



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21b/2018/01.31.11.16-RPQ

CARACTERIZAÇÃO E TESTES ELÉTRICOS DO TRANSPONDER EW-C10000 (PROGRAMA ITASAT)

André Barros Cardoso da Silva
Luciano Barros Cardoso da Silva
Wilson Yamaguti

URL do documento original:

[<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3QF9UB8>](http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3QF9UB8)

INPE
São José dos Campos
2018

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GBDIR)

Serviço de Informação e Documentação (SESID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

E-mail: pubtc@inpe.br

**COMISSÃO DO CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO
DA PRODUÇÃO INTELECTUAL DO INPE (DE/DIR-544):****Presidente:**

Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação (CPG)

Membros:

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (COCST)

Dr. André de Castro Milone - Coordenação-Geral de Ciências Espaciais e Atmosféricas (CGCEA)

Dra. Carina de Barros Melo - Coordenação de Laboratórios Associados (COCTE)

Dr. Evandro Marconi Rocco - Coordenação-Geral de Engenharia e Tecnologia Espacial (CGETE)

Dr. Hermann Johann Heinrich Kux - Coordenação-Geral de Observação da Terra (CGOBT)

Dr. Marley Cavalcante de Lima Moscati - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CGCPT)

Silvia Castro Marcelino - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon

Clayton Martins Pereira - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Marcelo de Castro Pazos - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SESID)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21b/2018/01.31.11.16-RPQ

CARACTERIZAÇÃO E TESTES ELÉTRICOS DO TRANSPONDER EW-C10000 (PROGRAMA ITASAT)

André Barros Cardoso da Silva
Luciano Barros Cardoso da Silva
Wilson Yamaguti

URL do documento original:

[<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3QF9UB8>](http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3QF9UB8)

INPE
São José dos Campos
2018



Esta obra foi licenciada sob uma [Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada](#).

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License](#).

Índice

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. METODOLOGIA.....	2
3. CONHECIMENTOS PRELIMINARES.....	3
3.1. Visão geral sobre o transponder EW-C10000	3
4. TESTES DO RACK DE INTEGRAÇÃO.....	5
4.1. Apresentação do rack de integração	5
4.2. Verificação da cadeia de telemetria (TM)	7
4.2.1. Verificação das atenuações na cadeia de telemetria (TM)	9
4.2.1.1. Verificação dos atenuadores variáveis do módulo interface banda-S	10
4.2.1.2. Verificação do espectro de telemetria na entrada do receptor MQR70.....	11
4.3. Verificação da cadeia de telecomando (TC).....	12
4.3.1. Verificação das atenuações na cadeia de telecomando (TC).....	14
4.3.1.2. Verificação do espectro de telecomando na saída do diplexer.....	15
4.4. Teste de registro dos dados.....	16
4.4.1. O programa <i>DigRec Recorder</i>	18
4.4.1.1. Teste 1: Envio dos dados úteis para o transmissor (via 1).....	19
4.4.1.2. Teste 2: Recepção dos dados demodulados pelo receptor de telecomando ELTA (via 1).....	21
5. TESTES COM O TRANSPONDER (ME)	24
5.1. Cadeia de telemetria	24
5.1.1. Testes espectrais	24
5.1.1.1. Portadora modulada em alta taxa (<i>high rate</i>)	24
5.1.1.2. Portadora modulada em baixa taxa (<i>low rate</i>).....	27
5.1.1.3. Portadora pura (<i>CW</i>).....	29
5.1.1.4. Constelação fixa (bits “1”)	32
5.1.1.5. Oscilador OCXO de referência (transmissor)	34
5.1.1.6. Harmônicos do oscilador OCXO de referência (transmissor).....	35
5.1.2. Verificação dos dados na cadeia de telemetria (TM)	36
5.1.2.1. Modo de alta taxa (<i>high rate</i>).....	37
5.1.2.2. Modo de baixa taxa (<i>low rate</i>)	38
5.1.3. Testes complementares do transmissor	41
5.1.3.1. Medida de espúrios.....	42

5.1.3.2. Medida do segundo harmônico	43
5.1.3.3. Medida do terceiro harmônico	44
5.1.3.4. Medidas vetoriais	45
5.1.3.4.1. Modo de baixa taxa (25kbps)	45
5.1.3.4.2. Modo de alta taxa (200kbps)	46
5.1.3.5. Ruído de fase	47
5.1.3.6. Interface com a placa do módulo de comunicação (OBC)	48
5.1.3.6.1. Teste espectral da cadeia de telemetria	48
5.1.3.6.2. Verificação dos dados gerados (OBC)	51
5.2. Cadeia de telecomando	53
5.2.1.1. Espectro do sinal de telecomando	53
5.2.1.2. Oscilador OCXO de referência (receptor)	55
5.2.1.3. Harmônicos do oscilador OCXO de referência (receptor)	56
5.2.2. Verificação dos dados	57
6. TESTES COM O TRANSPONDER (MV-20)	59
6.1. Cadeia de telemetria	59
6.1.1. Testes espectrais	59
6.1.1.1. Portadora modulada em alta taxa (<i>high rate</i>)	59
6.1.1.2. Portadora modulada em baixa taxa (<i>low rate</i>)	62
6.1.1.3. Portadora pura (<i>CW</i>)	64
6.1.1.4. Oscilador OCXO de referência (transmissor)	66
6.1.1.5. Harmônicos do oscilador OCXO de referência (transmissor)	67
6.1.2. Verificação dos dados	68
6.1.2.1. Modo de alta taxa (<i>high rate</i>)	68
6.1.2.2. Modo de baixa taxa (<i>low rate</i>)	70
6.1.3. Testes complementares do transmissor	72
6.1.3.1. Medida de espúrios	73
6.1.3.2. Medida do segundo harmônico	74
6.1.3.3. Medida do terceiro harmônico	75
6.1.3.4. Medidas vetoriais	76
6.1.3.4.1. Modo de alta taxa (200kbps)	76
6.1.3.5. Ruído de fase	77
6.2. Cadeia de telecomando	78
6.2.1. Testes espectrais	78
6.2.1.1. Espectro do sinal de telecomando	78
6.2.1.2. Oscilador OCXO de referência (receptor)	80
6.2.1.3. Harmônicos do oscilador OCXO de referência (receptor)	81
6.2.2. Verificação dos dados	82
7. TESTES COM O TRANSPONDER (MV-21)	85
7.1. Cadeia de telemetria	85
7.1.1. Testes espectrais	85

7.1.1.1. Portadora modulada em alta taxa (<i>high rate</i>)	85
7.1.1.2. Portadora modulada em baixa taxa (<i>low rate</i>)	88
7.1.1.3. Portadora pura (<i>CW</i>)	91
7.1.1.4. Oscilador OCXO de referência (transmissor)	92
7.1.1.5. Harmônicos do oscilador OCXO de referência (transmissor)	93
7.1.2. Verificação dos dados	94
7.1.2.1. Modo de alta taxa (<i>high rate</i>)	94
7.1.2.2. Modo de baixa taxa (<i>low rate</i>)	96
7.1.3. Testes complementares do transmissor	98
7.1.3.1. Medida de espúrios	99
7.1.3.2. Medida do segundo harmônico	100
7.1.3.3. Medida do terceiro harmônico	101
7.1.3.4. Medidas vetoriais	102
7.1.3.4.1. Modo de baixa taxa (25kbps)	102
7.1.3.4.2. Modo de alta taxa (200kbps)	103
7.1.3.5. Ruído de fase	104
7.2. Cadeia de telecomando	105
7.2.1. Testes espectrais	105
7.2.1.1. Espectro do sinal de telecomando	105
7.2.1.2. Oscilador OCXO de referência (receptor)	107
7.2.1.3. Harmônicos do oscilador OCXO de referência (receptor)	108
7.2.2. Verificação dos dados	109
8. CONCLUSÃO	111
9. BIBLIOGRAFIA	113
ANEXO A – CONFIGURAÇÕES DOS EQUIPAMENTOS DO RACK DE INTEGRAÇÃO	114
1. Gerador de Sinais SMIQ03B (Rohde & Schwarz)	114
2. Receptor de telecomando (ELTA)	117
3. Receptor de telemetria MQR70 (SMP)	117
4. Down converter D1451 (NOVELLA)	117
5. Analisador de espectro MS2661C (ANRITSU)	117
6. Osciloscópio 3014 (TEKTRONIX)	122
ANEXO B – MEDIDAS DOS CABOS DE RF	123
ANEXO C – RELATÓRIO DE MATE/DEMATE	129
ANEXO D – PROCEDIMENTO DE TESTE DA PLACA DIGREC RECORDER	139

1. INTRODUÇÃO

O ITASAT é um satélite de pequeno porte destinado a desenvolver e testar inovações tecnológicas de satélites e cargas úteis, bem como realizar experimentos e capacitar a indústria espacial brasileira neste segmento. A primeira fase do programa foi criada em 2003, onde foi estabelecido um elo de cooperação entre o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) com o intuito de estudar as possíveis formas da interação entre a Universidade, os institutos de pesquisas, a Indústria e o Governo, visando a implementação de um programa de desenvolvimento para o primeiro satélite universitário brasileiro, promovendo aos estudantes de graduação e pós-graduação a oportunidade do contato com tecnologias espaciais, motivando os estudos necessários a uma missão espacial: satélites, subsistemas, integração e testes, lançamento, segmento-solo, operação, gestão e documentação de projeto.

Este relatório técnico contribui com o programa ITASAT através do oferecimento de um caderno de ensaios que apresenta todos os procedimentos de testes realizados com os transponders EW-C100000 fabricados pela Thales Microelectronics, considerando os modelos de engenharia (ME) e voo: MV-20 e MV-21, os quais devem ser utilizados na composição do satélite ITASAT. Estes equipamentos foram disponibilizados pelo INPE, assim como toda a infra-estrutura necessária para a realização dos testes elétricos através da disponibilidade do Laboratório de Integração e Testes (LIT) – um laboratório especialmente projetado e construído para atender às necessidades do Programa Espacial Brasileiro, que oferece condições bastante favoráveis ao desenvolvimento e testes de equipamentos espaciais, i.e. área limpa de classe 7 (ISO 14644-1 Part 1: *Classification of air cleanliness*), com temperatura e umidade relativa controlada ($22^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C} / 50\% \pm 5\%$). Os transponders MV-20 e MV-21 apresentam um histórico de testes de qualificação de voo realizados pelo fabricante no ano de 2004, cuja documentação também foi disponibilizada e utilizada como referência para os novos testes. Deste modo, uma vez que estes equipamentos já foram submetidos e aprovados a testes mecânicos e ambientais (p.ex. testes de vibração, ciclagem térmica em câmara vácuo-térmica, etc.), optou-se pela não repetição dos mesmos visando preservar a integridade física e funcional dos transponders. Contudo, a repetição dos testes elétricos se faz viável quando se considera o longo período em que estes equipamentos foram ultimamente avaliados, e deste modo se objetiva a comparação dos resultados atuais com os mesmos obtidos pelo fabricante no ano de 2004, permitindo assim verificar o nível de aceitação destes equipamentos para futura integração no satélite.

2. METODOLOGIA

Seguem as atividades previstas no plano de trabalho:

1. Estudo do conjunto de documentos disponíveis sobre o banco de ensaio (EGSE) dos transmissores/receptores do programa FBM;
2. Identificação dos equipamentos do banco de ensaio e verificação de estado operacional;
3. Identificação dos cabos de interconexão disponibilizados no banco de ensaios;
4. Identificação de possíveis cabos a serem montados para os testes dos equipamentos RX/TX (1 EM + 2 FM);
5. Verificação de funcionamento do modelo EM;
6. Planejamento dos testes de delta aceitação;
7. Aplicação dos testes e realização de medidas com o modelo de engenharia (EM) do TX/RX;
8. Verificação de funcionamento do modelo FM1 e realização dos testes de aceitação;
9. Verificação de funcionamento do modelo FM2 e realização dos testes de aceitação;
10. Realização de testes de interface entre o módulo de comunicação/OBC ITASAT-1 e o transmissor/receptor modelo de engenharia;
11. Geração do relatório de testes.

3. CONHECIMENTOS PRELIMINARES

3.1. Visão geral sobre o transponder EW-C10000

Este transponder operante em banda-S é composto por um módulo transmissor (TX), um módulo receptor (RX) e um diplexer, além da cablagem de RF necessária para interligação destes módulos; e reúne características favoráveis, como: baixo consumo, baixo preço e pequenas dimensões, atendendo a aplicações espaciais de transmissão de dados em modo *full duplex*. Contudo, seu projeto foi completamente baseado no uso de componentes comerciais de baixa imunidade à radiação, i.e. componentes não-certificados para uso na área espacial. A Fig. 1 mostra o diagrama de blocos do transponder EW-C10000:

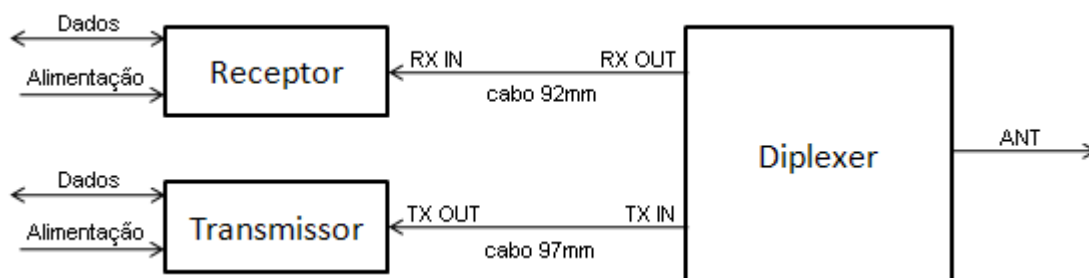


Fig. 1. Diagrama de blocos básico do transponder EW-C10000.

Os módulos de transmissão e recepção são completamente independentes, podendo ser ligados e testados separadamente sem restrições. São módulos de pequenas dimensões (120x160x40mm) feitos em alumínio, cobertos por uma tinta especial preta, onde o módulo do diplexer é fixado acima do transmissor, medindo aproximadamente (100x72x30mm). A Fig. 2 mostra o transmissor EW-C10000 modelo de voo MV-20. Por definição, a cadeia de telecomando opera na faixa de frequência compreendida entre 2025-2110MHz, enquanto a cadeia de telemetria opera na faixa de frequência compreendida entre 2200-2290MHz. Em particular, este transponder opera com o receptor sintonizado na frequência de 2028.8MHz e o transmissor na frequência de 2255.2MHz.

O funcionamento do transmissor consiste no envio de um sinal de RF com uma potência de 2W, onde a taxa de bits varia de acordo com o seu modo de operação: 200kbps (modo nominal - *high rate*) e 25kbps (modo de baixa taxa - *low rate*) – também configurado como “modo de emergência” do transmissor. O receptor opera em modo único a uma taxa de 20kbps.

Os dados transmitidos são primeiramente codificados por um codificador diferencial e outro convolucional, e então tem-se a modulação em QPSK. Esta configuração permite reduzir a probabilidade de erro de bit (BER) dado uma determinada relação sinal-ruído (E_b / N_0). Um protocolo de comunicação chamado “preâmbulo de portadora pura” é utilizado com o objetivo de favorecer uma rápida aquisição do sinal em terra. Neste caso particular, uma portadora pura é enviada pelo transmissor por um período de 0,5s, antes da transmissão da informação (sinal modulado). Deste modo, os osciladores locais do receptor da estação terrena podem realizar a aquisição da frequência da portadora, e então o demodulador QPSK irá identificar a fase deste sinal. Após a transmissão da informação, o transmissor envia novamente uma portadora pura por um período de 0,15s para referência do receptor da estação terrena. Os osciladores locais utilizam como referência um oscilador OCXO (*Oven-Controlled Crystal Oscillator*) na frequência de 10MHz.

Os módulos transmissor e receptor possuem um microcontrolador interno que permite alterar e monitorar suas respectivas configurações de operação. Neste caso, o computador de bordo (OBC) pode se comunicar com o transmissor/receptor através de um canal serial via RS-232 na taxa de 4800 bauds, ou alternativamente através das vias diferenciais de entrada/saída de dados via RS-422, respeitando os limites de nível lógico 0/5V (nível CMOS).

Uma abordagem mais detalhada sobre as características gerais de operação dos módulos transmissor, receptor e diplexer pode ser encontrada nas referências bibliográficas utilizadas.

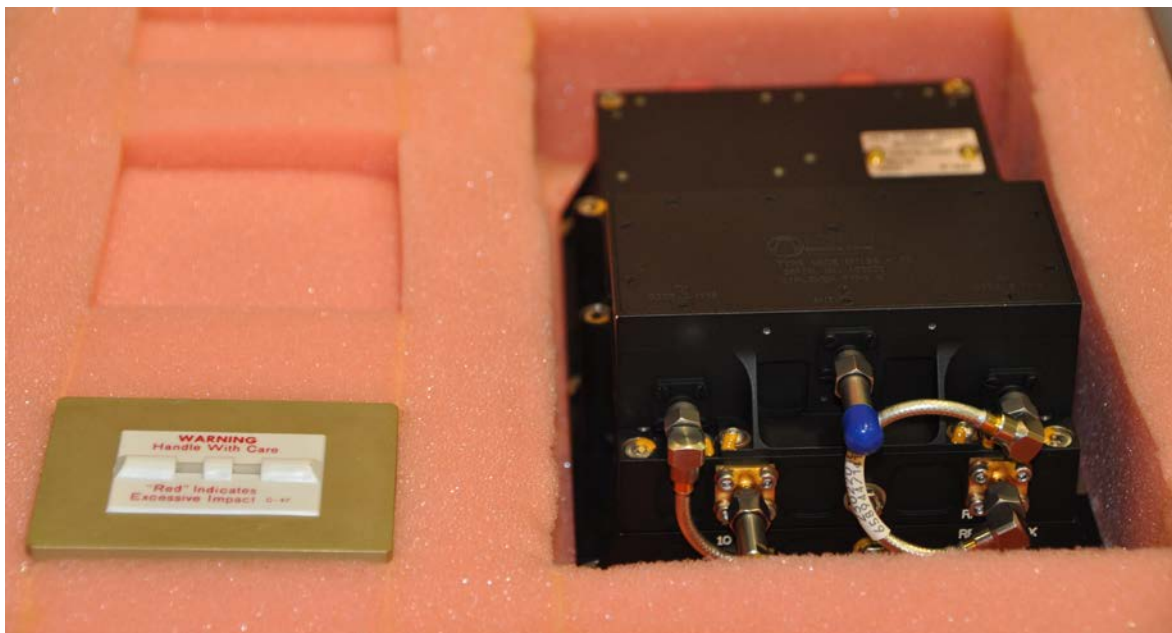


Fig. 2. Transponder EW-C10000 modelo de voo MV-20.

4. TESTES DO RACK DE INTEGRAÇÃO

O rack de integração permite simular os ambientes de recuperação dos sinais de telemetria – i.e. sinais enviados do satélite para a estação terrena (2,200-2,290GHz), bem como o envio dos sinais de telecomando – i.e. sinais enviados da estação terrena para o satélite (2,025-2,110GHz), permitindo ainda realizar medições em diferentes pontos da cadeia de telemetria e telecomando (p.ex. níveis de potência, espectros e dados). Deste modo, esta sessão inclui os testes preliminares que objetivam verificar o funcionamento dos equipamentos do rack de integração, validando assim as cadeias de telemetria e telecomando. Os procedimentos dos testes obedecem aos ensaios previamente realizados pelo fabricante, permitindo confrontar os resultados como forma de validação.

4.1. Apresentação do rack de integração

As facilidades oferecidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) incluem a contemplação de um rack de integração EURORACK (SCHROFF), modelo 38U, para testes de telemetria e telecomando do transponder EW-C10000, contendo os seguintes equipamentos:

- Receptor de telecomando (ELTA);
- Receptor de telemetria MQR70 (SMP);
- Down converter banda-S D1451 (NOVELLA);
- Analisador de espectro MS2661C (ANRITSU);
- Interface banda-S (ELTA);
- Gerador de sinais SMIQ03B (Rohde & Schwarz);
- Power meter ML2438A (ANRITSU);
- Interface de comunicação com o transponder (ELTA);
- Osciloscópio TDS3014A1 (TEKTRONIX);
- Interface digital (ELTA);
- Fonte de alimentação E3620A (AGILENT);
- Interface de alimentação geral (ELTA).

Foi disponibilizado também um computador com programas específicos para controle dos equipamentos deste rack de integração, permitindo automatizar tarefas básicas requeridas nos ensaios, como: geração de sequências pseudoaleatórias (PRBS), aquisição de espectro de sinais e dados, programação e verificação dos *flags* de status do transponder, etc. Os conectores e a

cablagem básica para sinais RF também foram disponibilizados. A Fig. 3 mostra o esquema do rack de integração com os equipamentos disponibilizados:

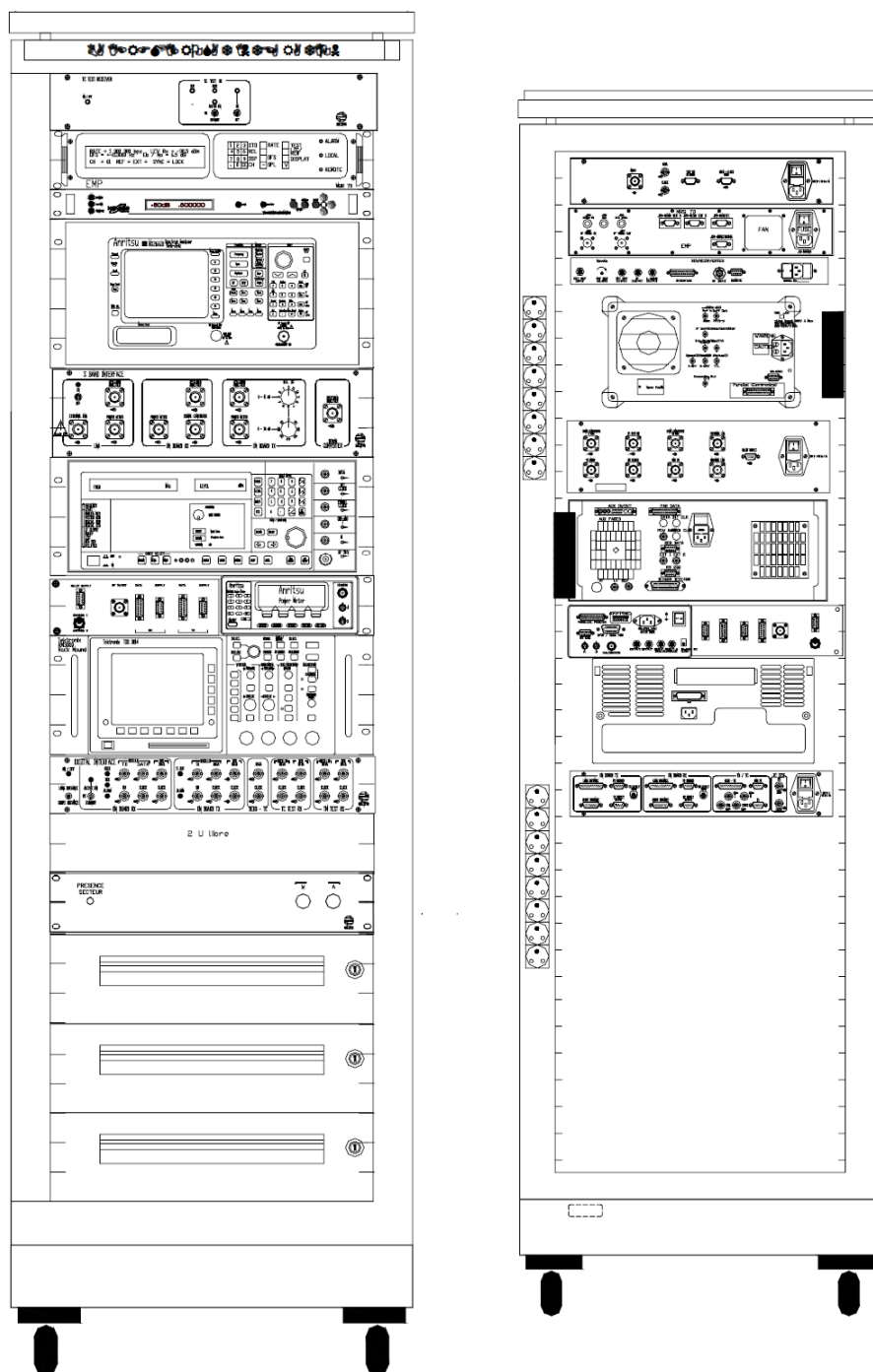


Fig. 3. Vista frontal e traseira do rack de integração.

