &= \frac{1302.256}{\tan\left(\cos^{-1}\left(\frac{1386.66}{1302.256}\right)\right)} - 134.428 \\
 \Delta &= \tan^{-1}\left(\frac{h' - R(1 - \cos(\frac{\theta}{2}))}{R \sin(\frac{\theta}{2})}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{\sec(\frac{\theta}{2}) - \cos(\frac{\theta}{2})}{\sin(\frac{\theta}{2})}\right) \\
 &= \tan^{-1}\left(\frac{h' - 134.513}{1302.256}\right) - 0.206
 \end{aligned}$$



Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Gleba A, Avenida L3 Norte, CEP 70.910-900, Brasília — DF
Caixa postal 4386, fone +55 61 3107 5510, fax +55 61 3107 5590, secene@ene.unb.br, www.ene.unb.br

UT (SAA0K)	Local (Pará)	MUF [MHz]		
		19/jan	20/jan	21/jan
0	22	16	18	19
1	23	16	20.5	-
2	0	16.7	24	24
3	1	11.5	12	17.5
4	2	-	14.5	-
5	3	-	12	-
6	4	-	10.5	12
7	5	7.3	10.5	8.5
8	6	-	7.3	-
9	7	11.5	13.5	11
10	8	17	15	19
11	9	17.5	18.5	15.5
12	10	15.3	16.5	12
13	11	14.5	14	12
14	12	12.7	12	12.5
15	13	13	12	11.3
16	14	12	10	12.5
17	15	14	10.7	13
18	16	21	12.7	14
19	17	21.5	19	14.5
20	18	21.5	19.5	16.5
21	19	19.5	20	20.7
22	20	18.3	19	22
23	21	16.5	20.5	20

Local (Pará)	h' [km]			Média
	19/jan	20/jan	21/jan	
22	340	375	330	348.33
23	260	320	-	290
0	240	260	290	263.33
1	360	260	280	300
2	-	330	-	330
3	-	330	-	330
4	-	320	290	305
5	280	305	320	301.67
6	-	290	-	290
7	280	270	270	273.33
8	290	315	300	301.67
9	345	330	415	363.33
10	480	420	595	498.33
11	520	530	490	513.33
12	610	630	490	576.67
13	590	500	510	533.33
14	640	760	480	626.67
15	580	545	470	531.67
16	390	480	420	430
17	390	390	525	435
18	390	370	460	406.67
19	400	370	380	383.33
20	400	395	340	378.33
21	395	340	325	353.33

Δ [°]	UT (SAAOK)	Local (Pará)	19/jan	20/jan	21/jan
	0	22	8.226016341	9.573531371	7.836656168
	1	23	5.059370327	7.445399221 -	
	2	0	4.249997723	5.059370327	6.260480963
	3	1	8.998959525	5.059370327	5.861874784
	4	2 -		7.836656168 -	
	5	3 -		7.836656168 -	
	6	4 -		7.445399221	6.260480963
	7	5	5.861874784	6.855007607	7.445399221
	8	6 -		6.260480963 -	
	9	7	5.861874784	5.461495405	5.461495405
	10	8	6.260480963	7.249066564	6.657287369
	11	9	8.419978245	7.836656168	11.08369297
	12	10	13.46725317	11.27017242	17.46259325
	13	11	14.88947811	15.23964115	13.82603031
	14	12	17.96244897	18.62124361	13.82603031
	15	13	17.29487803	14.18266556	14.53715066
	16	14	18.94734983	22.69038039	13.46725317
	17	15	16.95780366	15.76081442	13.10634319
	18	16	10.14362973	13.46725317	11.27017242
	19	17	10.14362973	10.14362973	15.06483058
	20	18	10.14362973	9.382501407	12.74331018
	21	19	10.52118046	9.382501407	9.764064244
	22	20	10.52118046	10.332658	8.226016341
	23	21	10.332658	8.226016341	7.641263384

Algumas observações sobre os resultados encontrados:

1) Nota-se média da MUF em torno de 15 MHz, ou seja transmissão assegurada na maior parte do tempo em 19 metros.

2) A altura virtual aumenta bastante no horário compreendido entre 14:00 e 16:00 horas locais, o que evidencia a formação da chamada EIA ("*Equatorial Ionization Anomaly*") fenômeno comum em regiões de baixa latitude.

3) Ângulo de "*take off*" a partir de Brasília acompanha o fenômeno EIA.