Nota: o gerador de sinais SMIQ03B do rack de integração oferece uma saída de referência de 10MHz, que deve ser conectada à entrada de referência auxiliar dos equipamentos: down converter D1451, receptor de telemetria MQR70 e analisador de espectro MS2661C. Em virtude desta necessidade, o fabricante recomenda ainda que o gerador de sinais seja ligado antes dos demais equipamentos mencionados anteriormente, e que seja aguardado um tempo de pelo menos 15 minutos para a estabilização do sinal de referência.

4.2. Verificação da cadeia de telemetria (TM)

Este procedimento visa o conhecimento e análise de todas as características do caminho percorrido pelo sinal enviado pelo transponder EW-C10000, permitindo avaliar a integridade dos equipamentos da cadeia de telemetria, sobretudo em relação aos níveis de potência e controle de atenuação nas diferentes vias de RF disponíveis no rack de integração. A Fig. 4 mostra o diagrama de blocos deste ensaio, considerando as atenuações nas vias de RF e os cabos utilizados no gerador de sinais e no analisador de espectro (SMA-5 e SMA-3, respectivamente – ver as medidas destes cabos no Anexo B).

Neste caso particular, tem-se o gerador de sinais SMIQ03B atuando como o módulo transmissor do transponder EW-C10000, onde são considerados os casos de emissão de uma portadora pura e uma portadora modulada em QPSK, na frequência de 2255.2MHz. O sinal enviado pelo gerador SMIQ03B é diretamente ligado à entrada do módulo de interface banda-S (ELTA), onde se podem obter as medidas de potência e aquisição do espectro na sessão ON BOARD TX. Em seguida, este sinal é encaminhado para o down converter D1451, onde se podem utilizar os atenuadores de “passo 10” (0-70dB) combinados aos atenuadores de “passo 1” (0-11dB), disponíveis no painel frontal do módulo de interface banda-S. Após a transposição em frequência do sinal transmitido para 70MHz na saída do down converter D1451, pode-se obter o espectro do sinal resultante no módulo de interface banda-S, na sessão DOWN CONVERTER. Este sinal é posteriormente encaminhado à entrada do receptor de telemetria MQR70, onde os dados demodulados, se for o caso, podem ser encaminhados ao módulo de interface digital para verificação utilizando o osciloscópio TDS3014A1, ou alternativamente podem ser encaminhados ao computador para serem copiados pelo software de registro de dados *DigRec Recorder* – cujo funcionamento será abordado oportunamente. A Fig. 5 mostra as ligações na parte frontal do rack, necessárias para que se possa realizar o teste de verificação da cadeia de telemetria (TM).

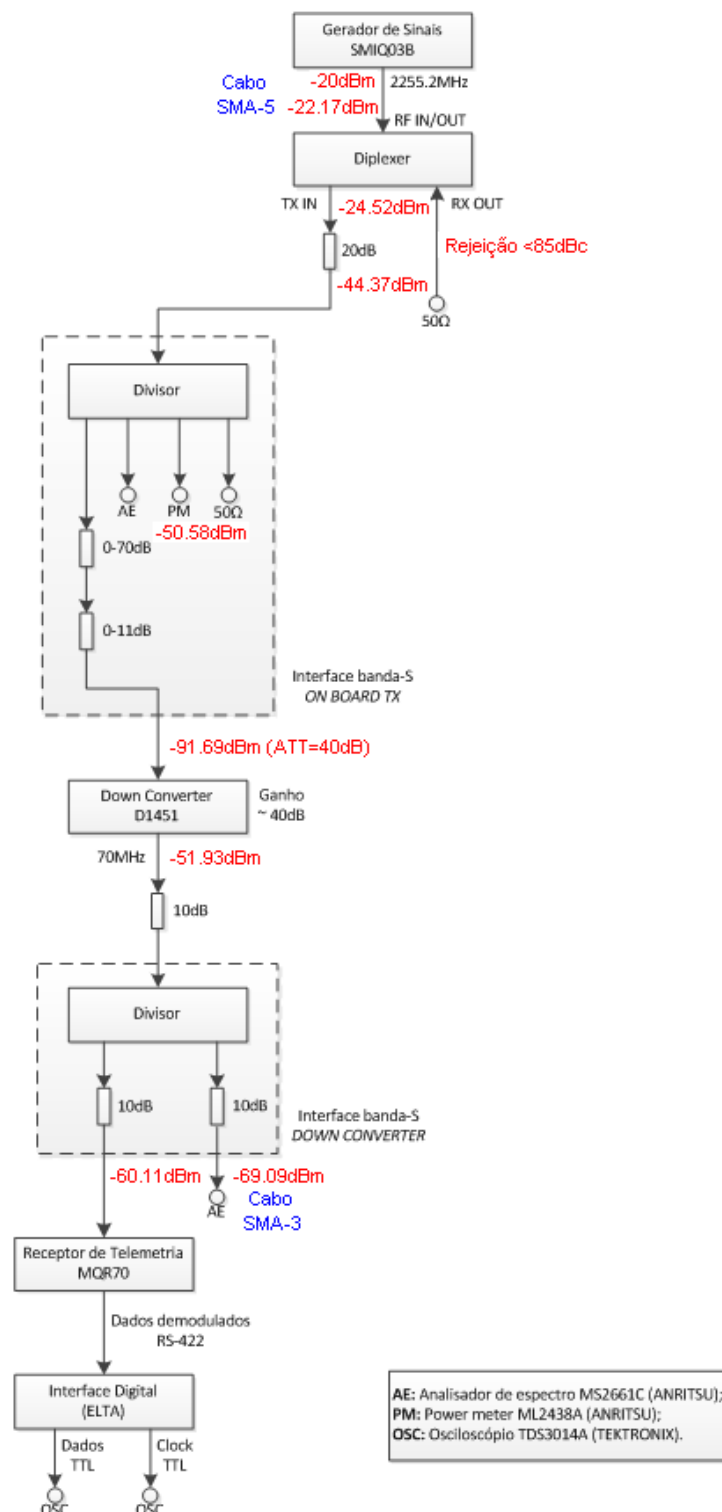


Fig.4. – Diagrama de blocos do teste de verificação da cadeia de telemetria (TM).

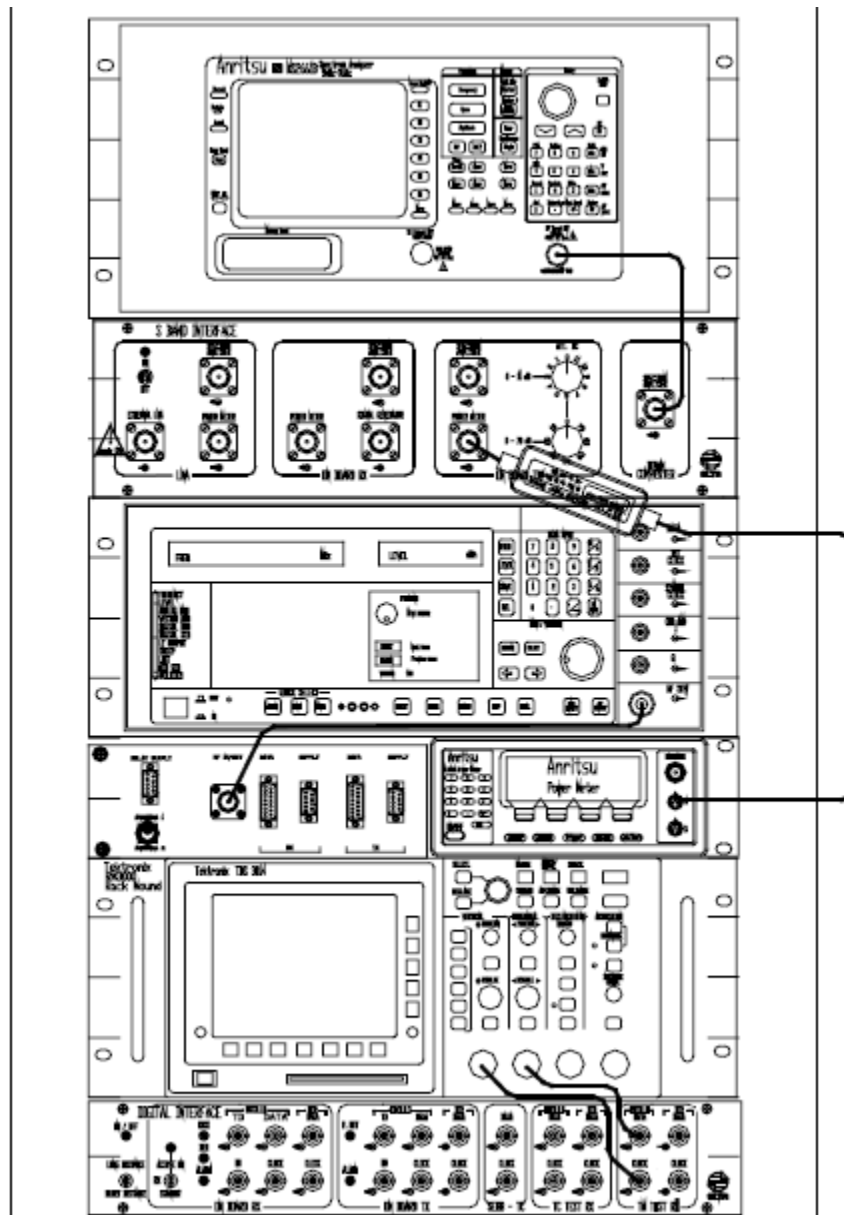


Fig. 5. Ligações na parte frontal do rack para o teste de verificação da cadeia de telemetria (TM).

4.2.1. Verificação das atenuações na cadeia de telemetria (TM)

Considera-se primeiramente a simulação da transmissão de uma portadora pura. A Tabela 1 mostra as configurações que devem ser realizadas nos equipamentos do rack de integração, de acordo com o Anexo A.

Tabela 1. Configuração dos equipamentos do rack: atenuações na cadeia de telemetria.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor de Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	1	1	1	2	1

Primeiramente foram realizadas as medidas de potência nas saídas SPECTRUM ANALYZER e POWER METER, disponíveis no painel frontal do módulo de interface banda-S, na sessão ON BOARD TX. Seguem os resultados obtidos:

Analizador de Espectro	Power Meter
-30,00dBm	-29,50dBm

Nota: Seguem os resultados obtidos pelo fabricante em ensaio realizado em 12/2001:

Analizador de Espectro	Power Meter
-29,26dBm	-29,23dBm

4.2.1.1. Verificação dos atenuadores variáveis do módulo interface banda-S

O teste a seguir tem por objetivo verificar o funcionamento dos atenuadores variáveis de “passo 10” (0-70dB) e de “passo 1” (0-11dB), disponíveis no módulo de interface banda-S, na sessão ON BOARD TX. A Tabela 2 mostra as configurações que devem ser realizadas nos equipamentos do rack de integração, de acordo com o Anexo A. Neste caso, considera-se a transmissão de um sinal modulado em QPSK.

Tabela 2. Configuração dos equipamentos do rack: teste dos atenuadores variáveis.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor de Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	2	1	1	3	1

As medidas de potência obtidas neste teste são mostradas na Tabela 3, considerando como ponto de medição a saída DOWN CONVERTER, disponível no painel frontal do módulo de interface banda-S, na sessão DOWN CONVERTER. Neste caso particular, dadas as configurações dos atenuadores variáveis pré-determinadas pelo fabricante, tem-se a potência medida pelo analisador de espectro e pelo receptor de telemetria do rack de integração (parâmetro *LEVEL*).

Tabela 3. Medidas de potência utilizando os atenuadores variáveis.

Atenuador variável 0-11dB	Atenuador variável 0-70dB	Analísador de Espectro	Receptor de Telemetria
0	10	-18,10dBm	-
0	30	-37,94dBm	-28,00dBm
0	50	-	-48,6dBm
10	50	-	-58,90dBm

Nota: Seguem os resultados obtidos pelo fabricante em ensaio realizado em 12/2001:

Atenuador variável 0-11dB	Atenuador variável 0-70dB	Analísador de Espectro	Receptor de Telemetria
0	10	-17,52dBm	-
0	30	-37,16dBm	-27,20dBm
0	50	-	-47,20dBm
10	50	-	-57,40dBm

4.2.1.2. Verificação do espectro de telemetria na entrada do receptor MQR70

A seguir, considera-se o caso particular onde se ajustam os atenuadores variáveis de “passo 10” (0-70dB) na posição “30dB” e o atenuador variável de “passo 1” (0-11dB) na posição “0dB”, e então deseja-se obter o espectro do sinal de telemetria na entrada do receptor de telemetria MQR70. A Fig. 6 mostra o espectro deste sinal de interesse, utilizando o programa BT V2.0:

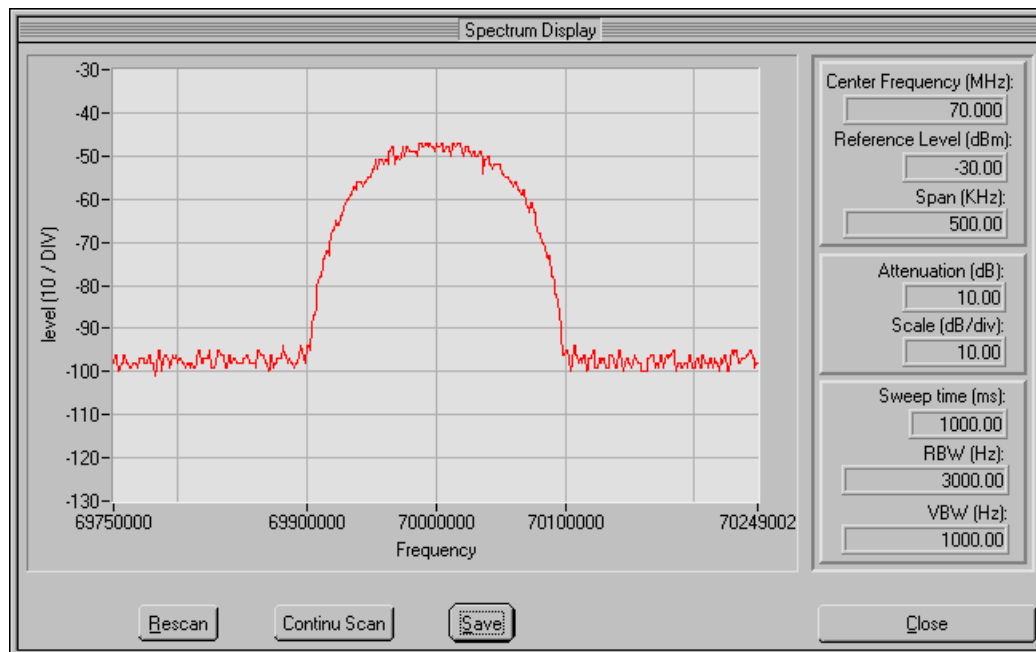


Fig. 6. Espectro do sinal de telemetria na entrada do receptor MQR70.

Nota: O espectro mostrado na Fig.6 corresponde ao espectro obtido pelo fabricante em ensaio realizado em 12/2001.

4.3. Verificação da cadeia de telecomando (TC)

Este procedimento tem por objetivo obter conhecimento prévio acerca das atenuações em toda a cadeia de telecomando, incluindo todas as vias de RF disponíveis no rack de integração. Uma vez estabelecido o diagrama detalhado das atenuações na cadeia de telecomando e confrontados estes valores com os testes previamente realizados pelo fabricante, pode-se verificar o sistema de geração dos dados, modulação e, por fim, os dados recebidos pelo receptor de telecomando (ELTA). A Fig. 7 mostra o diagrama de blocos deste ensaio, considerando as atenuações nas vias de RF e os cabos utilizados no gerador de sinais e no analisador de espectro (SMA-5 e SMA-3, respectivamente – ver as medidas destes cabos no Anexo B).

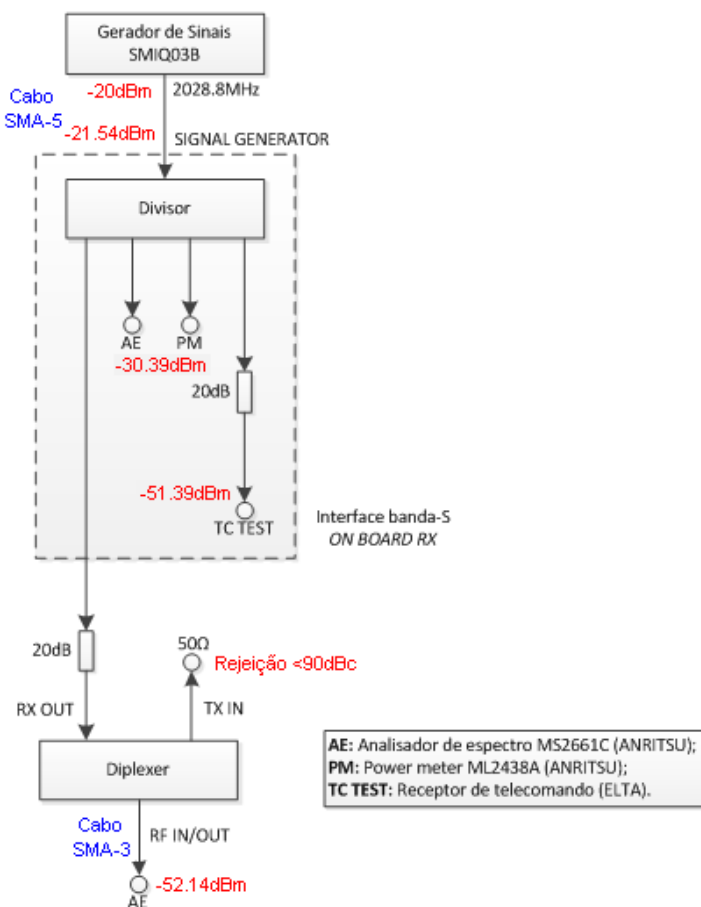


Fig. 7. Diagrama de blocos do teste de verificação da cadeia de telecomando (TC).

A Fig. 8 mostra as ligações na parte frontal do rack, necessárias para que se possa realizar o teste de verificação da cadeia de telecomando (TC).

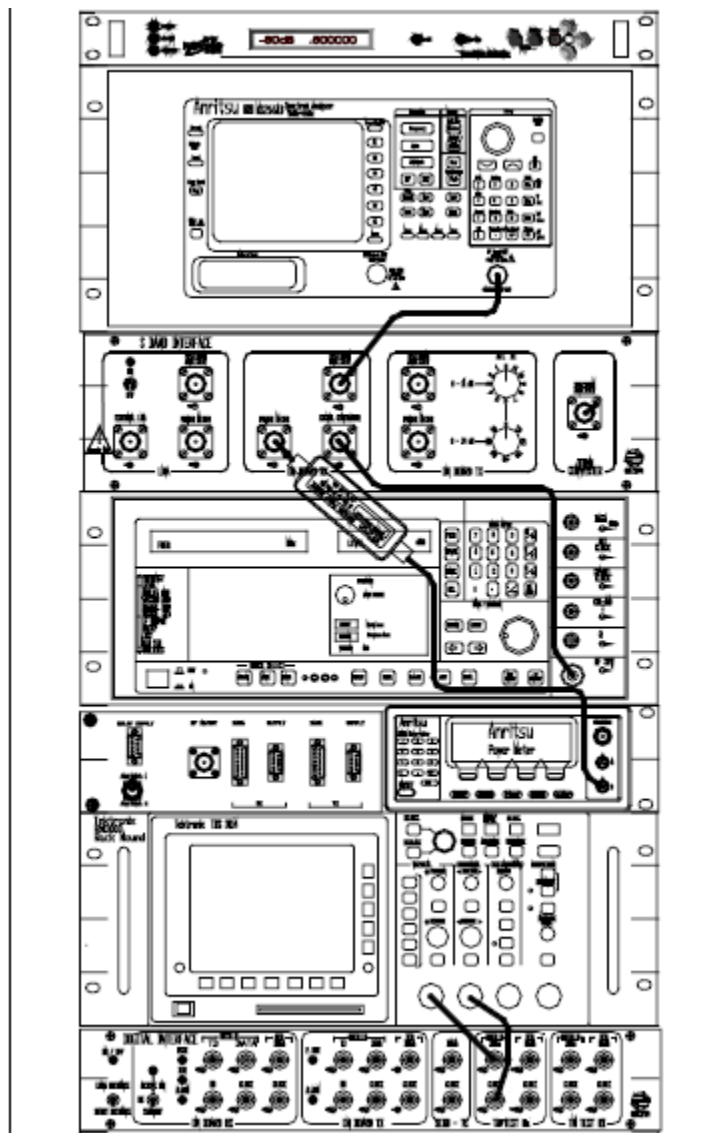


Fig.8. Ligações na parte frontal do rack para o teste da cadeia de telecomando (TC).

Neste caso particular, o gerador de sinais SMIQ-03B é responsável pela geração da sequência de bits pseudoaleatórios (PRBS) e pela modulação dos mesmos QPSK IS95, cuja constelação é mostrada na Fig. 9. O padrão IS95 inclui as particularidades necessárias para a demodulação correta a ser realizada pelo receptor do transponder EW-C10000, i.e. alteração do

diagrama de constelação da modulação QPSK com o intuito de minimizar a probabilidade de erro de bit.

Basicamente, os dados modulados pelo gerador de sinais são enviados já na frequência de telecomando do transponder (2028.8MHz), sendo encaminhados diretamente ao receptor de telecomando (ELTA) do rack de integração, que possui internamente um receptor SOREP similar ao receptor do transponder. Este módulo receptor disponibilizado pela ELTA permite realizar ensaios de recepção de dados no próprio rack de integração, completando a cadeia de telecomando independente do uso do transponder EW-C10000. Os dados demodulados pelo receptor SOREP são disponibilizados em duas vias do tipo BNC (clock e dados) na parte traseira do módulo receptor, e então são encaminhados ao módulo de interface digital (ELTA) para que possam ser verificados, por exemplo, utilizando o osciloscópio ou armazenando-os através de um programa de registro de dados (p.ex. *DigRec Recorder*).

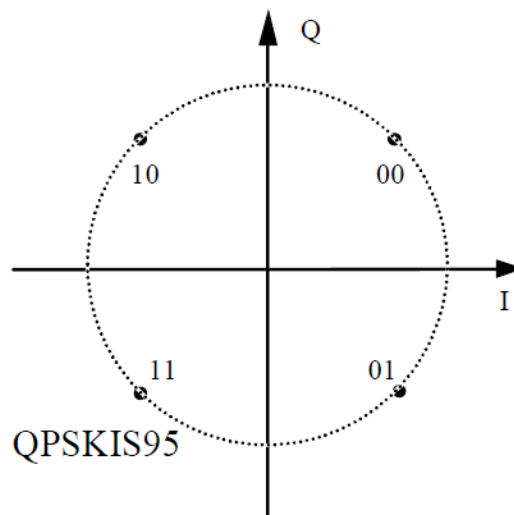


Fig. 9. Constelação da modulação QPSK IS95.

4.3.1. Verificação das atenuações na cadeia de telecomando (TC)

Considera-se, neste caso, primeiramente a simulação da transmissão de uma portadora pura na frequência de telecomando (2028,8MHz), utilizando o gerador de sinais SMIQ03B do rack de integração. A Tabela 4 mostra as configurações dos equipamentos do rack de integração necessárias para este teste, de acordo com o Anexo A.

Tabela 4. Configuração dos equipamentos do rack: atenuações na cadeia de telecomando.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Receptor de Telecomando	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	3	1	1	1

Inicialmente, em virtude da potência de transmissão considerada neste primeiro teste (0dBm) e da sensibilidade de recepção do receptor de telecomando (ELTA) do rack de integração, recomenda-se acrescentar um atenuador de no mínimo 40dB na entrada deste receptor. Em seguida, este primeiro ensaio apresenta as medidas de potência nas saídas SPECTRUM ANALYZER e POWER METER, disponíveis no painel frontal do módulo de interface banda-S, na sessão ON BOARD RX, e no ponto RF IN/OUT, disponível na interface de comunicação com o transponder (ELTA). Recomenda-se utilizar uma carga de 50Ω no ponto RF IN/OUT quando este não estiver conectado ao analisador de espectro. Seguem os resultados obtidos neste teste:

Analizador de Espectro	Power Meter	RF IN/OUT
-8,50dBm	-8,04dBm	-30,73dBm

Nota: Seguem os resultados obtidos pelo fabricante em ensaio realizado em 12/2001:

Analizador de Espectro	Power Meter	RF IN/OUT
-8,04dBm	-7,98dBm	-29,70dBm

4.3.1.2. Verificação do espectro de telecomando na saída do diplexer

A seguir, considera-se a transmissão de uma sequência de bits pseudoaleatória (PRBS) utilizando a modulação QPSK IS95 do gerador de sinais SMIQ03, simulando o caso real da transmissão de uma sequência de telecomando para o receptor do transponder EW-C10000. O objetivo neste caso particular é obter o espectro deste sinal de telecomando no ponto RF IN/OUT, i.e. o espectro do sinal que seria recebido pelo receptor do transponder EW-C10000. A Tabela 5 mostra as configurações dos equipamentos do rack de integração necessárias para este teste, de acordo com o Anexo A.

Tabela 5. Configuração dos equipamentos do rack: espectro do sinal de telecomando.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Analizador de Espectro
Configuração	4	1

Nota: Em virtude da potência de transmissão considerada nesta nova configuração (-50dBm), pode-se retirar o atenuador de 40dB solicitado no teste anterior na entrada do receptor de telecomando (ELTA) - que também não é utilizado neste momento.

Utilizando o software BT V2.0, pode-se realizar a aquisição do espectro do sinal de telecomando (TM), mostrado na Fig. 10.

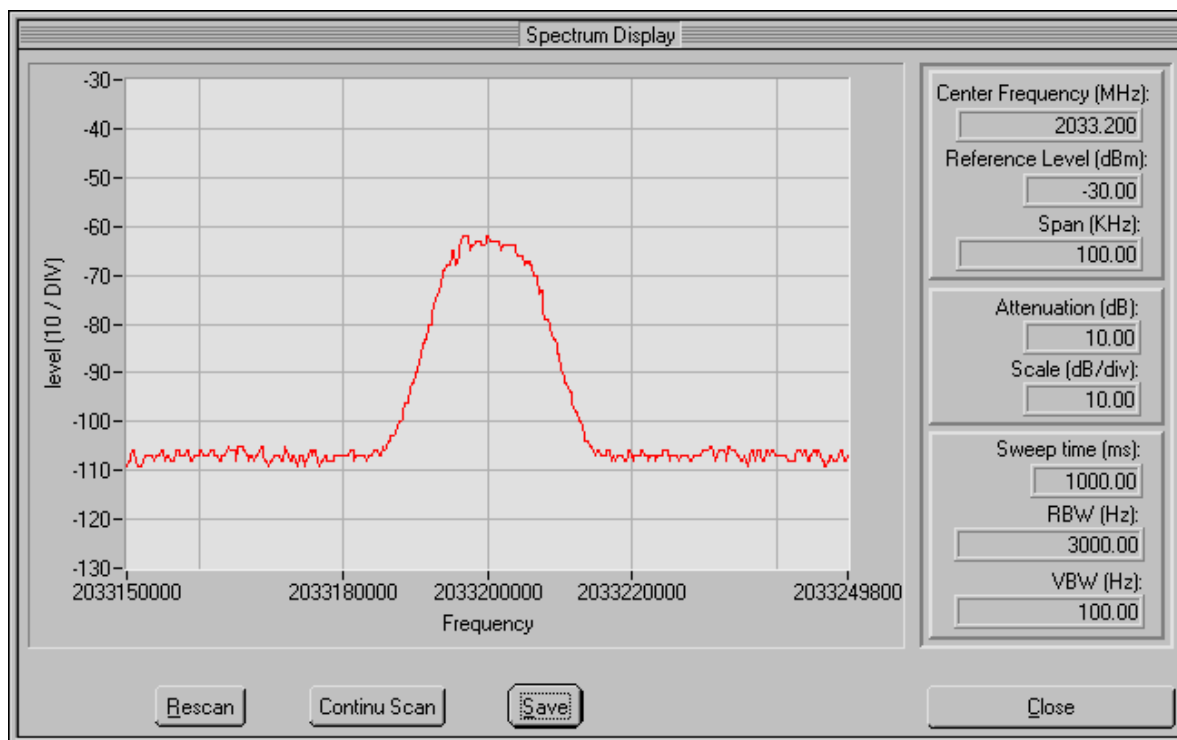


Fig. 10. Espectro do sinal de telecomando na entrada do receptor de telecomando (ELTA).

Nota: O espectro mostrado na Fig.10 corresponde ao espectro obtido pelo fabricante em ensaio realizado em 12/2001.

4.4. Teste de registro dos dados

Este teste tem por objetivo verificar o funcionamento da placa PCI instalada no computador de controle do rack de integração para o registro de dados. Esta placa é controlada pelo programa *DigRec Recorder*, e permite realizar a leitura de duas vias seriais de dados e clocks (em cada via), cujas taxas e instantes de amostragem são variáveis. Dentre as facilidades que esta placa oferece, pode-se, por exemplo, realizar a leitura dos dados enviados para o transmissor na cadeia de

telemetria, ou receber os dados demodulados pelo receptor na cadeia de telecomando. A Fig. 11 mostra as conexões necessárias para este teste.

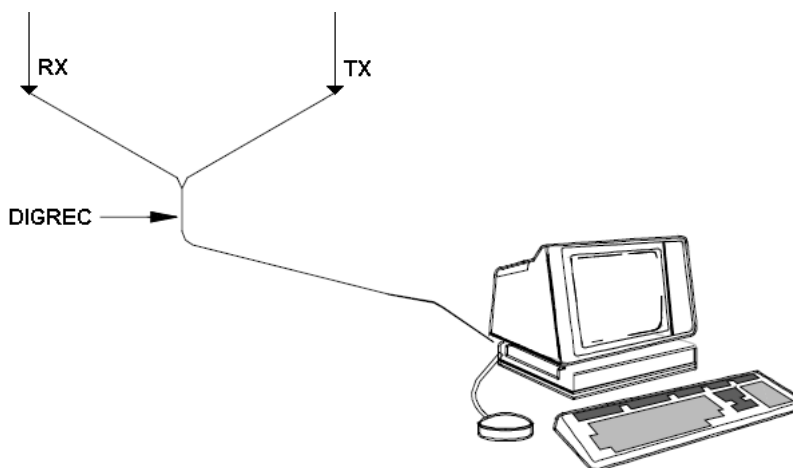


Fig. 11. Conexões necessárias para o teste da placa PCI de registro de dados.

Este teste requer a confecção de cabos seriais que permitam realizar uma cópia das vias de dados e clock dos cabos do transmissor (cabo J4) e receptor (cabo J3). As Tabelas 6 e 7 mostram a relação utilizada para se conectar a placa PCI (conector DB-25 de saída) às outras duas extremidades (DB-15), por onde serão realizadas as cópias dos dados e clock do transmissor e receptor.

Tabela 6. Cabo DigRec-Receptor

	DigRec (DB-25)	J3 (DB-15)
Data +	6	15
Data –	18	7
Clock +	5	5
Clock –	7	13

Tabela 7. Cabo DigRec-Transmissor

	DigRec (DB-25)	J4 (DB-15)
Data +	7	9
Data –	19	2
Clock +	3	3
Clock –	15	11

O registro dos dados referentes a este teste motiva a criação de uma sessão adicional que segue com o intuito de oferecer um breve tutorial de utilização do programa *DigRec Recorder*.

4.4.1. O programa *DigRec Recorder*

Ao abrir o programa *DigRec Recorder*, tem-se a tela inicial mostrada na Fig. 12, onde pode-se verificar as características a serem atribuídas para o registro dos dados na “via 1” e “via 2”.

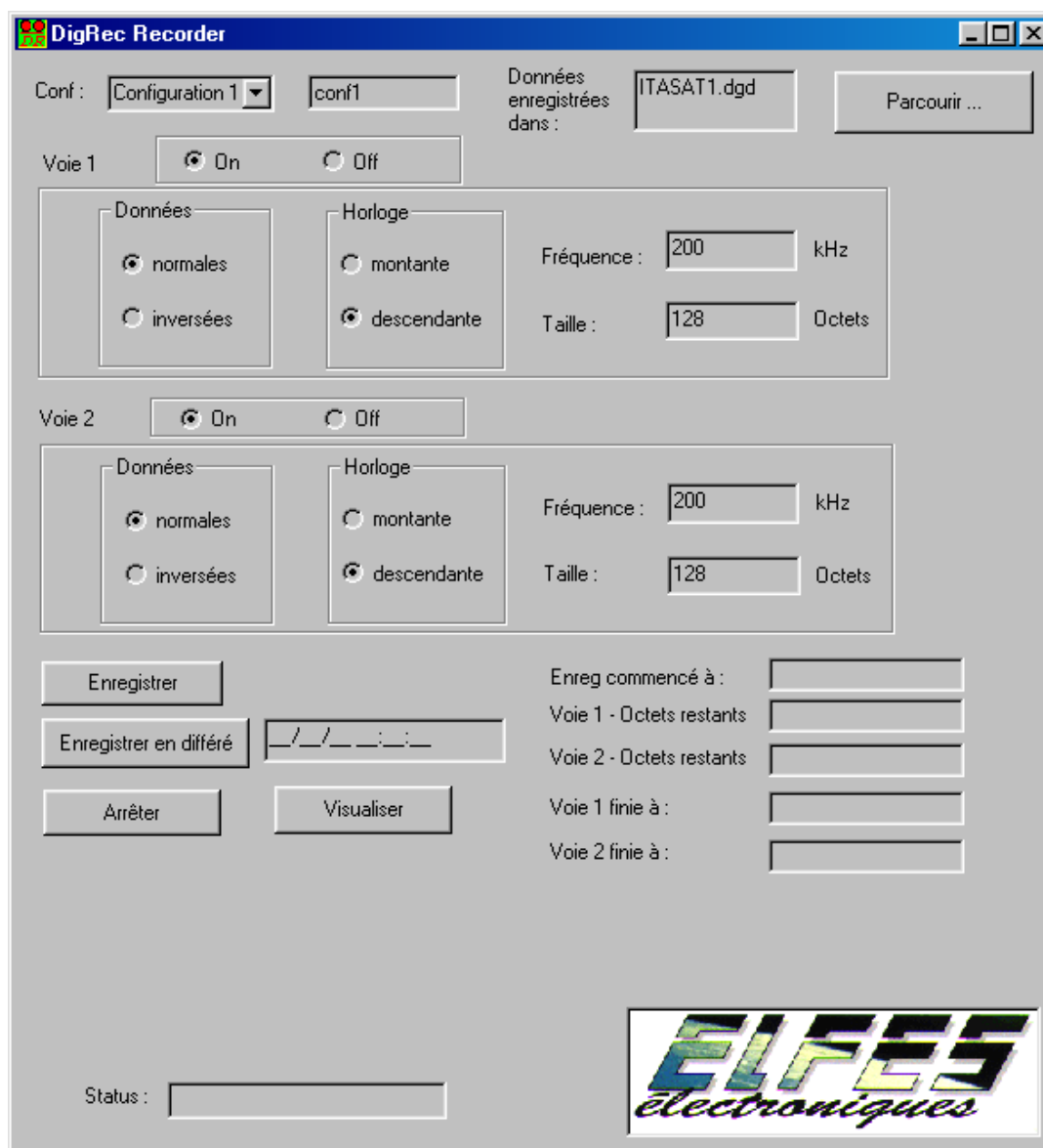


Fig. 12. Tela inicial do programa DigRec Recorder.

Primeiramente, tem-se a opção de habilitar/desabilitar a leitura dos dados em qualquer uma das vias, permitindo que se faça testes isolados de registro de dados. Cada via permite configurações acerca do tipo de dados a serem recebidos: normais ou invertidos. Considera-se neste caso como dados “invertidos” aqueles que, de fato, possuem nível lógico complementar aos dados recebidos. Em seguida, deve-se informar o instante de amostragem através do clock na borda de subida ou descida, i.e. se a taxa de clock for exatamente o dobro da taxa de informação e estas taxas estiverem de fato sincronizadas, basta identificar se a amostragem no meio do bit de informação ocorre a cada borda de subida ou descida do clock. Por fim, tem-se a frequência (taxa de bits) dos bits de informação e a quantidade de octetos que se deseja registrar.

Em particular, neste caso são realizados dois testes independentes, onde deseja-se receber na “via 1” os dados úteis que seriam enviados para o transmissor em modo de alta taxa (200kbps), e na “via 2” deseja-se receber os dados demodulados pelo receptor de telecomando (ELTA) do rack de integração, na taxa de 20kbps. Em ambos as vias os dados são considerados como “normais” (i.e. não-invertidos), e o seu instante de amostragem ocorre a cada borda de descida do clock. A seguir, tem-se o procedimento realizado para estes testes.

4.4.1.1. Teste 1: Envio dos dados úteis para o transmissor (via 1)

Segue o procedimento realizado para este teste:

- Conectar a carga de 50Ω na interface de comunicação com o transponder (ELTA), no ponto RF IN/OUT;
- Conectar o cabo tipo BNC na saída DATA, localizada no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração, e na entrada DATA BER, localizada no módulo de interface digital (ELTA), na sessão ON BOARD TX;
- Conectar o cabo BNC na saída CLOCK, localizada no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração, e na entrada CLOCK BER, localizada no módulo de interface digital (ELTA), na sessão ON BOARD TX;
- Conectar o cabo da placa de registro de dados (via 1) no terminal de dados do transmissor (terminal J4), localizado na interface de comunicação com o transponder (ELTA), no ponto TX/DATA;

- Configurar o gerador de sinais do rack de integração de acordo com a CONFIGURAÇÃO 9 (ver Anexo A);
- Acionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;
- Abrir o programa *Enregistreur* e configurar os parâmetros de acordo com a configuração mostrada a seguir:

The image shows a software configuration window for two channels, Voie 1 and Voie 2. Each channel has a 'Données' (Data) section and a 'Horloge' (Clock) section, along with frequency and size settings.

Voie	Données	Horloge	Fréquence	Taille
Voie 1	☒ normales ☐ inversées	☐ montante ☒ descendante	200 kHz	128 Octets
Voie 2	☐ normales ☐ inversées	☐ montante ☐ descendante	kHz	Octets

- Enviar o comando *Enregistreur* e aguardar o término da aquisição dos dados em ambas as vias;
- Enviar o comando *Visualiser*.

Obtém-se desta forma os dados recebidos na via 1, como mostra a Fig.13.

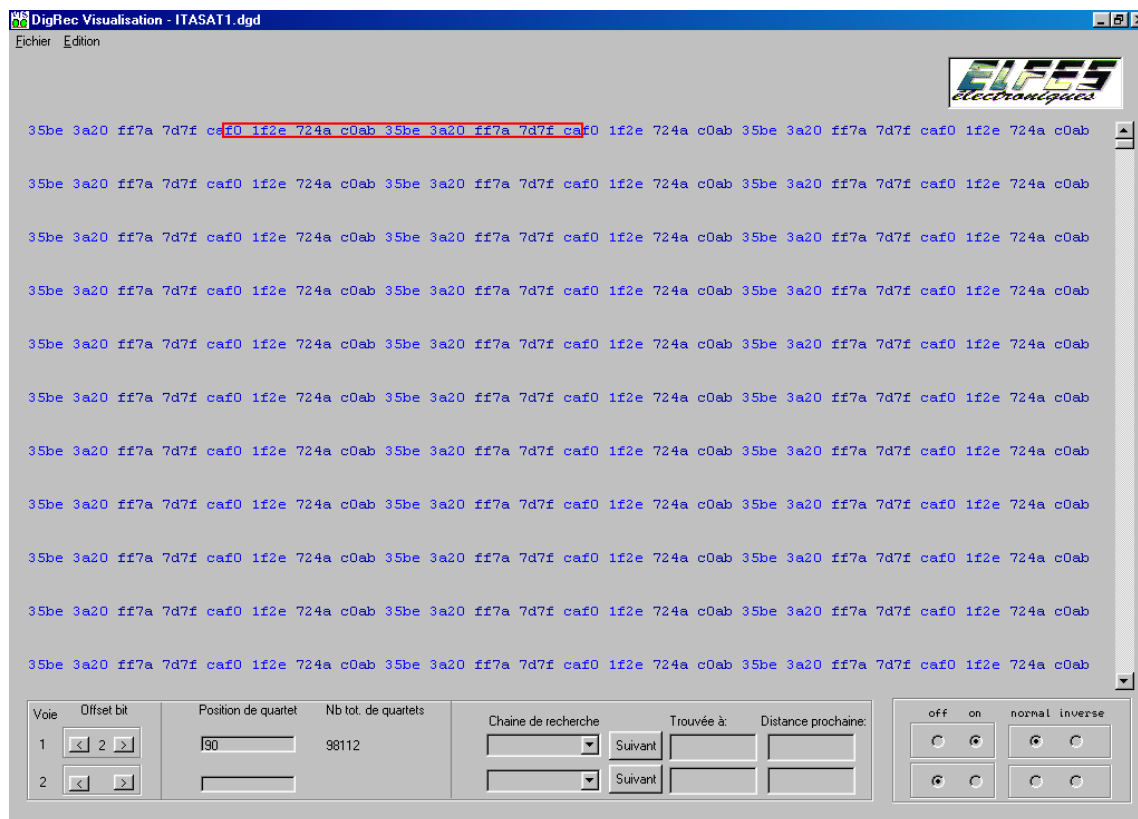


Fig. 13. Dados recebidos pelo DigRec Recorder (via 1).

4.4.1.2. Teste 2: Recepção dos dados demodulados pelo receptor de telecomando ELTA (via 1)

Segue o procedimento realizado para este teste:

- Conectar a carga de 50Ω na interface de comunicação com o transponder (ELTA), no ponto RF IN/OUT;
- Conectar o cabo tipo BNC na saída DATA, localizada no painel traseiro do receptor de telecomando (ELTA) do rack de integração, e na entrada DATA BER, localizada no módulo de interface digital (ELTA), na sessão ON BOARD TX;
- Conectar o cabo tipo BNC na saída CLOCK, localizada no painel traseiro do receptor de telecomando (ELTA) do rack de integração, e na entrada CLOCK BER, localizada no módulo de interface digital (ELTA), na sessão ON BOARD TX;

- Conectar o cabo da placa de registro de dados (via 2) no terminal de dados do transmissor (terminal J4), localizado na interface de comunicação com o transponder (ELTA), no ponto TX/DATA;
- Conectar o cabo “SMA-5” na saída do gerador de sinais do rack de integração, e na entrada SIGNAL GENERATOR, localizada no módulo de interface banda-S, na sessão ON BOARD RX;
- Configurar o gerador de sinais do rack de integração de acordo com a CONFIGURAÇÃO 12 (ver Anexo A);
- Acionar o receptor de telecomando (ELTA) do rack de integração;
- Acionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;
- Acionar o botão RF ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;
- Abrir o programa *Enregistreur* e configurar os parâmetros de acordo com a configuração mostrada a seguir:

The screenshot displays the 'Enregistreur' software interface, which is used for configuring data recording channels. It features two main sections, 'Voie 1' and 'Voie 2', each with a set of controls.

Voie 1 Configuration:

- Channel status: ☒ On, ☐ Off
- Données (Data):** ☒ normales, ☐ inversées
- Horloge (Clock):** ☐ montante, ☒ descendante
- Fréquence (Frequency): 20 kHz
- Taille (Size): 128 Octets

Voie 2 Configuration:

- Channel status: ☐ On, ☒ Off
- Données (Data):** ☐ normales, ☐ inversées
- Horloge (Clock):** ☐ montante, ☐ descendante
- Fréquence (Frequency): [] kHz
- Taille (Size): [] Octets

- Enviar o comando *Enregistreur* e aguardar o término da aquisição dos dados em ambas as vias;
- Enviar o comando *Visualiser*.