- Concluído com sucesso objeto 2) da Fase 1.

3. Realização de Ensaio de recepção do sinal a longas distâncias, em bases Militares na Amazônia e ao longo da fronteira brasileira:

- Configuração de "*setup*" de recepção em bases militares na fronteira:

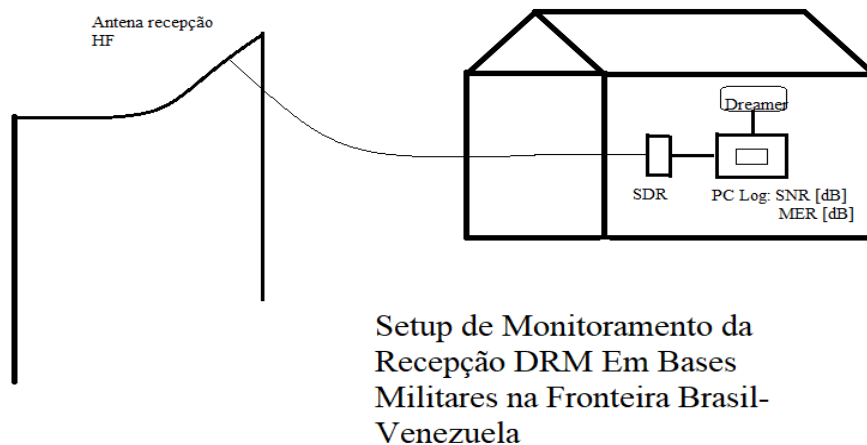


Fig. 11: Configuração do "setup" de recepção

- SDR "*Software Defined Radio*", Dreamer - Software público de análise da recepção DRM permite Logs. de SNR [dB] (relação sinal ruído) e MER [dB] (razão de erro de modulação). Montagem do "setup" não realizada por dificuldades resultantes da ocorrência da Pandemia. Trata-se de uma avaliação preliminar, pois a avaliação definitiva depende de antena calibrada e receptor profissional, não disponíveis.

Alternativamente, contatos com o Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Roraima por meio da Profa. Dra. Josiane do Couto Rodrigues [2] permitiram envio de um receptor DRM capaz de

medir a SNR. Segue planilha dos resultados encontrados pela Profa.:



Dados coletados durante o período de 09 a 19 de fevereiro de 2021, no campus Paricarana da Universidade Federal de Roraima, sob coordenação da Prof^a. Josiane do Couto Rodrigues do curso de Engenharia Elétrica.

Seguem as fotos das telas de medição do receptor tiradas, em grande maioria, pelos seguranças do campus, nos seguintes horários: 0h, 6h, 9h, 12h, 16h, 18h e 21h. Nem sempre, como pode ser observado nas fotos, nos horários exatos. Por exemplo, os horários de 6h e 18h são horários de troca de turnos dos seguranças. Tivemos, ainda, alguns problemas de falta de energia, o que provocava a desconfiguração do rádio. Problema que foi sanado após a gravação de um vídeo, feito pela Prof^a Josiane, ensinando-os a configurarem o receptor.

Esse sistema de medição falhou, em alguns dias/horários por esquecimento dos seguranças. Mas, o que foi observado, após mudança de local e altura da antena, foi que o sinal de áudio, tinha uma boa qualidade, o que acontecia em certas ocasiões era uma variação no nível do sinal recebido que se caracterizava, para um ouvinte em potencial, na variação do volume do sinal recebido.

Às 6h também quase não se detectava o sinal, talvez por falta de sinal transmitido. Entretanto, quando a medição era realizada após às 6h (por exemplo, em vermelho), o sinal apresentava um bom nível de recepção. No dia 16/02/2021, após 14h (em azul na planilha), fomos informados da reconfiguração do transmissor, para a recepção das imagens.