Obtém-se desta forma os dados recebidos na via 1, como mostra a Fig.14.

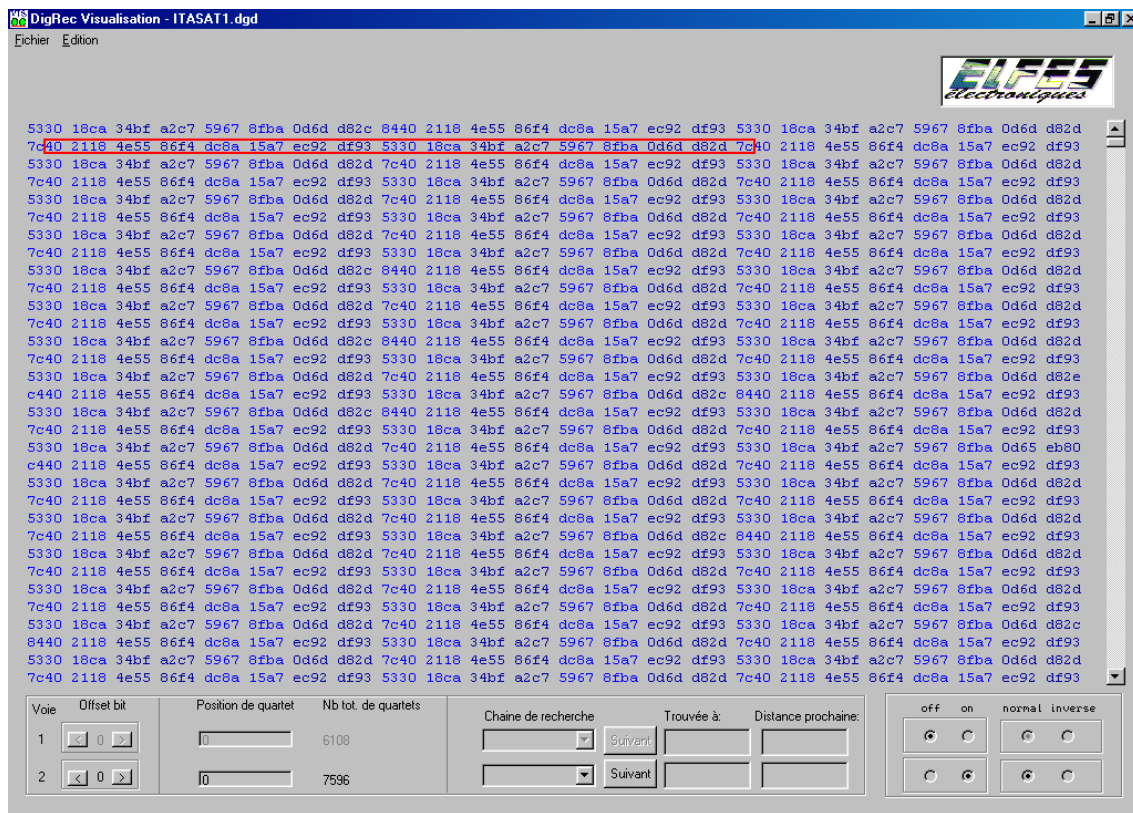


Fig. 13. Dados demodulados pelo receptor de telecomando ELTA (via 1).

Nota: O teste de validação da “via 2” da placa de registro de dados só é possível com o transponder ativo, de modo que se possa utilizar efetivamente o seu módulo receptor. Por ora, este teste é descartado uma vez que este capítulo tem por objetivo validar o funcionamento dos equipamentos do rack de integração, exclusivamente.

5. TESTES COM O TRANSPONDER (ME)

Esta sessão visa abordar os resultados e procedimentos dos testes realizados com o transponder modelo de engenharia (ME), considerando as cadeias de telecomando (RX) e telemetria (TX), sendo a última nos modos de operação de alta taxa (200kbps) e baixa taxa (25kbps). Os procedimentos dos testes realizados são descritos a seguir de maneira seqüencial.

5.1. Cadeia de telemetria

5.1.1. Testes espectrais

Os procedimentos dos testes descritos a seguir visam primeiramente obter os espectros na saída do transmissor, na saída do *down converter* (entrada do receptor de telemetria do rack de integração) e na saída do oscilador OCXO de referência do transmissor (10MHz). Estes procedimentos incluem os casos de transmissão de uma portadora modulada em alta taxa (200kbps) e baixa taxa (25kbps), assim como a transmissão de uma portadora pura (CW).

5.1.1.1. Portadora modulada em alta taxa (*high rate*)

Segue o procedimento realizado para este teste:

- Conectar o cabo “SMA-2” na saída do diplexer do transponder EW-C10000 e na entrada do diplexer do rack de integração - localizado na interface de comunicação com o transponder (ELTA), no ponto RF IN/OUT;
- Conectar o cabo “SMA-3” na saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD TX, e na entrada do analisador de espectro do rack de integração, seguido de um atenuador de 20dB;
- Conectar o cabo tipo BNC na saída DATA, localizada no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração, e na entrada DATA BER, localizada no módulo de interface digital (ELTA), na sessão ON BOARD TX;
- Conectar o cabo BNC na saída CLOCK, localizada no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração, e na entrada CLOCK BER, localizada no módulo de interface digital (ELTA), na sessão ON BOARD TX;

- No módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD TX, ajustar o atenuador de “passo 10” (0-70dB) na posição “60dB” e o atenuador de “passo 1” (0-11dB) na posição “0dB”;

Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	5	1	1	4	1

- Abrir o programa RXTX TEST de acordo com a configuração mostrada a seguir, em seguida, enviar o comando *Test*:

The image shows a screenshot of the RXTX TEST software interface. It consists of two main panels, RX and TX, each with three input fields: Repeat, Delay (ms), and Port. The RX panel has Repeat set to 10, Delay (ms) set to 200, and Port set to 2. The TX panel has Repeat set to 10, Delay (ms) set to 200, and Port set to 1. The interface is a simple, functional design with a light gray background and black text.

- Alimentar o transmissor utilizando a fonte do rack de integração com uma tensão de 28V, em seguida, aguardar o período de aquecimento do oscilador OCXO interno do transmissor (*clock waiting*);
- Acionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;
- Utilizando o programa RXTX TEST, enviar o comando *High Rate* para o transmissor.

Obtém-se desta forma o espectro na saída do transmissor, considerando a transmissão de uma portadora modulada em alta taxa (200kbps), como mostra a Fig. 14.

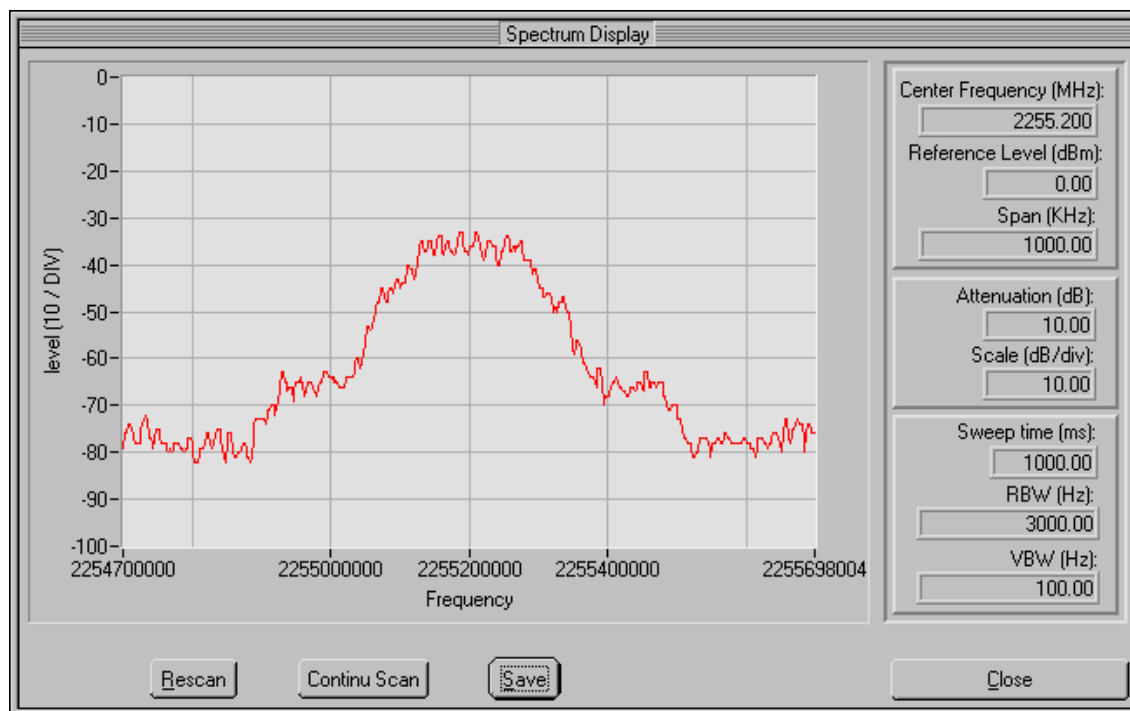


Fig. 14. Espectro da telemetria do transponder EM, 200kbps.

- Desconectar o cabo “SMA-3” da saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD TX, e conectá-lo na saída DOWN CONVERTER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão DOWN CONVERTER.
- Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	6	1	2	5	1

Obtém-se desta forma o espectro na saída do *down converter* (entrada do receptor de telemetria do rack de integração), considerando a transmissão de uma portadora modulada em alta taxa (200kbps), como mostra a Fig. 15.

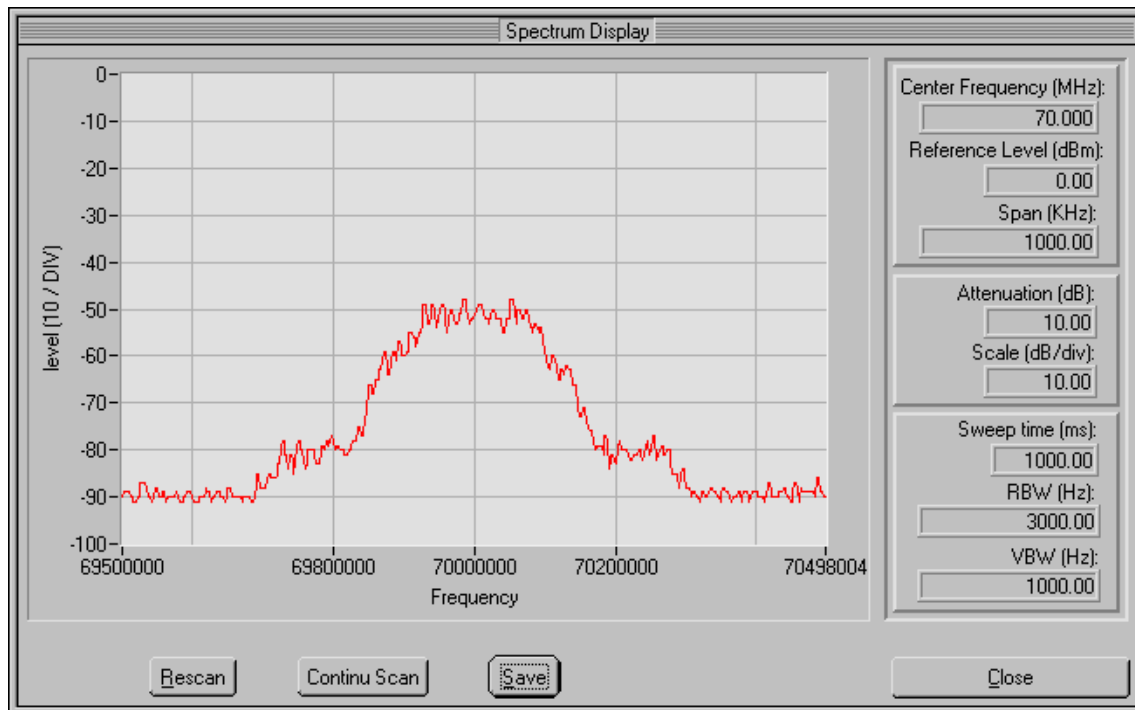


Fig. 14. Espectro da telemetria do transponder EM na saída do DC, 200kbps.

5.1.1.2. Portadora modulada em baixa taxa (*low rate*)

Segue o procedimento realizado para este teste:

- Desacionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração. O transmissor deve entrar em modo de espera (*clock waiting*);
- Desconectar o cabo “SMA-3” da saída DOWN CONVERTER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão DOWN CONVERTER, e conectá-lo à saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na saída ON BOARD TX, seguido de um atenuador de 20dB;
- Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	6	1	2	4	1

- Acionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;
- Utilizando o programa RXTX TEST, enviar o comando *Low Rate* para o transmissor.

Obtém-se desta forma o espectro na saída do transmissor, considerando a transmissão de uma portadora modulada em baixa taxa (25kbps), como mostra a Fig.15.

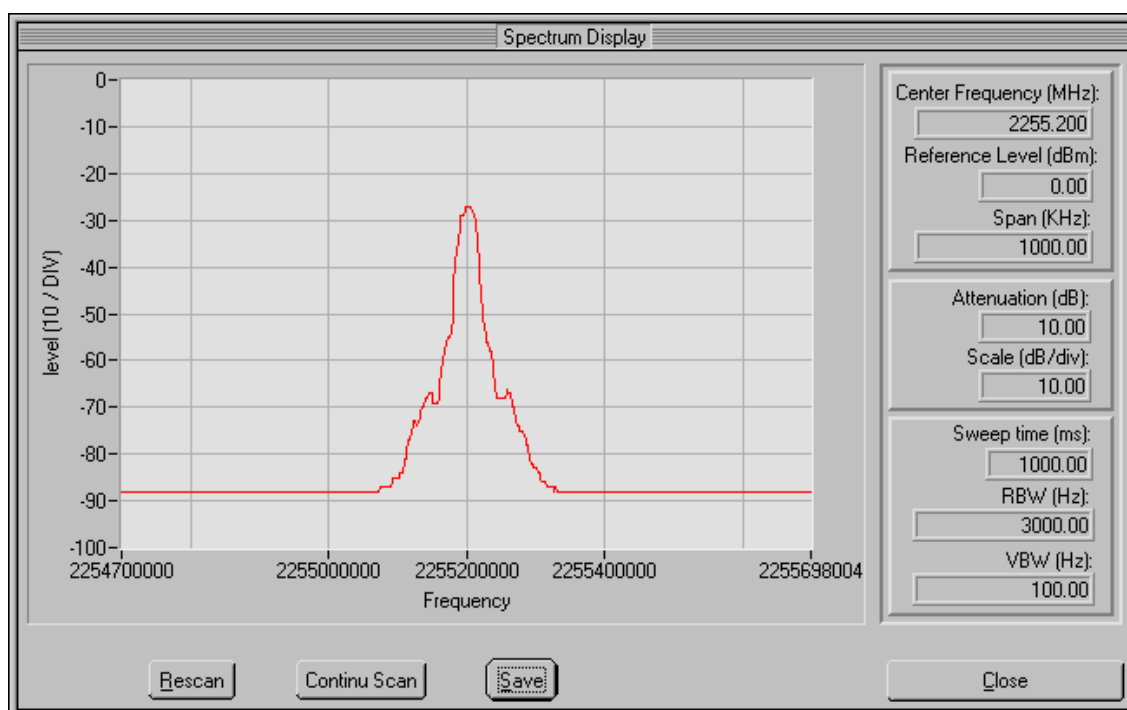


Fig. 15. Espectro da telemetria do transponder EM, 25kbps.

- Desconectar o cabo "SMA-3" da saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD TX, e conectá-lo na saída DOWN CONVERTER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão DOWN CONVERTER.
- Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	6	1	2	5	1

Obtém-se desta forma o espectro na saída do *down converter* (entrada do receptor de telemetria do rack de integração), considerando a transmissão de uma portadora modulada em baixa taxa (25kbps), como mostra a Fig. 16.

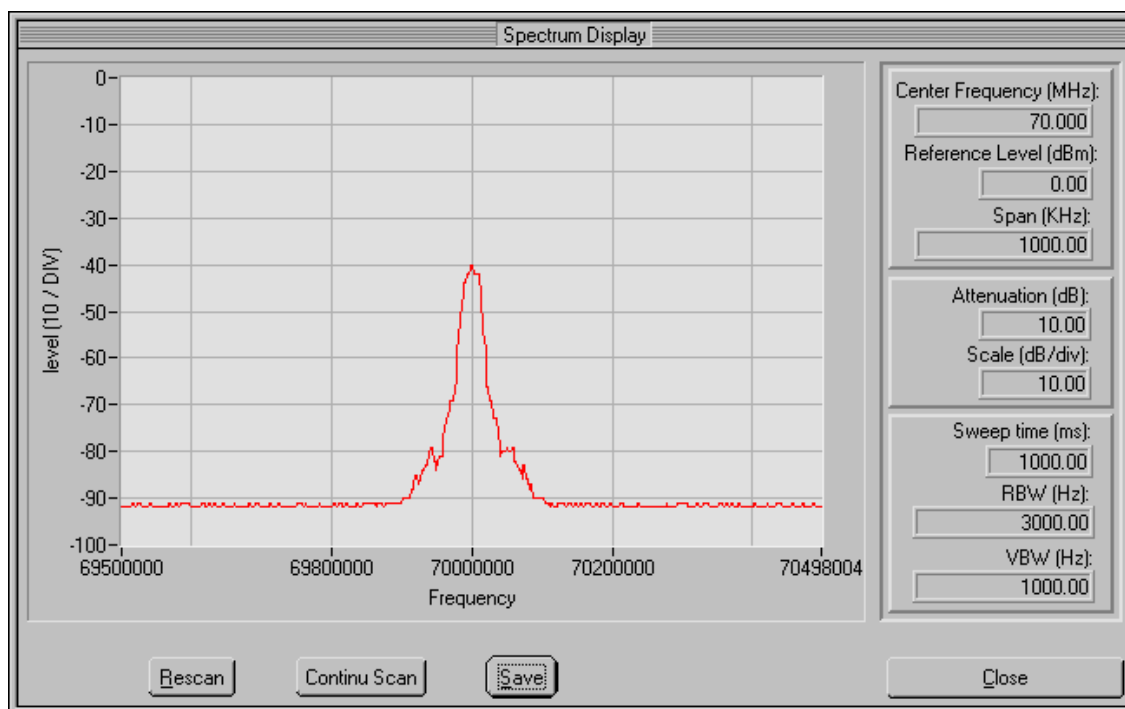


Fig. 16. Espectro da telemetria do transponder EM na saída do DC, 25kbps.

5.1.1.3. Portadora pura (CW)

Segue o procedimento realizado para este teste:

- Desconectar o cabo “SMA-3” da saída DOWN CONVERTER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão DOWN CONVERTER, e conectá-lo à saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD TX, seguido de um atenuador de 20dB;

Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	6	1	-	4	1

- Utilizando o programa RXTX, enviar o comando CW para o transmissor.

Obtém-se desta forma o espectro na saída do transmissor, considerando a transmissão de uma portadora pura (CW), como mostra a Fig. 17.

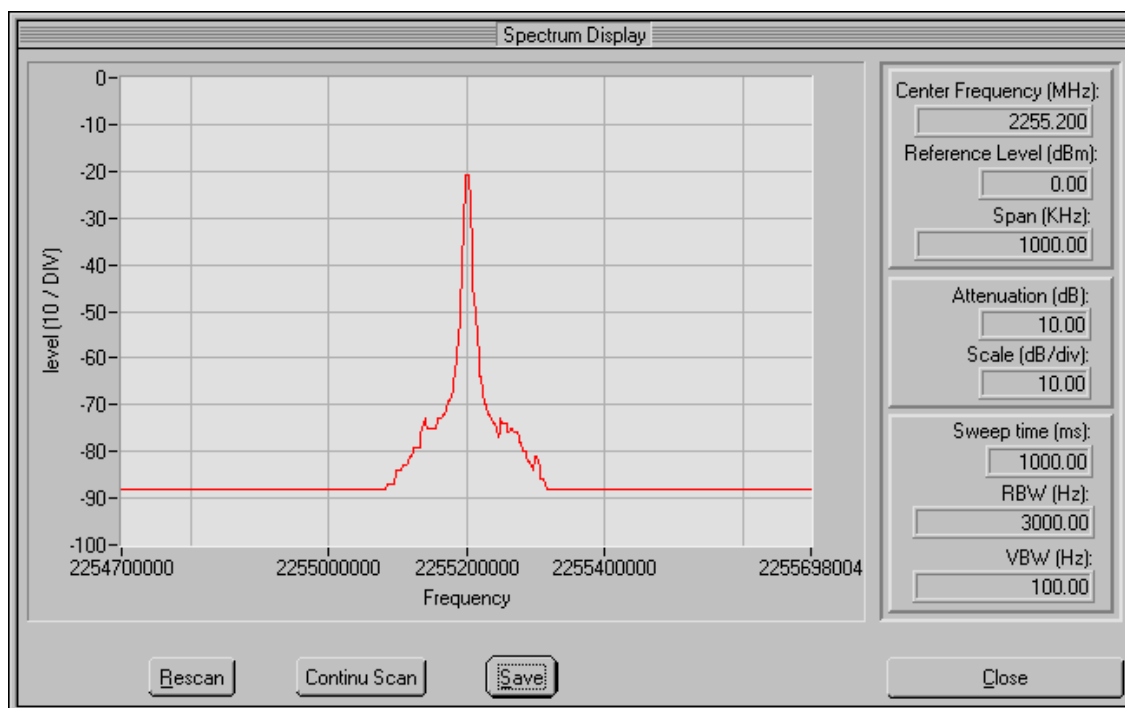


Fig. 17. Espectro da telemetria do transponder EM, portadora pura (CW).

- Desconectar o cabo "SMA-3" da saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD TX, e conectá-lo na saída DOWN CONVERTER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão DOWN CONVERTER.

- Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	6	1	-	5	1

Obtém-se desta forma o espectro na saída do *down converter* (entrada do receptor de telemetria do rack de integração), considerando a transmissão de uma portadora pura (CW), como mostra a Fig. 18.

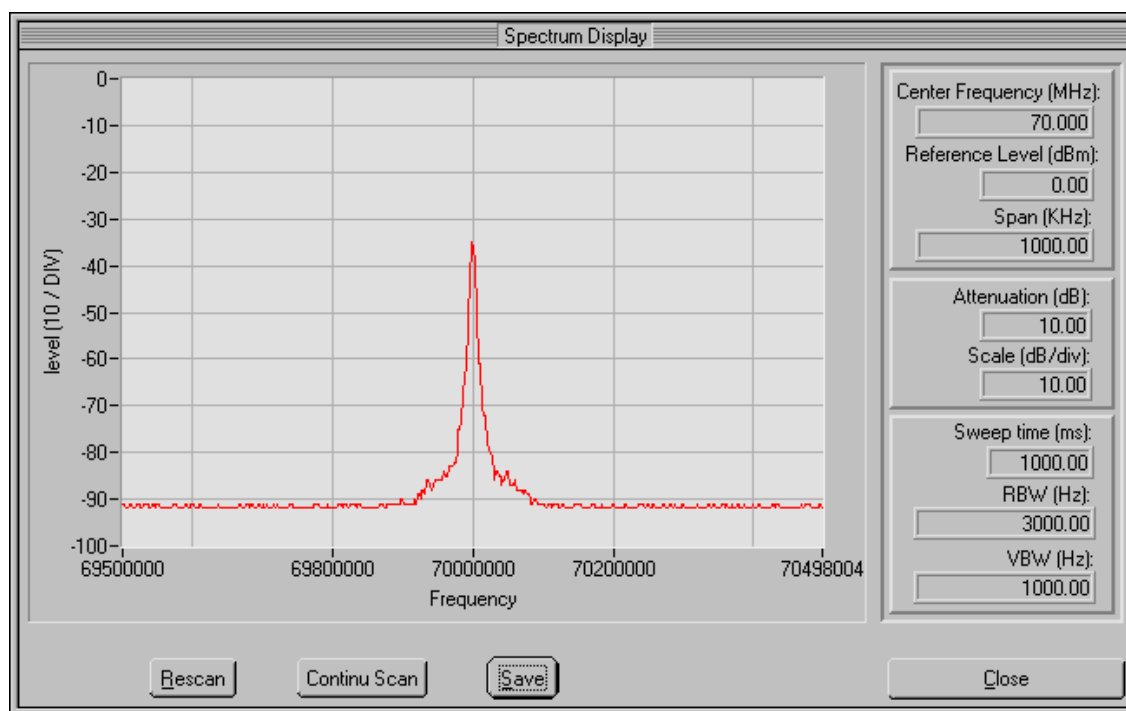


Fig. 18. Espectro da telemetria do transponder EM na saída do DC, portadora pura (CW).

5.1.1.4. Constelação fixa (bits “1”)

Segue o procedimento realizado para este teste:

- Desacionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração. O transmissor deve entrar em modo de espera (*clock waiting*);
- Desconectar o cabo “SMA-3” da saída DOWN CONVERTER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão DOWN CONVERTER, e conectá-lo à saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD TX, seguido de um atenuador de 20dB;
- Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	7	1	1	6	1

- Acionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;
- Utilizando o programa RXTX, enviar o comando *High Rate* para o transmissor.

Obtém-se desta forma o espectro na saída do transmissor, considerando a transmissão de uma portadora modulada em alta taxa (200kbps) com constelação fixa, i.e. padrão de bits “1”, como mostra a Fig. 19.

- Desacionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração. O transmissor deve entrar em modo de espera (*clock waiting*);
- Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	8	1	2	7	1

- Acionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;
- Utilizando o programa RXTX, enviar o comando *Low Rate* para o transmissor.

Obtém-se desta forma o espectro na saída do transmissor, considerando a transmissão de uma portadora modulada em baixa taxa (25kbps) com um padrão de bits “1”.

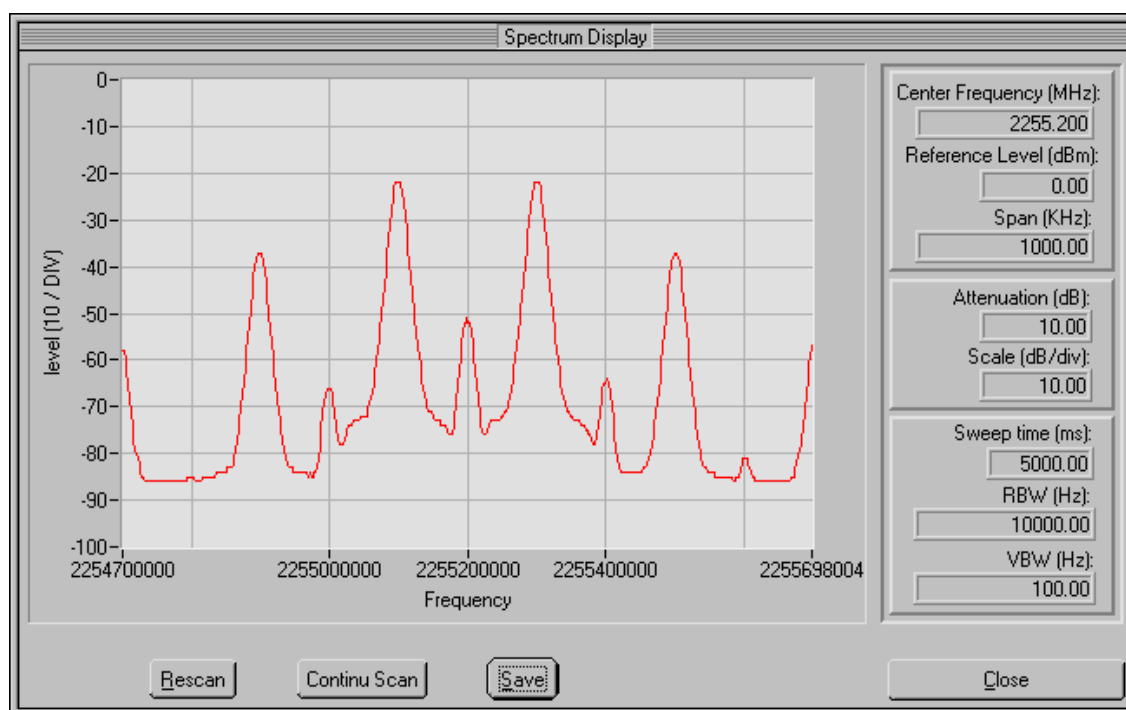


Fig. 19. Espectro da telemetria do transponder EM, constelação fixa (bits “1”).

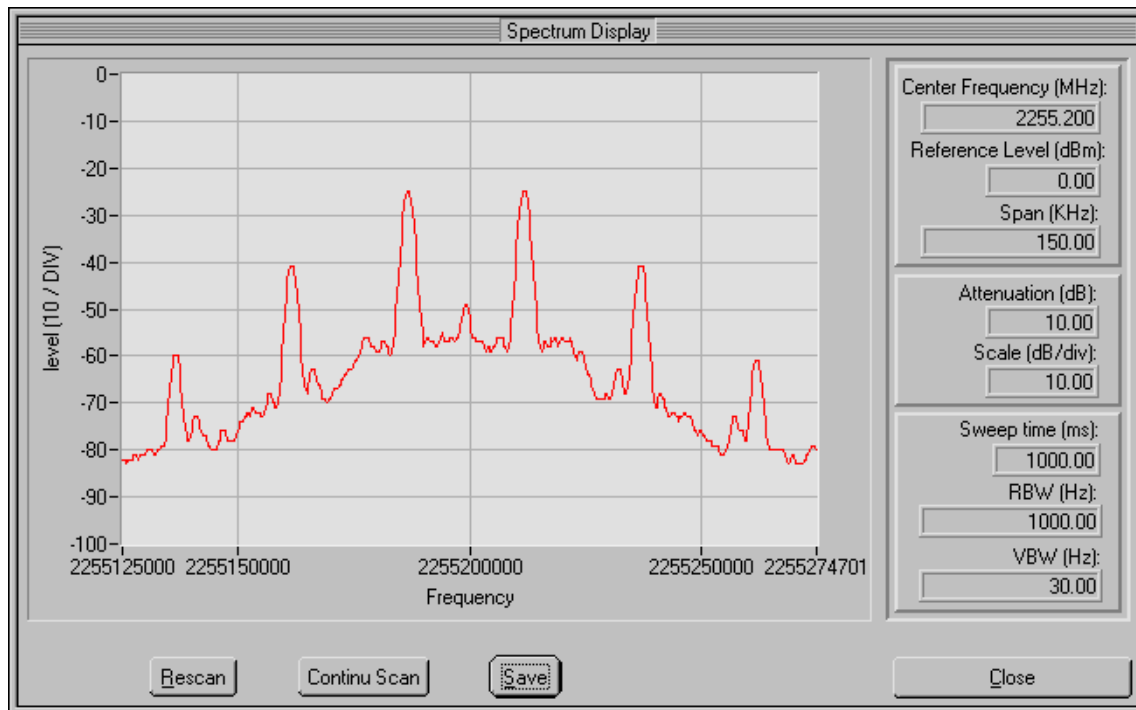


Fig. 20. Espectro da telemetria do transponder EM, constelação fixa (bits “1”), em detalhe.

5.1.1.5. Oscilador OCXO de referência (transmissor)

Segue o procedimento realizado para este teste:

- Desconectar o cabo “SMA-3” da saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD TX, e conectá-lo diretamente na saída do oscilador OCXO de referência do transmissor, seguido de um atenuador de 20dB;
- Configurar o analisador de espectro do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Analisador de Espectro
Configuração	8

Obtém-se desta forma o espectro na saída do oscilador OCXO de referência do transmissor (10MHz), como mostra a Fig. 21.

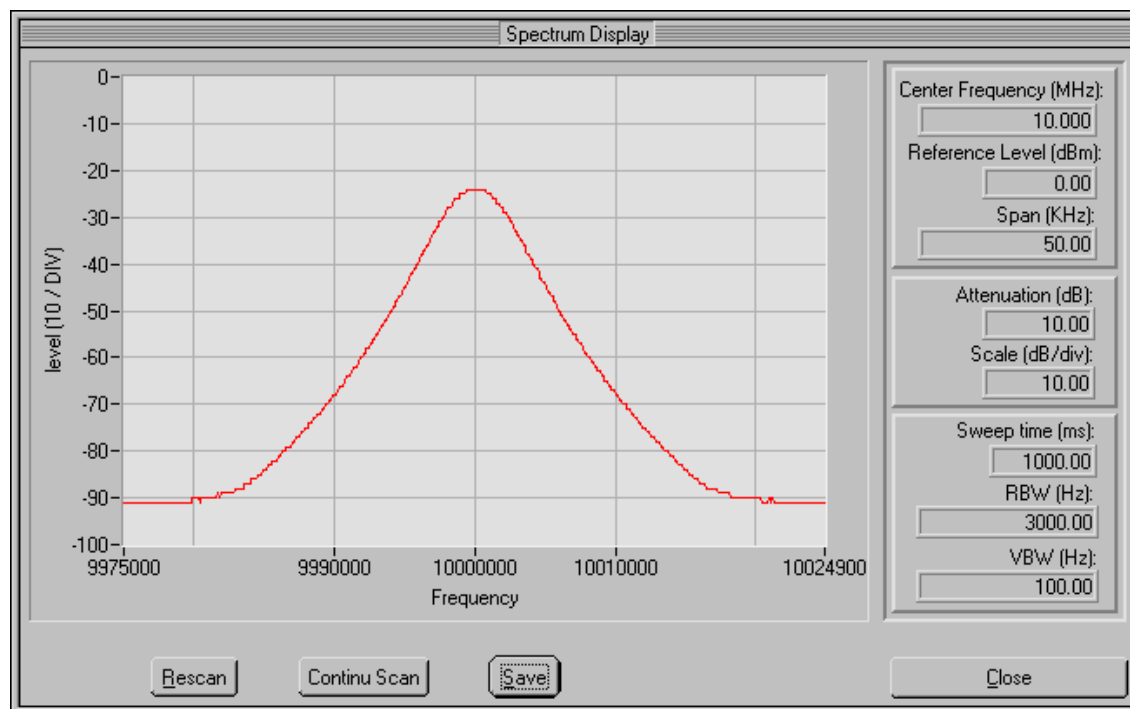


Fig. 21. Espectro do oscilador OCXO de referência do transmissor (10MHz).

5.1.1.6. Harmônicos do oscilador OCXO de referência (transmissor)

Segue o procedimento realizado para este teste:

- Configurar o analisador de espectro do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Analisador de Espectro
Configuração	9

Obtém-se desta forma o espectro dos harmônicos na saída do oscilador OCXO de referência do transmissor (10MHz), como mostra a Fig. 22.

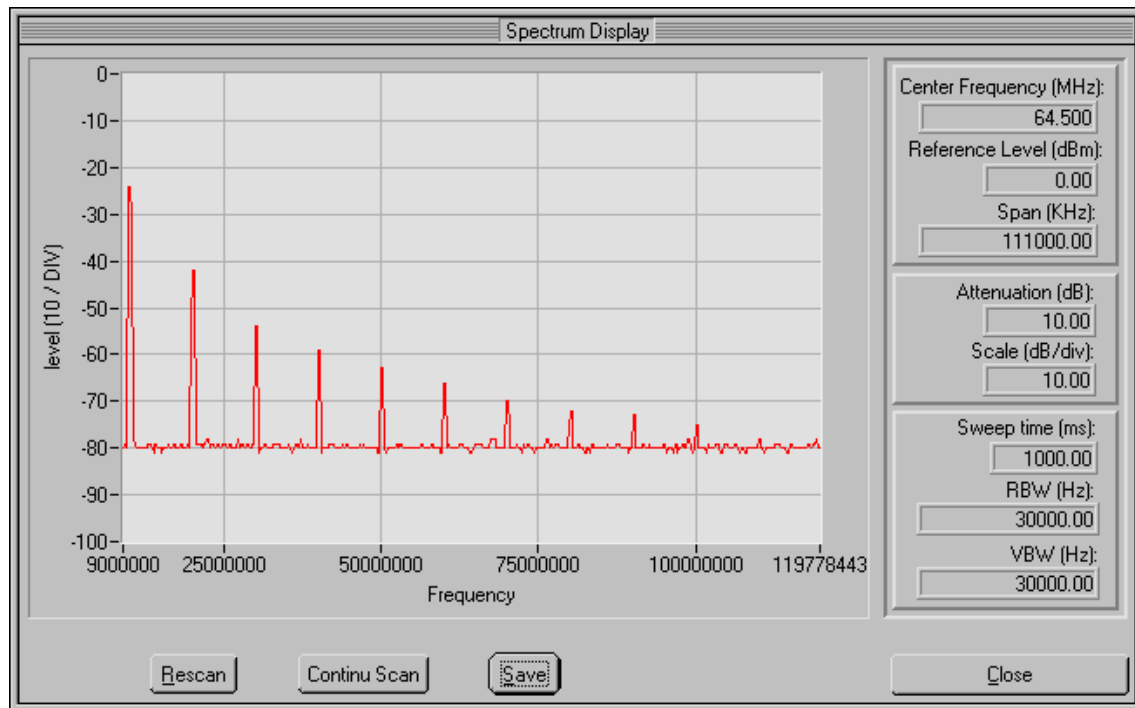


Fig. 22. Espectro dos harmônicos do oscilador OCXO de referência do transmissor (10MHz).

5.1.2. Verificação dos dados na cadeia de telemetria (TM)

A seguir são descritos os testes realizados a fim de verificar a integridade dos dados recebidos na cadeia de telemetria, considerando os modos de alta e baixa taxa do transmissor. Neste caso particular, toma-se o uso do programa *DigRec Recorder*, destinando a “Via 1” para registro dos dados gerados pelo gerador de sinais do rack de integração (entrada do transmissor), e a “Via 2” para registro dos dados demodulados pelo receptor de telemetria do rack de integração. Com o auxílio das facilidades do programa *DigRec Recorder* pode-se comparar os dados recebidos por ambas as vias. Maiores detalhes para auxílio deste procedimento de teste (p.ex. confecção da cablagem necessária e utilização do programa *DigRec Recorder*), podem ser encontrados no Anexo D.

5.1.2.1. Modo de alta taxa (*high rate*)

Segue o procedimento realizado para este teste:

- Desacionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração. O transmissor deve entrar em modo de espera (*clock waiting*);
- Conectar o cabo serial (DB-15) referente a “Via 1” da placa de registro de dados do computador, no barramento de dados do transmissor (cabo J4);
- Conectar o cabo serial (DB-15) referente a “Via 2” da placa de registro de dados do computador, na saída do receptor de telemetria do rack de integração (cabo confeccionado – ver Anexo D);
- Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	9	1	1	-	1

- Acionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;
- Abrir o programa *Enregistreur* e configurar os parâmetros de acordo com a configuração mostrada a seguir:

The screenshot shows the 'Enregistreur' software interface with two identical configuration sections for 'Voie 1' and 'Voie 2'. Each section has a 'MOD' button set to 'On'. Below this, there are two main groups of settings: 'Données' and 'Horloge'. The 'Données' group has two radio buttons: 'normales' (selected) and 'inversées'. The 'Horloge' group has two radio buttons: 'montante' and 'descendante' (selected). To the right of these groups, there are two input fields: 'Fréquence' set to '200' kHz and 'Taille' set to '128' Octets.

- Enviar o comando *Enregistreur* e aguardar o término da aquisição dos dados em ambas as vias;
- Enviar o comando *Visualiser*.

Obtém-se desta forma os dados recebidos em ambas as vias, como mostra a Fig. 23.

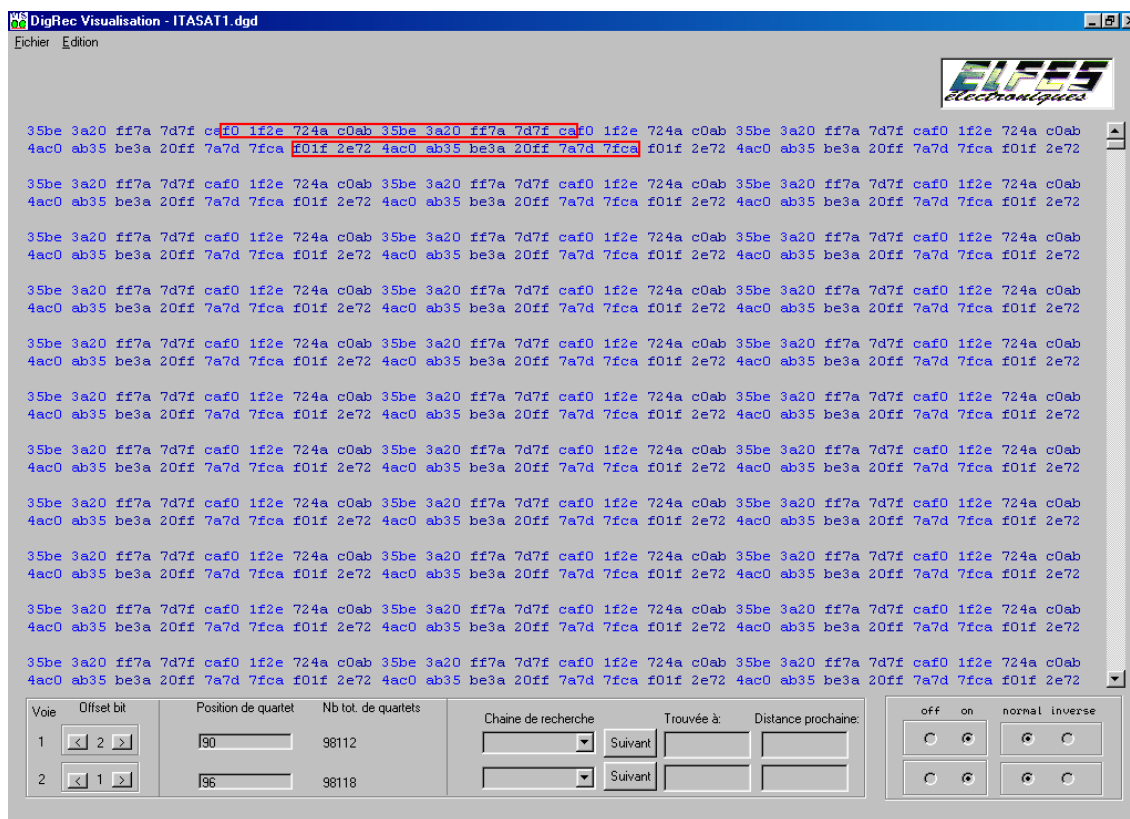


Fig. 23. Dados recebidos pelo DigRec Recorder na cadeia de telemetria, alta taxa, EM.

5.1.2.2. Modo de baixa taxa (*low rate*)

Segue o procedimento realizado para este teste:

- Desacionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração. O transmissor deve entrar em modo de espera (*clock waiting*);

- Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	10	1	2	-	1

- Acionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;
- Abrir o programa *Enregistreur* e configurar os parâmetros de acordo com a configuração mostrada a seguir:

The image shows a software interface for configuring two channels, Voie 1 and Voie 2. Each channel has a 'Données' section with two radio buttons: 'normales' (selected) and 'inversées'. The 'Horloge' section has two radio buttons: 'montante' and 'descendante' (selected). To the right of these are two input fields: 'Fréquence' set to 25 kHz and 'Taille' set to 128 Octets. At the top of each channel's section is a 'Voie' label and a 'MOD' button with 'On' (selected) and 'Off' options.

- Enviar o comando *Enregistreur* e aguardar o término da aquisição dos dados em ambas as vias;
- Enviar o comando *Visualiser*.

Obtém-se desta forma os dados recebidos em ambas as vias, como mostra a Fig. 24.

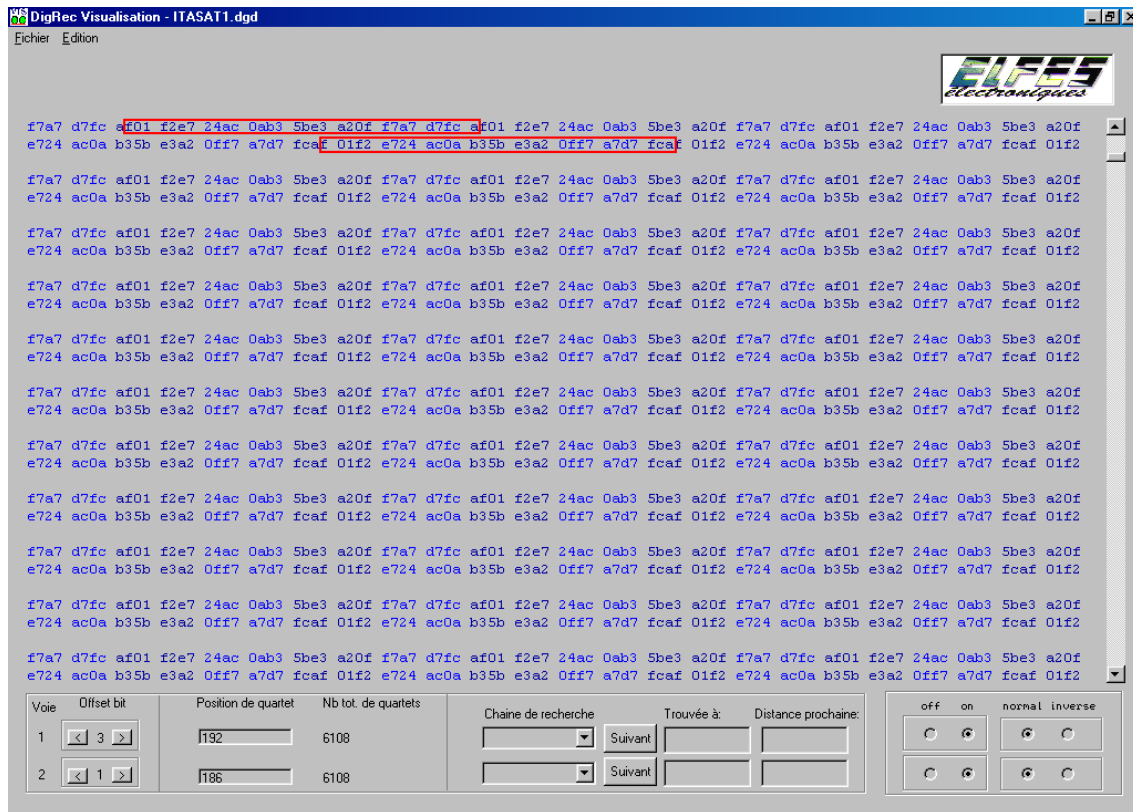


Fig. 24. Dados recebidos pelo DigRec Recorder na cadeia de telemetria, baixa taxa, EM.

- Desacionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração. O transmissor deve entrar em modo de espera (*clock waiting*);
- Desligar o transmissor diretamente na fonte de alimentação do rack de integração.

5.1.3. Testes complementares do transmissor

Os testes a seguir foram realizados com o auxílio do analisador de sinais FSQ-26 (Rohde & Schwarz), gentilmente disponibilizado pela Divisão de Eletrônica Aeroespacial do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DEA/INPE), com o intuito de caracterizar o transmissor do transponder modelo de engenharia mais completamente. A Fig. 25 mostra o diagrama com o setup montado para estes testes.

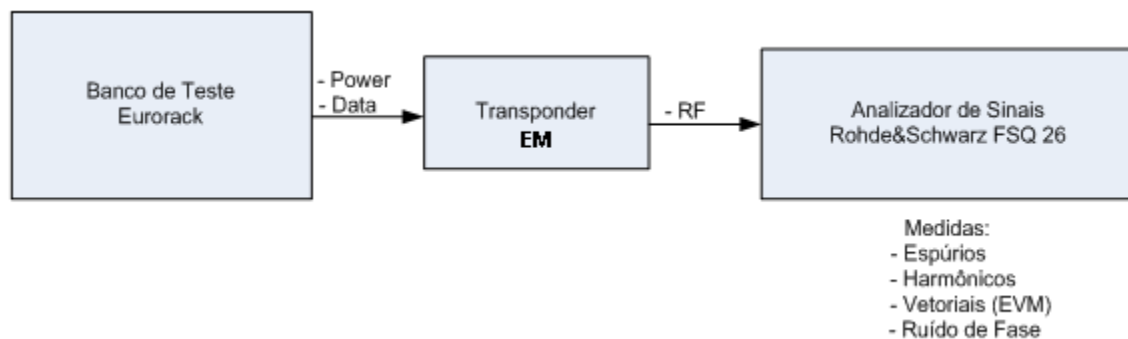
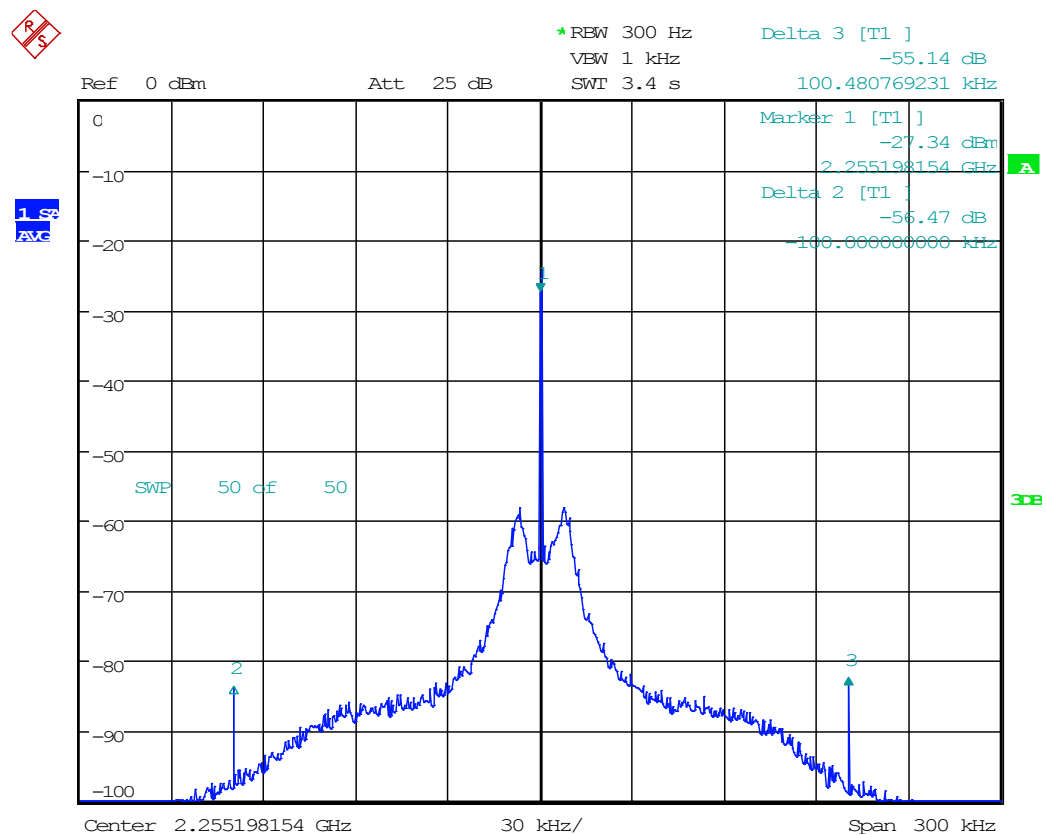


Fig. 25. Diagrama de blocos para os testes complementares do transmissor ME.

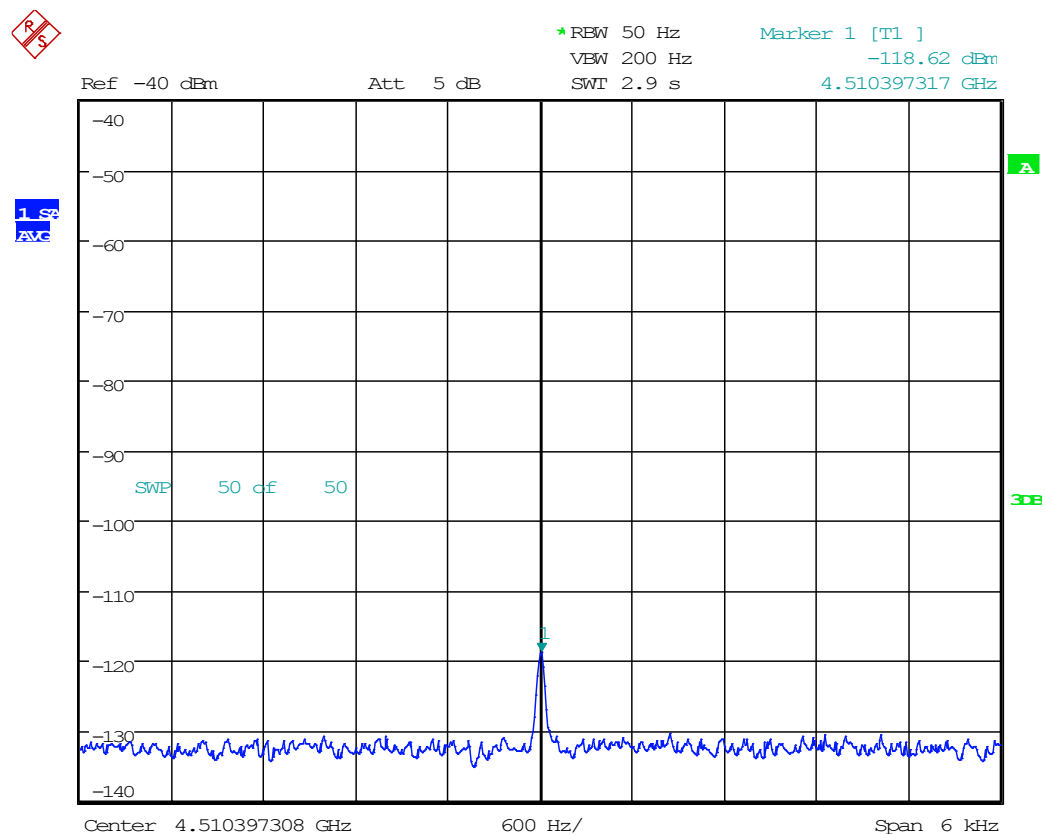
5.1.3.1. Medida de espúrios



Date: 23.NOV.2011 20:12:06

Frequência (MHz)	Espúrios (dBc)	Espec. (dBc)
2.255GHz +/- 100 kHz	56.47dBc	> 60 dBc

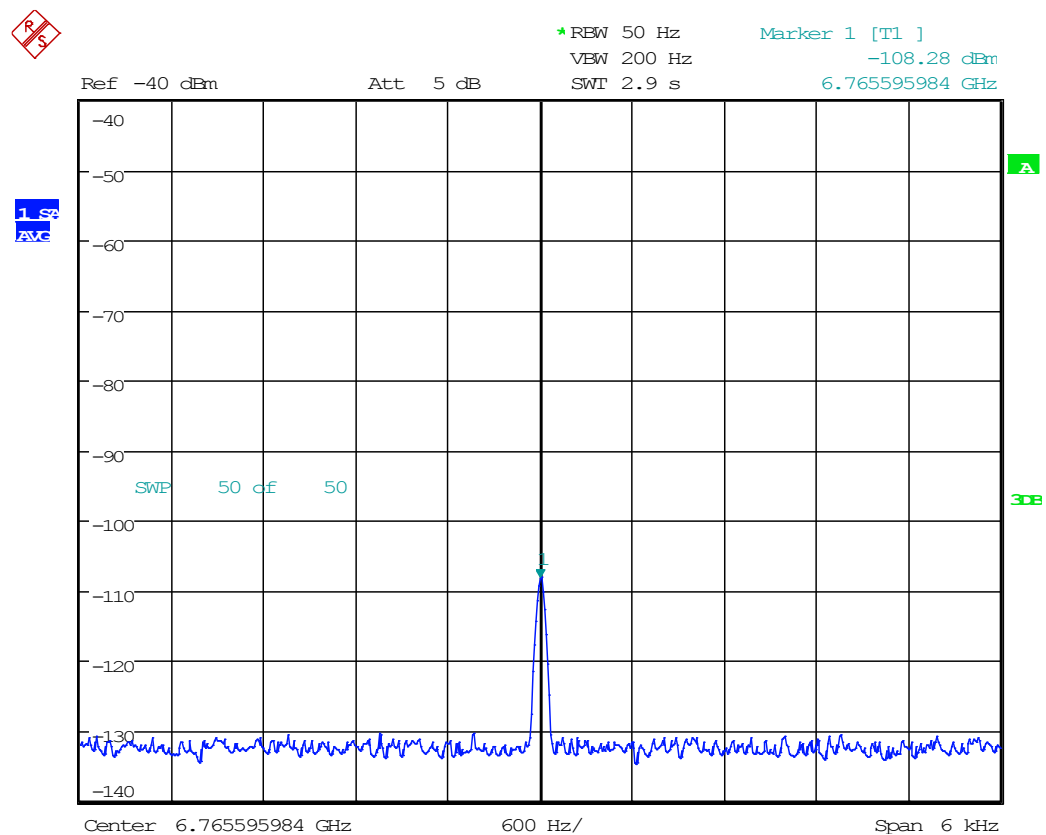
5.1.3.2. Medida do segundo harmônico



Date: 23.NOV.2011 20:17:09

Frequência (MHz)	Espúrios (dBc)	Espec. (dBc)
4.510GHz	>70dBc	> 60 dBc

5.1.3.3. Medida do terceiro harmônico

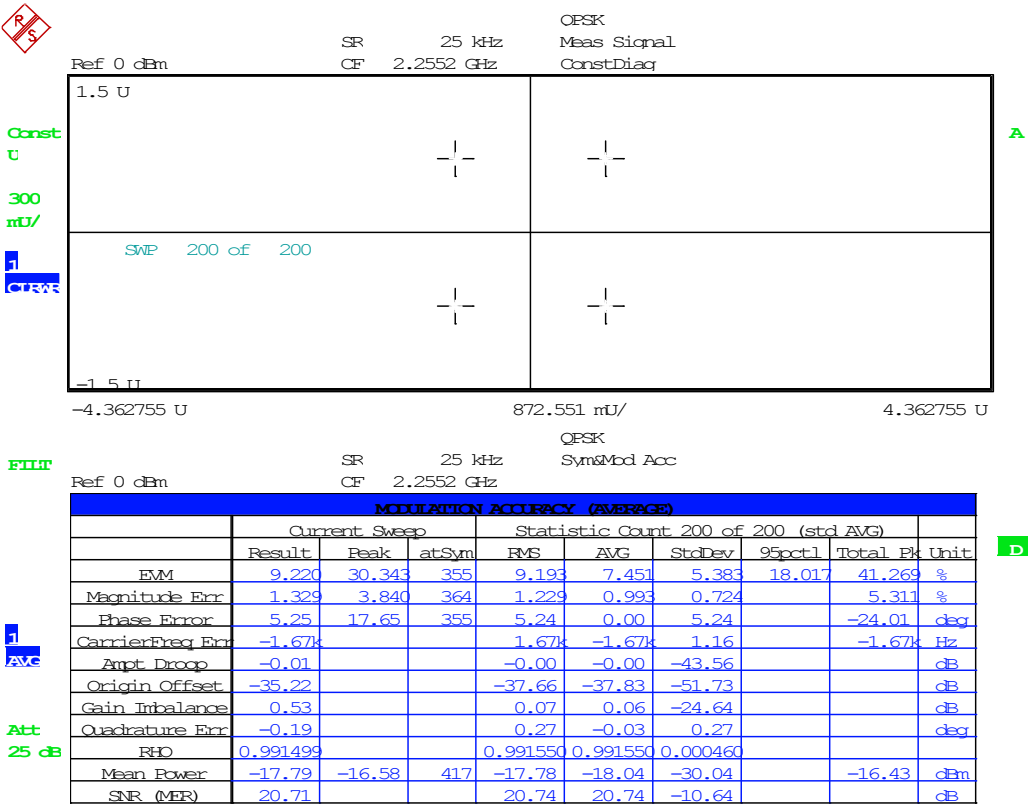


Date: 23.NOV.2011 20:22:12

Frequência (MHz)	Espúrios (dBc)	Espec. (dBc)
6.765GHz	>70dBc	> 60 dBc

5.1.3.4. Medidas vetoriais

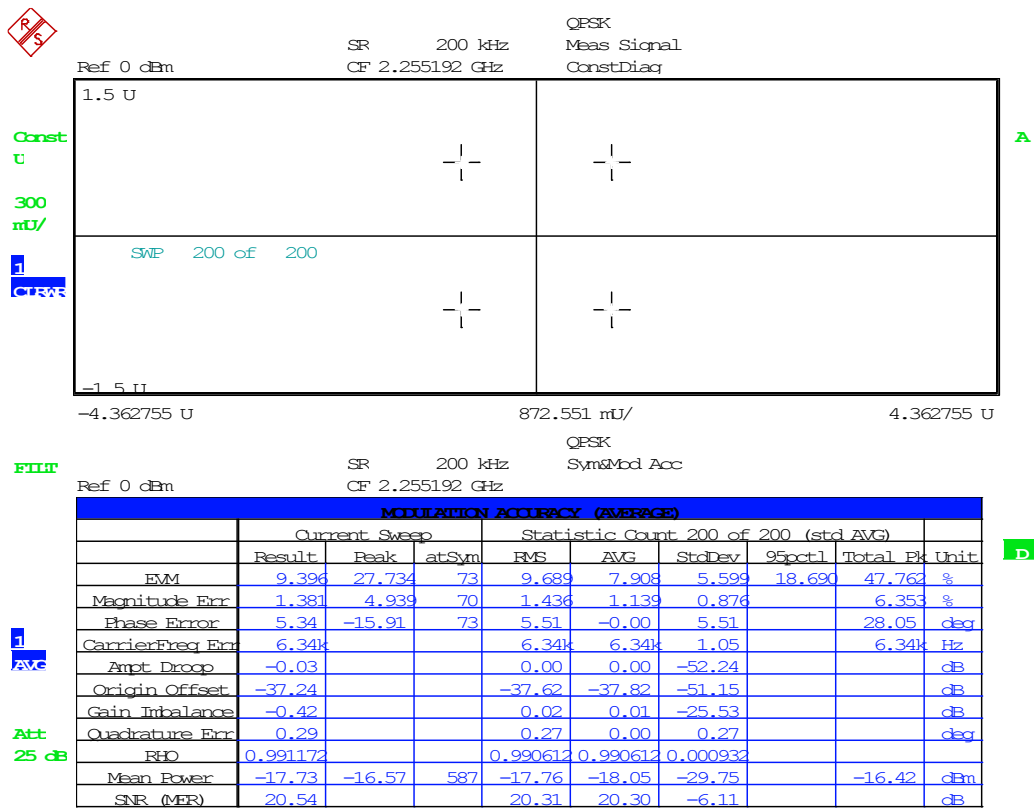
5.1.3.4.1. Modo de baixa taxa (25kbps)



Date: 22.NOV.2011 13:35:02

Medidas Vetoriais	Medida	Espec.
EVM (% rms)	9.19	NA
Desbalanceamento de amplitude (dB)	0.53	0.2
Desbalanceamento de fase (° rms)	0.27	2

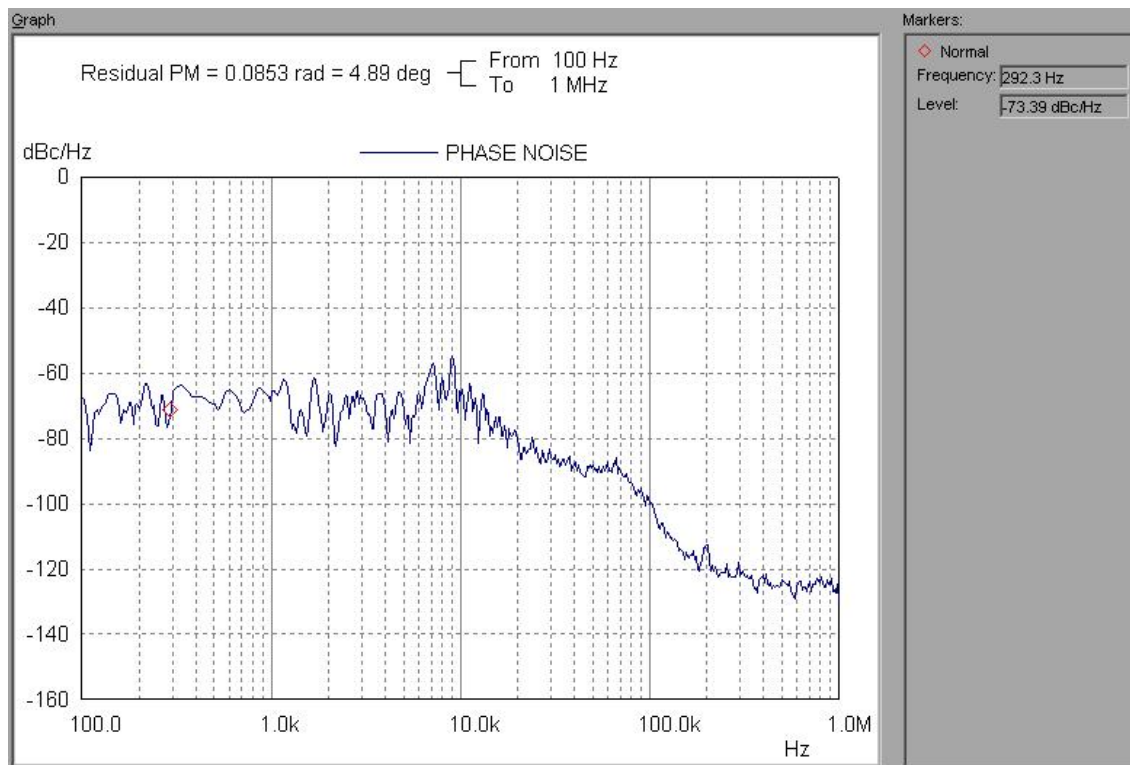
5.1.3.4.2. Modo de alta taxa (200kbps)



Date: 22.NOV.2011 13:30:42

Medidas Vetoriais	Medida	Espec.
EVM (% rms)	9.68	NA
Desbalanceamento de amplitude (dB)	0.42	0.2
Desbalanceamento de fase (° rms)	0.27	2

5.1.3.5. Ruído de fase



Ruído de Fase SSB (°)	Medida (°)	Espec. (°)
100Hz a 1 MHz	4.89	< 5

5.1.3.6. Interface com a placa do módulo de comunicação (OBC)

5.1.3.6.1. Teste espectral da cadeia de telemetria

Este teste tem por objetivo simular a cadeia de telemetria utilizando uma placa geradora de bits baseada no microcontrolador 8051. Neste caso particular, a placa gera uma sequência padrão de bits (AAAAh) e o clock em baixa taxa com leve desvio ($\cong 25.6\text{kbps}$), que alimentarão as entradas de dados e clock diferenciais do transmissor EW-C10000. Ainda por se tratar de um teste de interface experimental, este ensaio foi restringido ao uso do transponder modelo de engenharia (ME). Segue o procedimento do teste realizado:

- Conectar o cabo “SMA-2” na saída do diplexer do transponder EW-C10000 e na entrada do diplexer do rack de integração - localizado na interface de comunicação com o transponder (ELTA), no ponto RF IN/OUT;
- Conectar o cabo “SMA-3” na saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD TX, e na entrada do analisador de espectro do rack de integração, seguido de um atenuador de 20dB;
- Conectar o cabo tipo BNC na entrada DATA BER, localizada no módulo de interface digital (ELTA), na sessão ON BOARD TX, e as outras duas extremidades do cabo, ligar na saída DATA da placa geradora de bits, e em seu respectivo referencial negativo (GND);
- Conectar o cabo tipo BNC na entrada CLOCK BER, localizada no módulo de interface digital (ELTA), na sessão ON BOARD TX, e as outras duas extremidades do cabo, ligar na saída CLOCK da placa geradora de bits, e em seu respectivo referencial negativo (GND);
- No módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD TX, ajustar o atenuador de “passo 10” (0-70dB) na posição “70dB” e o atenuador de “passo 1” (0-11dB) na posição “10dB”;
- Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analisador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	-	1	3	23	1

- Abrir o programa RXTX TEST de acordo com a configuração mostrada a seguir, em seguida, enviar o comando *Test*:

The image shows a software window titled 'RXTX TEST'. It is divided into two sections: 'RX' and 'TX'. Each section contains three input fields: 'Repeat' (set to 10), 'Delay (ms)' (set to 200), and 'Port' (a dropdown menu). In the RX section, the Port is set to 2. In the TX section, the Port is set to 1.