Tabela 1 – Valores medidos da Relação Sinal Ruído (SNR)

Data/ Horário	09/fev	10/fev	11/fev	12/fev	13/fev	14/fev	15/fev	16/fev	17/fev	18/fev	19/fev
0h		13 dB		0 dB	7 dB	13 dB	11 dB	11 dB	14 dB	17 dB	10 dB
6H		0 dB		0 dB		0 dB	17 dB	Erro	18 dB	Erro	13 dB
9H	15 dB	7 dB	16 dB	15 dB	6 dB	8 dB	15 dB	12 dB	15 dB	16 dB (10:22h)	Desligado
12H	14 dB	15 dB	12 dB	12 dB	0 dB	13 dB	10 dB	12 dB	11 dB	13 dB	
14H	18 dB	13 dB	17 dB	15 dB	6 dB	17 dB	14 dB	10 dB	14 dB	14 dB	
16H	14 dB	16 dB	17 dB	17 dB	5 dB	15 dB	17 dB	14 dB	13 dB	10 dB	
18H	17 dB	14 dB	18 dB	11 dB	11 dB	18 dB	sem coleta	18 dB		18 dB	
21H	10 dB	13 dB	8 dB	10 dB	12 dB	14 dB	11 dB	12 dB		7 dB	

Fig. 12: Extrato das Medições de Recepção na UFRR.

- O programa cuja listagem está no Apêndice B permite construir gráfico do comportamento da recepção:

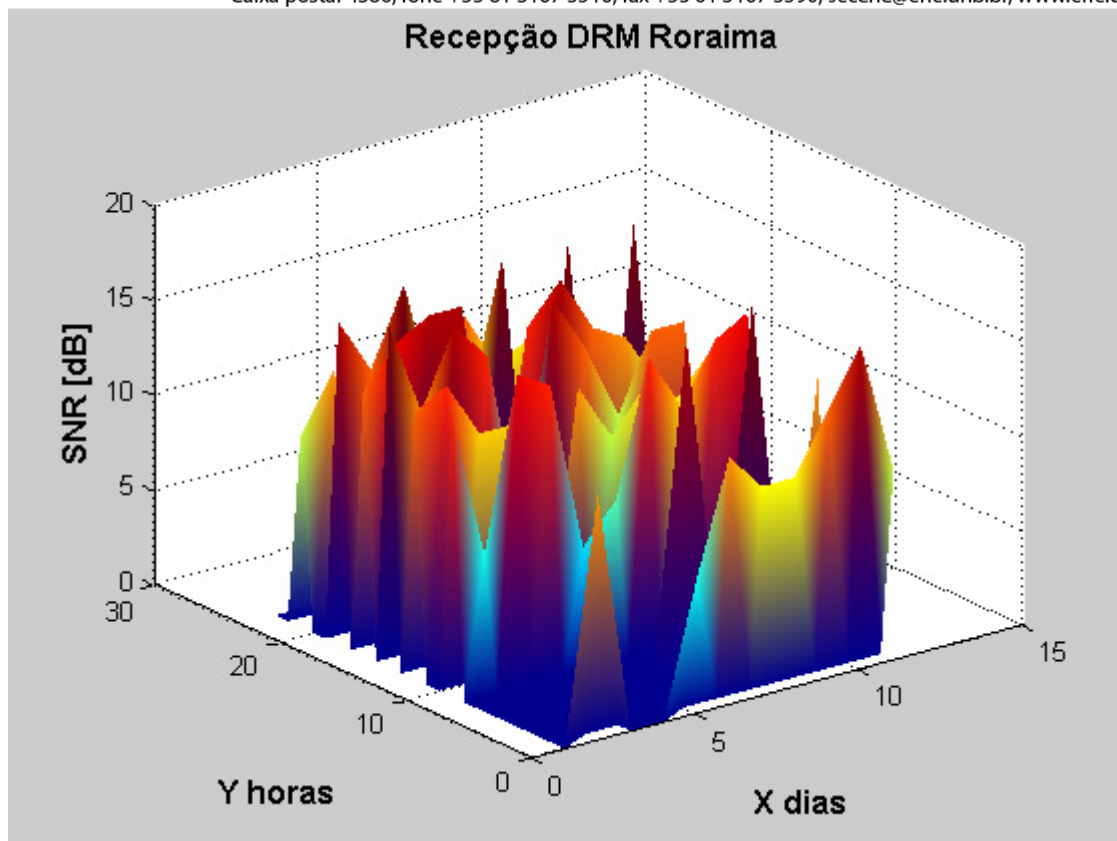


Fig. 13: Comportamento da recepção a partir de dados não tratados

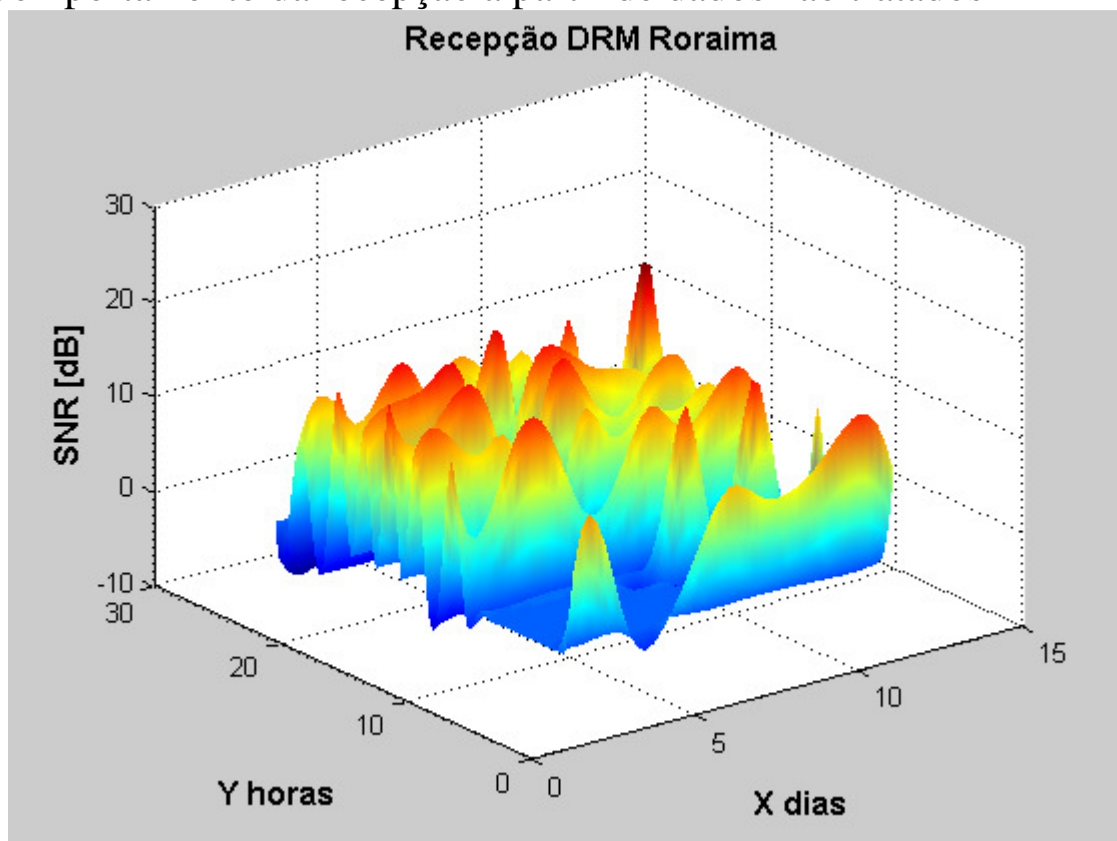


Fig. 14: Comportamento da recepção - interpolação cúbica dos dados.

Pode-se concluir pelas figuras 13 e 14 que a recepção manteve SNR entre 10 e 14 [dB] em boa parte do tempo. Esse patamar permite decodificação de todos os serviços: Áudio, slides, texto de agência de notícias, Fig. 16.