- Alimentar o transmissor utilizando a fonte do rack de integração com uma tensão de 28V, em seguida, aguardar o período de aquecimento do oscilador OCXO interno do transmissor (*clock waiting*);
- Acionar o software da placa geradora de bits;
- Utilizando o programa RXTX TEST, enviar o comando *Low Rate* para o transmissor.

Obtém-se desta forma o espectro na saída do transmissor, considerando a transmissão de uma portadora modulada pela placa geradora de bits em baixa taxa, com leve desvio de clock ($\cong 25.6\text{kbps}$), como mostra a Fig. 26.

- Desconectar o cabo “SMA-3” da saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD TX, e conectá-lo na saída DOWN CONVERTER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão DOWN CONVERTER.
- Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	6	1	3	11	1

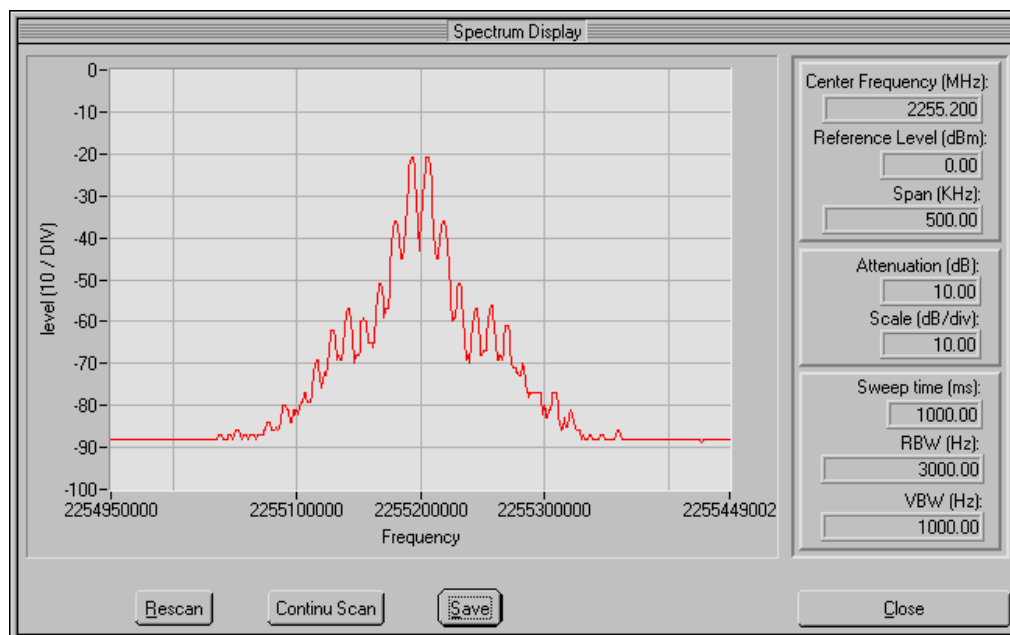


Fig. 26. Espectro na saída do transmissor, considerando o padrão de bits AAAAh.

Obtém-se desta forma o espectro na saída do *down converter* (entrada do receptor de telemetria do rack de integração), considerando a transmissão de uma portadora modulada pela placa geradora de bits em baixa taxa, com leve desvio de clock (25.6kbps), como mostra a Fig. 27.

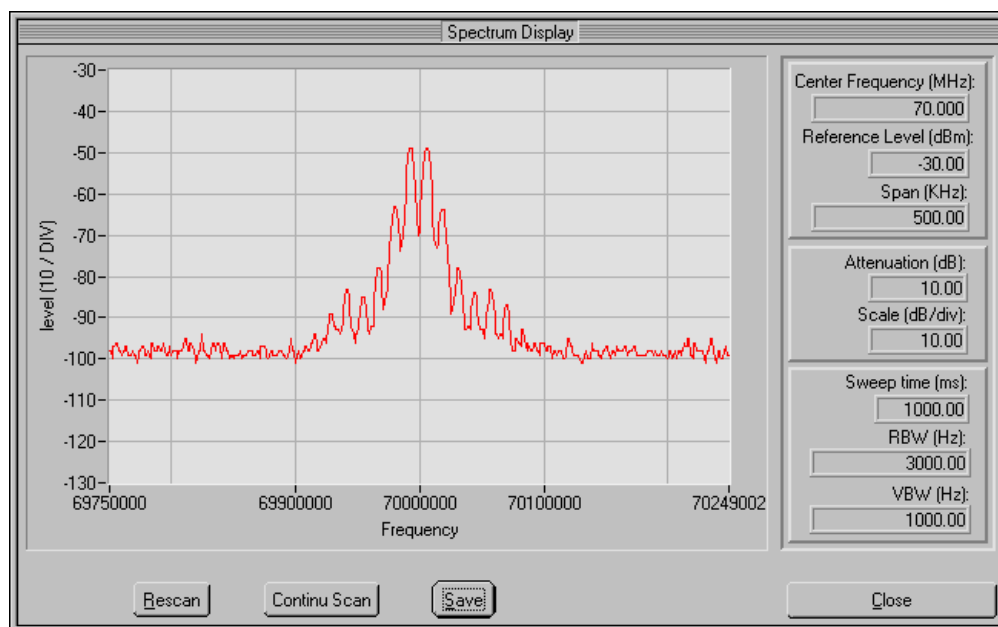


Fig. 27. Espectro na saída do down converter, considerando o padrão de bits AAAAh.

5.1.3.6.2. Verificação dos dados gerados (OBC)

A seguir são descritos os testes realizados a fim de verificar a integridade dos dados recebidos na cadeia de telemetria, considerando o modo de baixa taxa do transmissor ($\cong 25.6\text{kbps}$ – frequência do clock gerado pela placa do OBC). Neste caso particular, toma-se o uso do programa *DigRec Recorder*, destinando a “Via 1” para registro dos dados gerados pela placa (entrada do transmissor) e a “Via 2” para registro dos dados demodulados pelo receptor de telemetria do rack de integração. Com o auxílio das facilidades do programa *DigRec Recorder* pode-se verificar os dados recebidos por ambas as vias. Maiores detalhes para auxílio deste procedimento de teste (p.ex. confecção da cablagem necessária e utilização do programa *DigRec Recorder*), podem ser encontrados no Anexo D. Segue o procedimento de teste realizado:

- Conectar o cabo serial (DB-15) referente a “Via 1” da placa de registro de dados do computador, no barramento de dados do transmissor (cabo J4);
- Conectar o cabo serial (DB-15) referente a “Via 2” da placa de registro de dados do computador, na saída do receptor de telemetria do rack de integração (cabo especial);
- Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	-	1	1	-	1

- Abrir o programa *Enregistreur* e configurar os parâmetros de acordo com a configuração mostrada a seguir:

The screenshot shows the 'Enregistreur' software interface with two channel configurations, Voie 1 and Voie 2. Each channel has a 'Données' (Data) section and a 'Horloge' (Clock) section. For Voie 1, 'Données' is set to 'normales' and 'Horloge' is set to 'descendante'. For Voie 2, 'Données' is set to 'normales' and 'Horloge' is set to 'descendante'. Both channels have a 'Fréquence' (Frequency) of 25.6 kHz and a 'Taille' (Size) of 128 Octets. The 'On' radio button is selected for both channels.

- Enviar o comando *Enregistreur* e aguardar o término da aquisição dos dados em ambas as vias;
- Enviar o comando *Visualiser*.

Obtém-se desta forma os dados recebidos em ambas as vias, como mostra a Fig. 28.

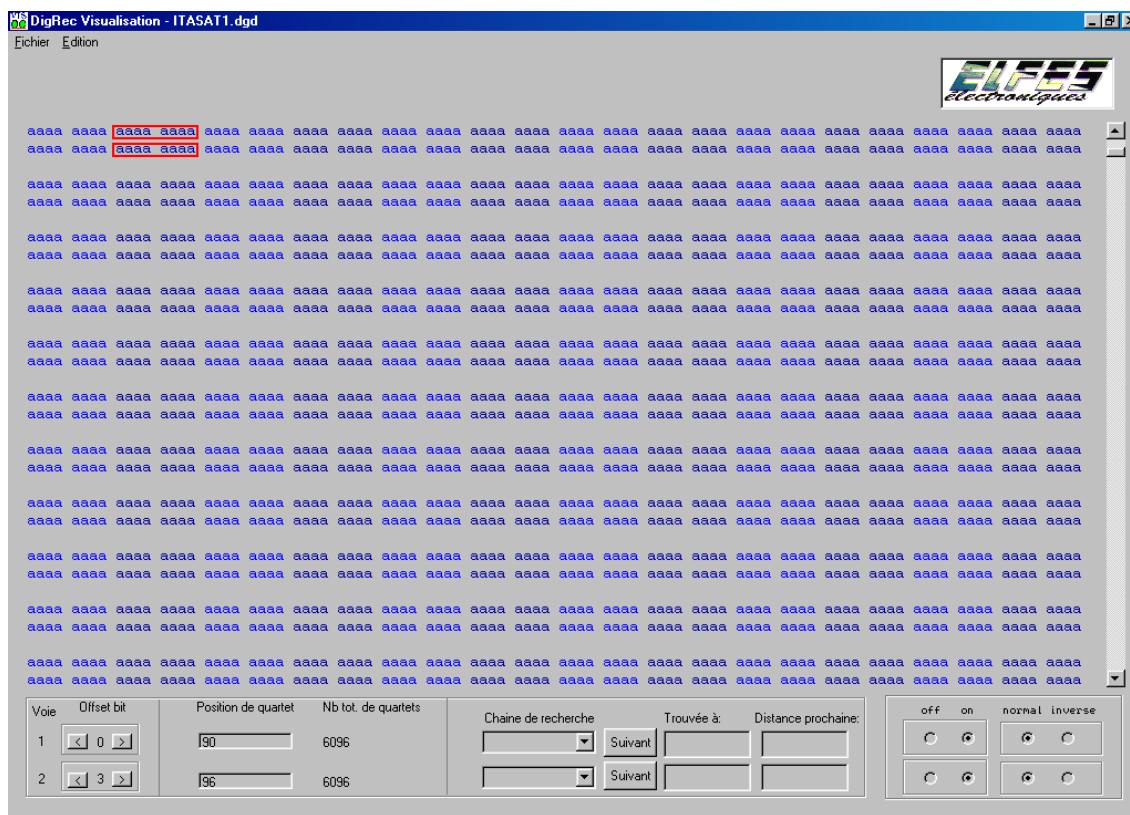


Fig. 28. Dados gerados pela placa geradora de bits, recebidos pelo DigRec Recorder.

5.2. Cadeia de telecomando

5.2.1. Testes espectrais

Os testes a seguir visam obter o espectro na entrada do receptor e na saída do oscilador OCXO de referência do receptor (10MHz); considerando o caso único de uma portadora modulada na taxa de 20kbps. Neste caso particular, o gerador de sinais do rack de integração atua como uma estação terrena que envia o sinal RF com os dados codificados.

5.2.1.1. Espectro do sinal de telecomando

Segue o procedimento de teste realizado:

- Conectar o cabo “SMA-2” na saída do diplexer do transponder EW-C10000 e na entrada do diplexer do rack de integração - localizado na interface de comunicação com o transponder (ELTA), no ponto RF IN/OUT;
- Conectar o cabo “SMA-5” na saída do gerador de sinais do rack de integração, e na entrada SIGNAL GENERATOR, localizada no módulo de interface banda-S, na sessão ON BOARD RX;
- Conectar o cabo “SMA-3” na saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD RX, e na entrada do analisador de espectro do rack de integração;
- Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Analisador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	11	1	1

- Alimentar o receptor utilizando a fonte do rack de integração com uma tensão de 28V, em seguida, aguardar o período de aquecimento do oscilador OCXO interno do transmissor (*clock waiting*);
- Acionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;

- Acionar o botão RF ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;

Obtém-se desta forma o espectro na entrada do receptor, considerando a transmissão de uma portadora modulada com uma taxa de 20kbps, como mostra a Fig. 29.

Nota: Utilizando o programa RXTX TEST, pode-se verificar o status de funcionamento do receptor.

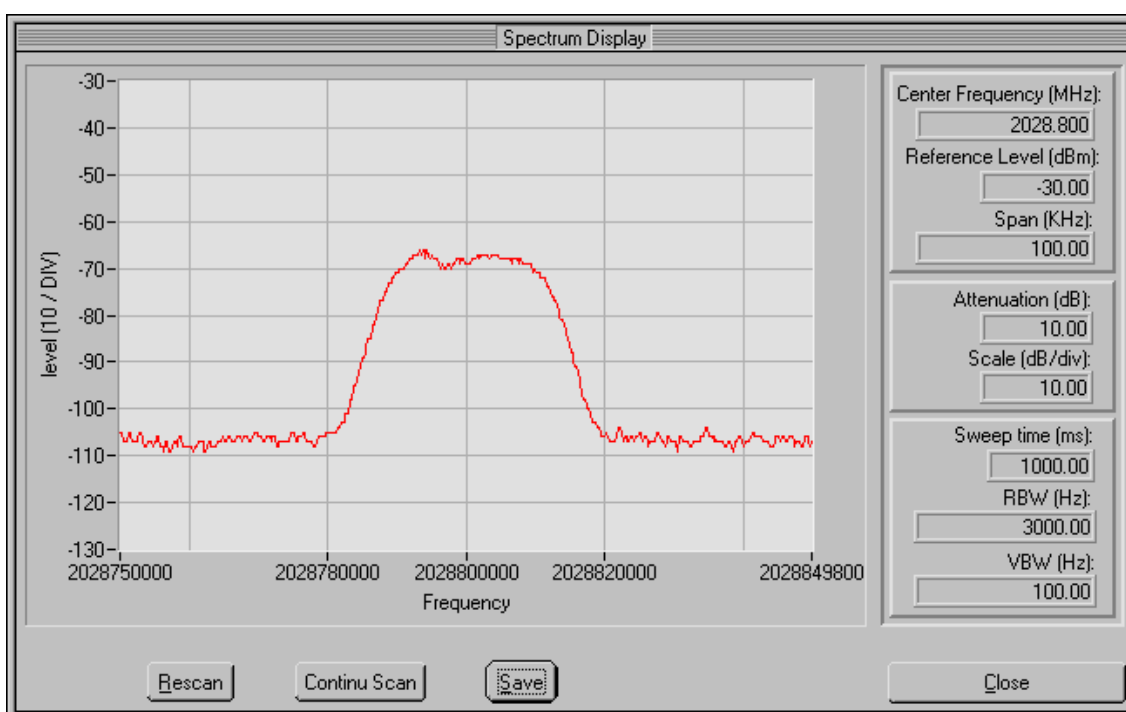


Fig. 29. Espectro do telecomando do transponder EM, 20kbps.

5.2.1.2. Oscilador OCXO de referência (receptor)

Segue o procedimento de teste

- Desconectar o cabo “SMA-3” da saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD RX, e conectá-lo diretamente na saída do oscilador OCXO de referência do receptor, seguido de um atenuador de 20dB;
- Configurar o analisador de espectro do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A:

Equipamentos	Analisador de Espectro
Configuração	8

Obtém-se desta forma o espectro na saída do oscilador OCXO de referência do receptor (10MHz), como mostra a Fig. 30.

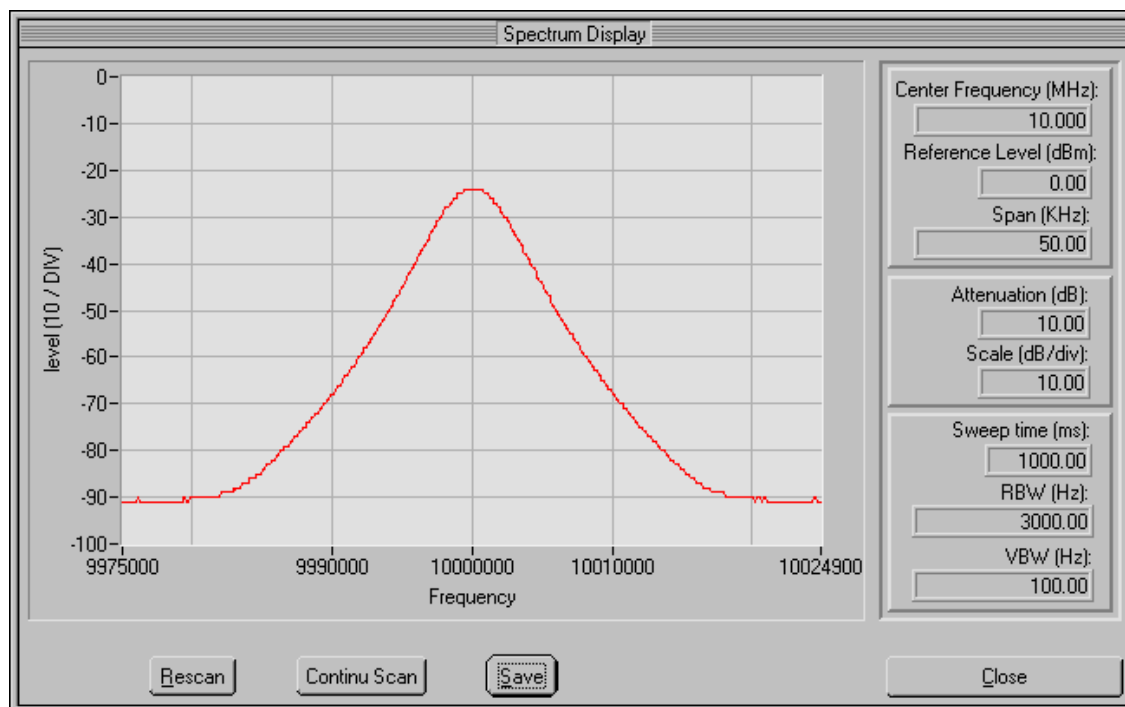


Fig. 30. Espectro do oscilador OCXO de referência do receptor (10MHz).

5.2.1.3. Harmônicos do oscilador OCXO de referência (receptor)

Segue o procedimento de teste

- Configurar o analisador de espectro do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Analisador de Espectro
Configuração	9

Obtém-se desta forma o espectro dos harmônicos na saída do oscilador OCXO de referência do receptor (10MHz), como mostra a Fig. 31.

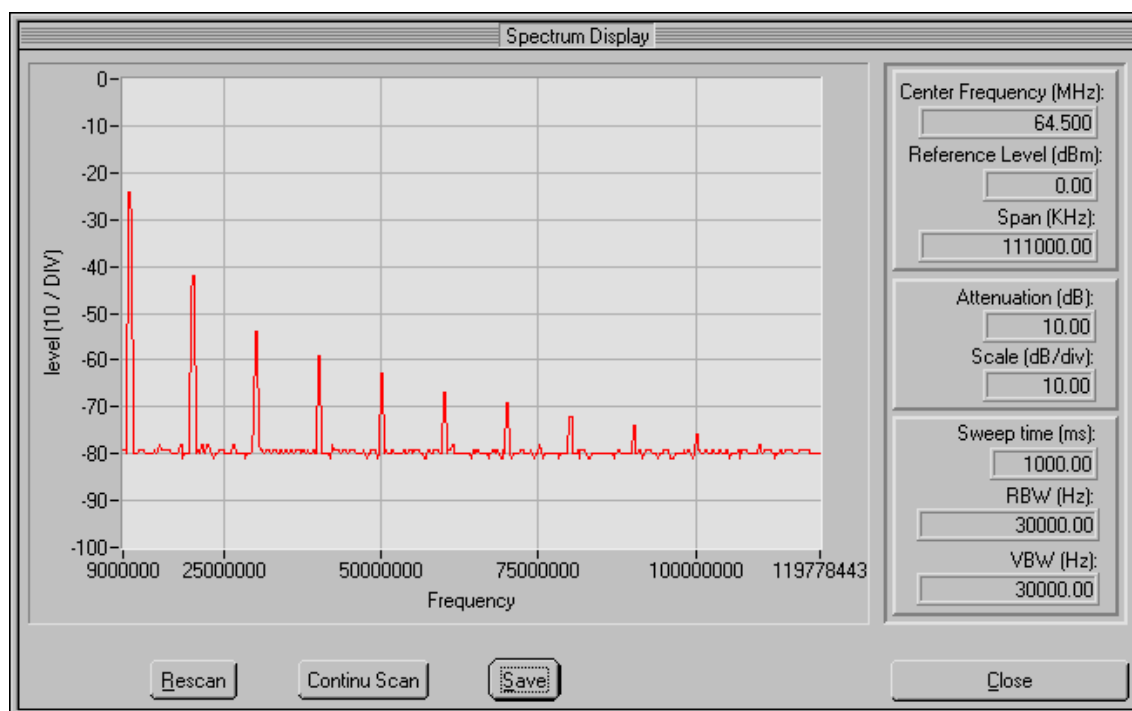


Fig. 31. Espectro dos harmônicos do oscilador OCXO de referência do receptor (10MHz).

5.2.2. Verificação dos dados

A seguir, descreve-se o procedimento de teste realizado com o intuito de verificar os dados demodulados pelo receptor. Neste caso particular, o gerador de sinais do rack de integração atua como uma estação terrena, enviando uma sequência de 512 bits (*data list* “DLIST02”) que se repete a uma taxa de 20kbps, considerada neste como uma sequência já codificada. Na saída do receptor, os dados demodulados devem apresentar um padrão de mensagem com tamanho igual a 256 bits, uma vez que o decodificador (algoritmo de Viterbi) reduz o tamanho da mensagem à metade por meio da extração dos bits de redundância. Novamente, toma-se o uso do programa *DigRec Recorder*, considerando, neste caso, somente a “Via 2” para registro dos dados demodulados pelo receptor. Com o auxílio das facilidades do programa *DigRec Recorder* é possível verificar a existência de um padrão na mensagem decodificada. Maiores detalhes para auxílio deste procedimento de teste (p.ex. confecção da cablagem necessária e utilização do programa *DigRec Recorder*), podem ser encontrados no Anexo D. Segue o procedimento de teste realizado:

- Desacionar o botão RF ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração. O transmissor deve entrar em modo de espera (*clock waiting*);
- Conectar o cabo serial (DB-15) referente a “Via 2” da placa de registro de dados do computador, no barramento de dados do receptor (cabo J3);
- Configurar o gerador de sinais do rack de integração de acordo com:

Equipamentos	Gerador de Sinais
Configuração	12

- Acionar o botão RF ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;
- Abrir o programa *Enregistreur* e configurar os parâmetros de acordo com a configuração mostrada a seguir:

The image shows the configuration window for the DigRec Recorder. It is divided into two sections, Voie 1 and Voie 2. Each section has a 'Données' (Data) group with 'normales' and 'inversées' options, and a 'Horloge' (Clock) group with 'montante' and 'descendante' options. There are also input fields for 'Fréquence' (Frequency) in kHz and 'Taille' (Size) in Octets. In Voie 1, the frequency is empty and the size is empty. In Voie 2, the frequency is set to 20 kHz and the size is set to 128 Octets. The 'On' radio button is selected for both channels.