09/02



Hora certa: 15:52H

Data: 09/02/2021



Hora certa: 10:58H

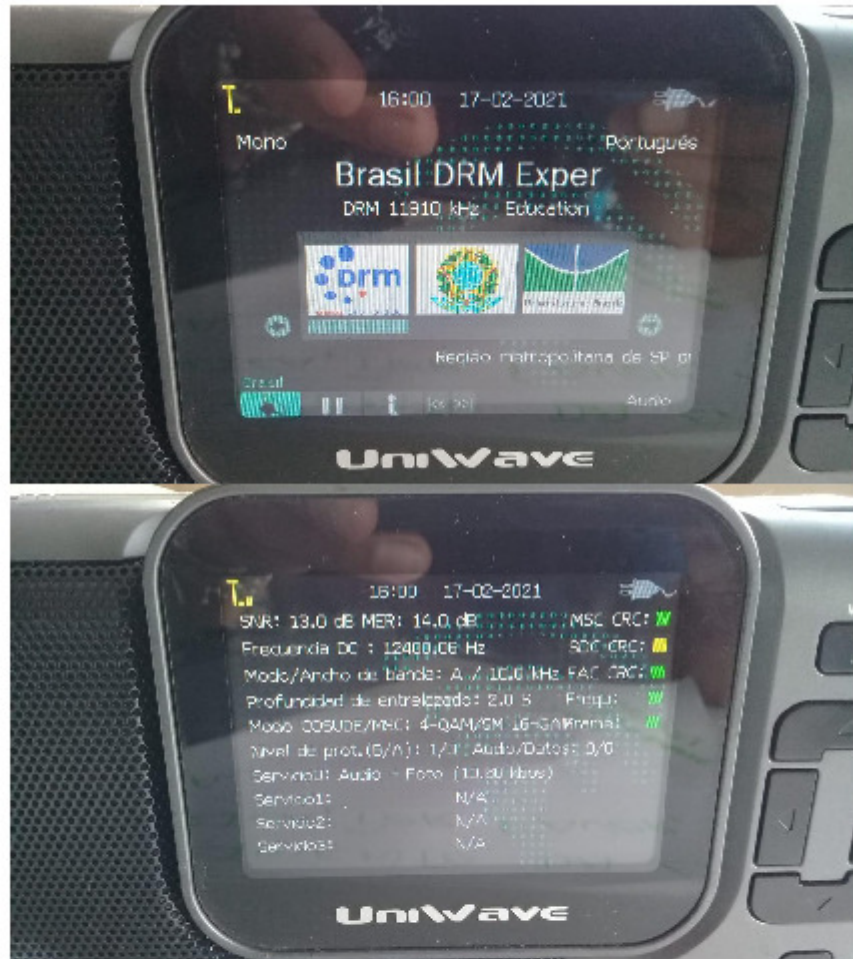
Data: 09/02/2021



16h

Fig. 15: Fotos da tela de serviço do receptor durante recepção em Roraima - observa-se uma boa SNR 14 [dB] - sinal transmitido a partir de Brasília no modo A DRM.

- As fotos a seguir mostram todas as informações recebidas em Roraima, incluindo slides, texto a partir de agências de notícias e áudio.



16h

18h não teve medição
Desconfigurou o rádio

18/02

Fig. 16: Fotos da tela de recepção com slides, texto recebido a partir de uma agência de notícia e tela de serviço.

- Objeto 3) da Fase 1 concluído com sucesso.
4. Identificação de serviços que são atualmente oferecidos por satélites, que poderão ser contemplados pelo serviço em HF ou que poderão ser complementares:

- Devido a qualidade do sinal DRM ser compatível com sinais de satélite, identifica-se principalmente transmissão de imagens a baixíssimo custo já que o receptor DRM constiu-se basicamente de um “front-end” AM seguido de um pequeno processador digital. Os serviços específicos não foram verificados.
5. Identificação de aplicação da tecnologia digital em HF em situações de emergência e desastre/catástrofe:
- Um serviço DRM importante para Amazônia é a emissão de alerta sobre cheias dos rios que cortam a região. Não identificou-se no Brasil um organismo que centraliza e gerencia essas ocorrências.
6. Identificação das potencialidades de serviços que poderão ser utilizados pelas Forças Armadas, por meio do DRM:
- Identificou-se um serviço muito importante para as Forças Armadas, que é a possibilidade de atender vários batalhões na Amazônia ou na região fronteira do Brasil em uma única transmissão, minimizando assim o possível silêncio rádio em comunicação ponto a ponto para um quartel específico.

CONCLUSÃO

Como conclusão geral, pode-se dizer que a realização com sucesso da Fase 1 do projeto implica necessariamente na continuidade, com o desenvolvimento e disseminação de receptor DRM de baixo custo Nacional na Fase 2. Não se pode perder o "*savoir faire*" adquirido sob pena de condenar as populações isoladas a ignorância pela falta de informação. Abre-se assim nova perspectiva para comunicação de qualidade a longas distâncias, integrando as regiões mais longínquas do Brasil.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao INPE pela disponibilização dos dados das ionosondas, A EBC por ter permitido a instalação do transmissor no parque de antenas do Rodeador e utilização do radiador A2, A Profa. Dra. Josiane do Couto Rodrigues por ter apoiado com entusiasmo e efetuado as medidas de recepção DRM na Universidade Federal de Roraima.

Atenciosamente,

Prof. Plinio Ricardo Ganime Alves
Gestor do Projeto

BIBLIOGRAFIA

[1] OKAMURA, Vítor Ossamu Rodrigues. **Propagação de Rádio Ionosférico em Enlace Transequatorial**. Orientador: Plínio Ricardo Ganime Alves. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, pp. 59-64, Brasília, Dezembro 2020.

[2] OKAMURA, Vítor Ossamu Rodrigues, "Uso estratégico de dados de ionosondas para comunicações digitais em alta frequência (HF)", O Comunicante Volume 8, nr. 3 pp.24-31 Outubro 2018

[3] Rodrigues, Josiane do Couto - Relatório.pdf, UFRR Universidade Federal de Roraima, Fevereiro 2021 josiane.rodrigues@ufrr.br

APÊNDICE A

```

%Programa que calcula e plota a curva normal de propagação
% Dada a frequência Oblíqua (Transmissor) e a
% distância em km ao longo de um círculo no globo terrestre
% teta = distância em km / raio da terra em km
% O programa também calcula o ângulo de take off dada uma
% altura virtual de reflexão no ponto médio
clear all;
%teta=1289.65/6370;% um salto Pedreiras Maranhão
%teta=1233/6370;% dois saltos camada E Boa Vista
teta=2466/6370;%um salto Boa Vista
%teta=2966/6370;
a=6370;
fob=1.0;
for i=2:1600
fv=1.0;
fob=fob+0.01;
k=1.030;
%k=1.087;
relf=k*fv./fob;
hl=80;
while ((relf(1,end)<=0.98) && (hl(1,end)<=1000) &&
(fv(1,end)<=17))
    fv=[fv fv(1,end)+0.05];
    relf=k*fv./fob;
    fi0=acos(relf);
    hl=a*((sin(0.5*teta)./tan(fi0))-1+cos(0.5*teta));
end
% Frequência oblíqua escolhida (Transmissor) para o traçado
% da curva
if(fob>11.9 && fob<11.91)
    fob
plot(fv,hl,'-r','LineWidth',2)
hold all;
end
end
% hlint é altura virtual de interceptação da curva normal de
propagação
% com a camada ionosférica

```

```
hlint=110;  
sn=20;  
zeni=89.0;  
zeni=zeni*pi/180;  
fi0int=1.087*3/11.5;  
takeof=atan((hlint+a*(1-cos(teta/2)))/(a*sin(teta/2)))-  
atan((sec(teta/2)-cos(teta/2))...  
    /sin(teta/2));  
takeof=takeof*180/pi  
inabso=(1+0.0037*sn)*(cos(0.881*zeni)^1.3)
```

APÊNDICE B

```

% Análise dos resultados da recepção DRM em Roraima
% O arquivo 'planilha_Profa_Josiane.xlsx' deve acompanhar esse
script
clear all;
horaint=zeros(1,93);
diasint=zeros(1,41);
horam=zeros(1,24);
dias=zeros(1,11);
valor=zeros(264);
snr=zeros(24,11);
for i=1:11
    dias(i)=i;
end
diasint(1)=1.0;
for i=1:40
    diasint(i+1)=1+i*0.25;
end
horam(1)=0.0;
for i=2:24
    horam(i)=i-1;
end
horaint(1)=0.0;
for i=1:92
    horaint(i+1)=i*0.25;
end
snr=xlsread('planilha_Profa_Josiane.xlsx');
cont=0;
for i=1:24
    for j=1:11
        cont=cont+1;
        valor(cont)=snr(i,j);
    end
end
[diag,horamg]=meshgrid(dias,horam);
[diaintg,horaintg]=meshgrid(diasint,horaint);
snrint=interp2(diag,horamg,snr,diaintg,horaintg,'spline');
% Usar surf(diaintg... para versão interpolada dos resultados
% Usar surf(diag... para versão dos resultados obtidos

```

```
surf(diaintg,horaintg,srint)
%surf(diag,horamg,snr)
shading interp
xlabel('X dias','fontsize',12,'fontweight','b')
ylabel('Y horas','fontsize',12,'fontweight','b')
zlabel('SNR [dB]','fontsize',12,'fontweight','b')
title('Recepção DRM Roraima','fontsize',12,'fontweight','b')
```

PLANILHA

0	13	0	0	7	13	11	11	14	17	10	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	17	0	18	0	13	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	7	16	15	6	8	15	12	15	16	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	15	12	12	0	13	10	12	11	13	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	13	17	15	6	17	14	10	14	14	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	16	17	17	5	15	17	14	13	10	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	14	18	11	11	18	0	18	0	18	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	13	8	10	12	14	11	12	0	7	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	