- Enviar o comando *Enregistreur* e aguardar o término da aquisição dos dados em ambas as vias;
- Enviar o comando *Visualiser*.

Obtém-se desta forma os dados demodulados pelo receptor através da “Via 2” (Fig. 32).

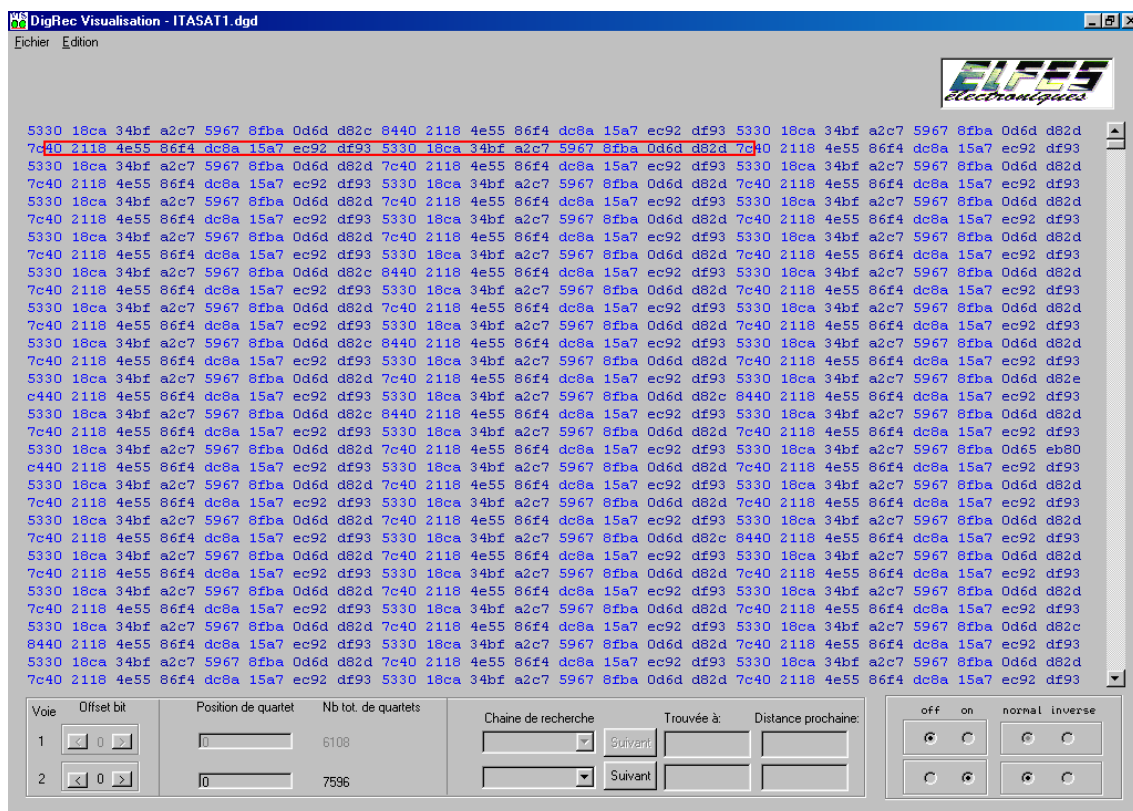


Fig. 32. Dados recebidos pelo DigRec Recorder na cadeia de telecomando, 20kbps, EM.

6. TESTES COM O TRANSPONDER (MV-20)

Esta sessão visa abordar os resultados e procedimentos dos testes realizados com o transponder modelo de voo (MV-20), considerando as cadeias de telecomando (RX) e telemetria (TX), sendo a última nos modos de operação de alta taxa (200kbps) e baixa taxa (25kbps). Os procedimentos dos testes realizados são descritos a seguir de maneira seqüencial.

6.1. Cadeia de telemetria

6.1.1. Testes espectrais

Os procedimentos dos testes descritos a seguir visam primeiramente obter os espectros na saída do transmissor, na saída do *down converter* (entrada do receptor de telemetria do rack de integração) e na saída do oscilador OCXO de referência do transmissor (10MHz). Estes procedimentos incluem os casos de transmissão de uma portadora modulada em alta taxa (200kbps) e baixa taxa (25kbps), assim como a transmissão de uma portadora pura (CW).

6.1.1.1. Portadora modulada em alta taxa (*high rate*)

Segue o procedimento realizado para este teste:

- Conectar o cabo “SMA-2” na saída do diplexer do transponder EW-C10000 e na entrada do diplexer do rack de integração - localizado na interface de comunicação com o transponder (ELTA), no ponto RF IN/OUT;
- Conectar o cabo “SMA-3” na saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD TX, e na entrada do analisador de espectro do rack de integração, seguido de um atenuador de 20dB;
- Conectar o cabo tipo BNC na saída DATA, localizada no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração, e na entrada DATA BER, localizada no módulo de interface digital (ELTA), na sessão ON BOARD TX;
- Conectar o cabo BNC na saída CLOCK, localizada no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração, e na entrada CLOCK BER, localizada no módulo de interface digital (ELTA), na sessão ON BOARD TX;

- No módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD TX, ajustar o atenuador de “passo 10” (0-70dB) na posição “60dB” e o atenuador de “passo 1” (0-11dB) na posição “0dB”;

Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	5	1	1	10	1

- Abrir o programa RXTX TEST de acordo com a configuração mostrada a seguir, em seguida, enviar o comando *Test*:

The image shows a screenshot of the RXTX TEST software interface. It consists of two main panels, RX and TX, each with three input fields: Repeat, Delay (ms), and Port. The RX panel has Repeat set to 10, Delay (ms) set to 200, and Port set to 2. The TX panel has Repeat set to 10, Delay (ms) set to 200, and Port set to 1. The interface is a simple graphical user interface with a light gray background and black text.

- Alimentar o transmissor utilizando a fonte do rack de integração com uma tensão de 28V, em seguida, aguardar o período de aquecimento do oscilador OCXO interno do transmissor (*clock waiting*);
- Acionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;
- Utilizando o programa RXTX TEST, enviar o comando *High Rate* para o transmissor.

Obtém-se desta forma o espectro na saída do transmissor, considerando a transmissão de uma portadora modulada em alta taxa (200kbps), como mostra a Fig. 33.

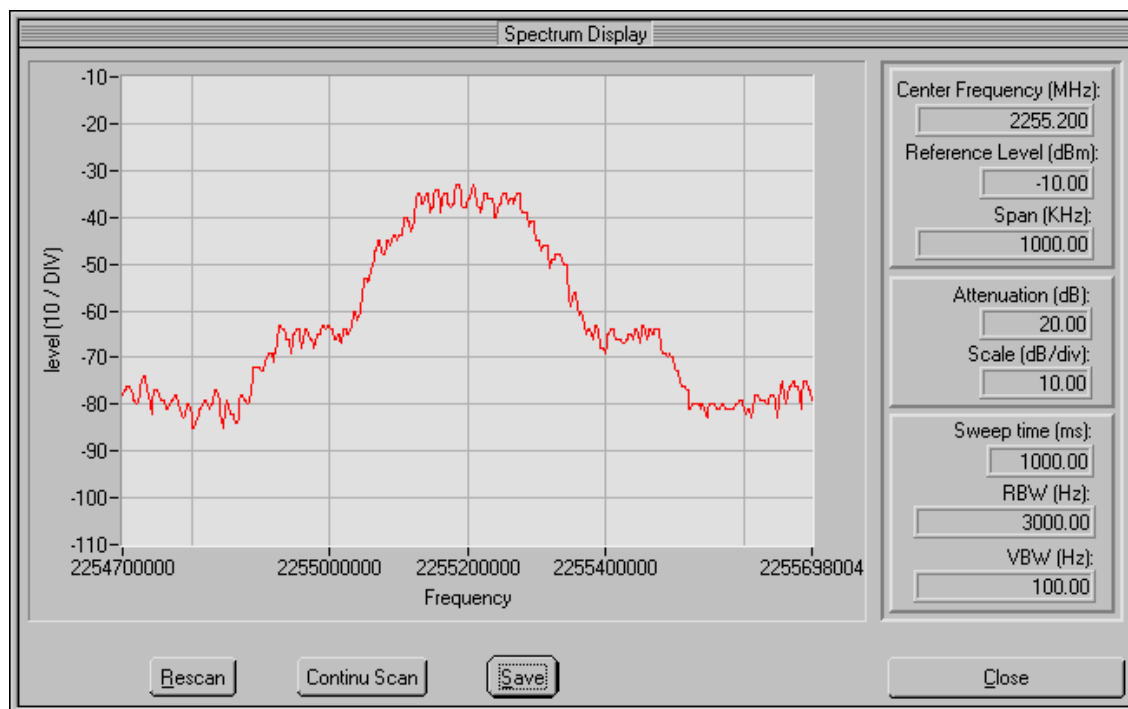


Fig. 33. Espectro da telemetria do transponder MV-20, 200kbps.

- Desconectar o cabo "SMA-3" da saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD TX, e conectá-lo na saída DOWN CONVERTER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão DOWN CONVERTER.
- Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	6	1	2	11	1

Obtém-se desta forma o espectro na saída do *down converter* (entrada do receptor de telemetria do rack de integração), considerando a transmissão de uma portadora modulada em alta taxa (200kbps), como mostra a Fig. 34.

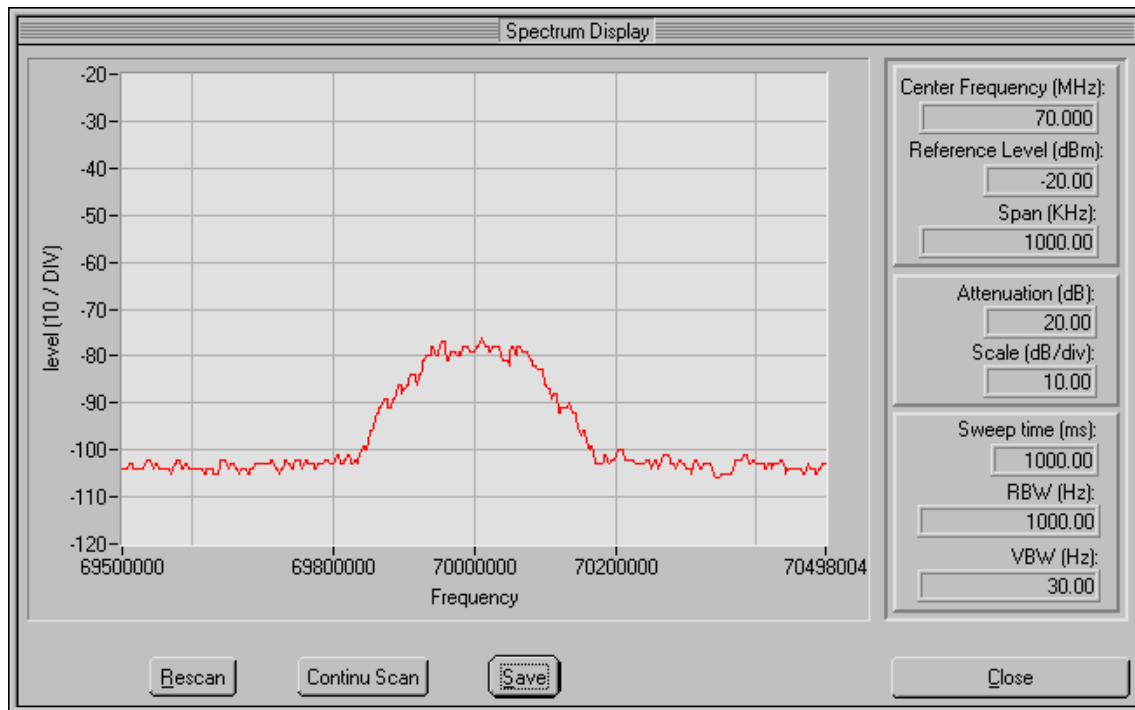


Fig. 34. Espectro da telemetria do transponder MV-20 na saída do DC, 200kbps.

6.1.1.2. Portadora modulada em baixa taxa (*low rate*)

Segue o procedimento realizado para este teste:

- Desacionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração. O transmissor deve entrar em modo de espera (*clock waiting*);
- Desconectar o cabo “SMA-3” da saída DOWN CONVERTER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão DOWN CONVERTER, e conectá-lo à saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na saída ON BOARD TX, seguido de um atenuador de 20dB;
- Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	6	1	2	12	1

- Acionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;
- Utilizando o programa RXTX TEST, enviar o comando *Low Rate* para o transmissor.

Obtém-se desta forma o espectro na saída do transmissor, considerando a transmissão de uma portadora modulada em baixa taxa (25kbps), como mostra a Fig.35.

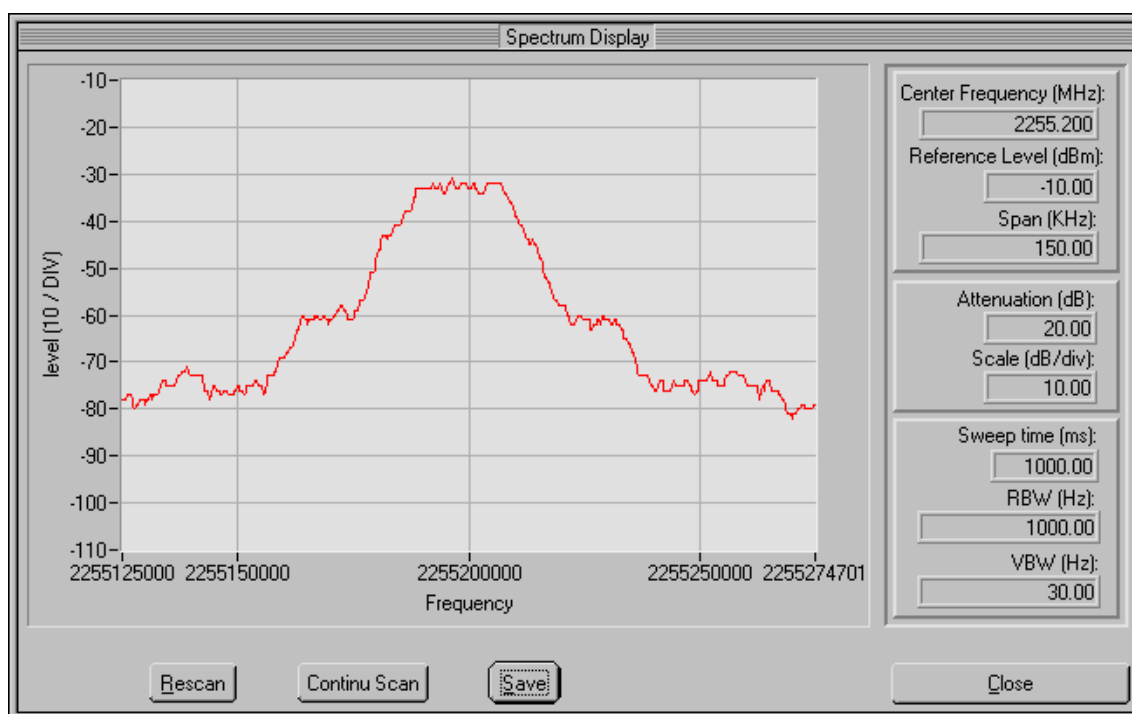


Fig. 35. Espectro da telemetria do transponder MV-20, 25kbps.

- Desconectar o cabo "SMA-3" da saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD TX, e conectá-lo na saída DOWN CONVERTER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão DOWN CONVERTER.
- Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	6	1	2	13	1

Obtém-se desta forma o espectro na saída do *down converter* (entrada do receptor de telemetria do rack de integração), considerando a transmissão de uma portadora modulada em baixa taxa (25kbps), como mostra a Fig. 36.

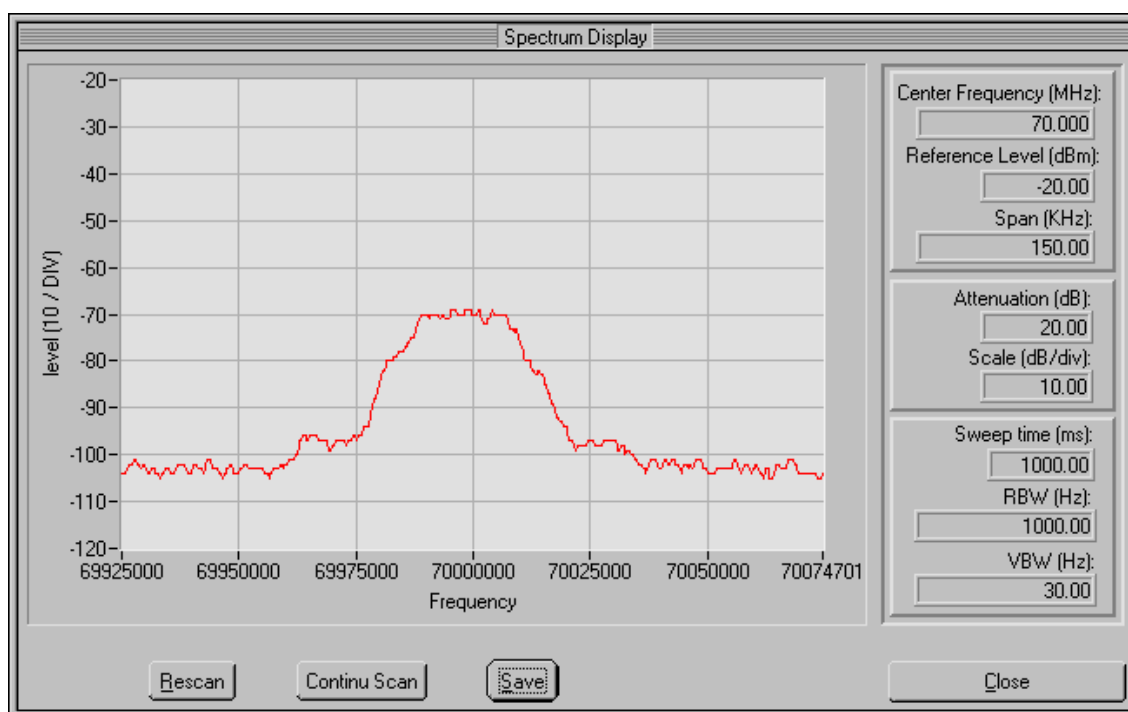


Fig. 36. Espectro da telemetria do transponder MV-20 na saída do DC, 25kbps.

6.1.1.3. Portadora pura (CW)

Segue o procedimento realizado para este teste:

- Desconectar o cabo “SMA-3” da saída DOWN CONVERTER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão DOWN CONVERTER, e conectá-lo à saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD TX, seguido de um atenuador de 20dB;

Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	6	1	-	10	1

- Utilizando o programa RXTX, enviar o comando CW para o transmissor.

Obtém-se desta forma o espectro na saída do transmissor, considerando a transmissão de uma portadora pura (CW), como mostra a Fig. 37.

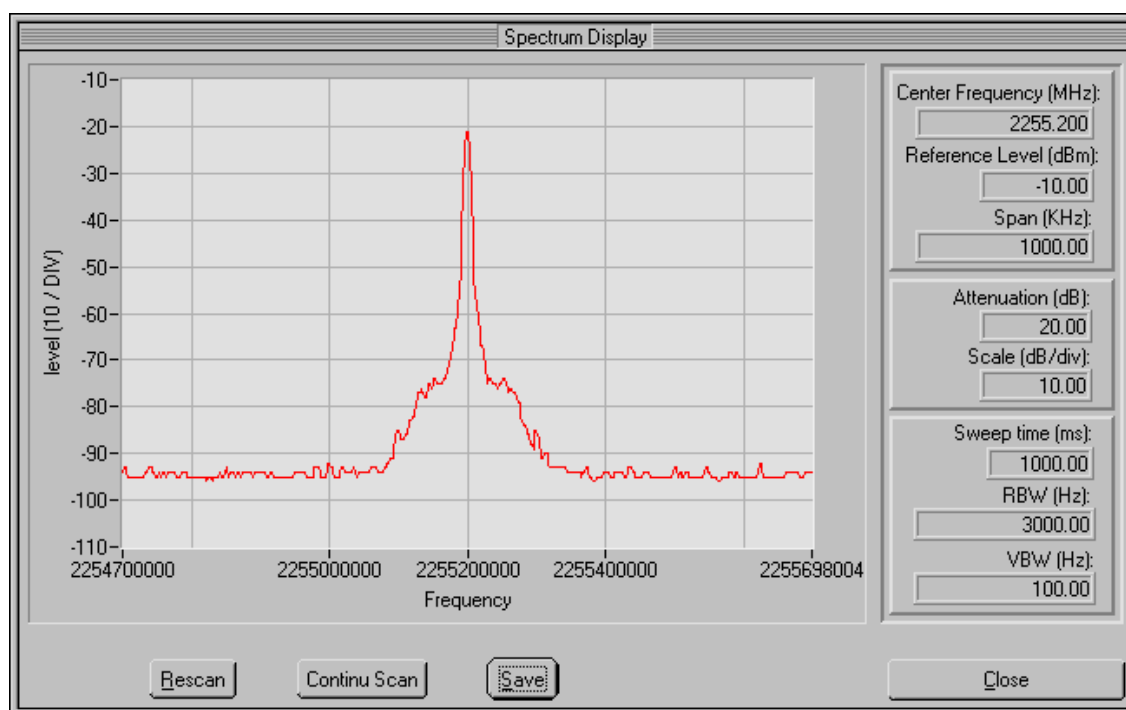


Fig. 37. Espectro da telemetria do transponder EM, portadora pura (CW).

6.1.1.4. Oscilador OCXO de referência (transmissor)

Segue o procedimento realizado para este teste:

- Desconectar o cabo “SMA-3” da saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD TX, e conectá-lo diretamente na saída do oscilador OCXO de referência do transmissor, seguido de um atenuador de 20dB;
- Configurar o analisador de espectro do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Analisador de Espectro
Configuração	14

Obtém-se desta forma o espectro na saída do oscilador OCXO de referência do transmissor (10MHz), como mostra a Fig. 38.

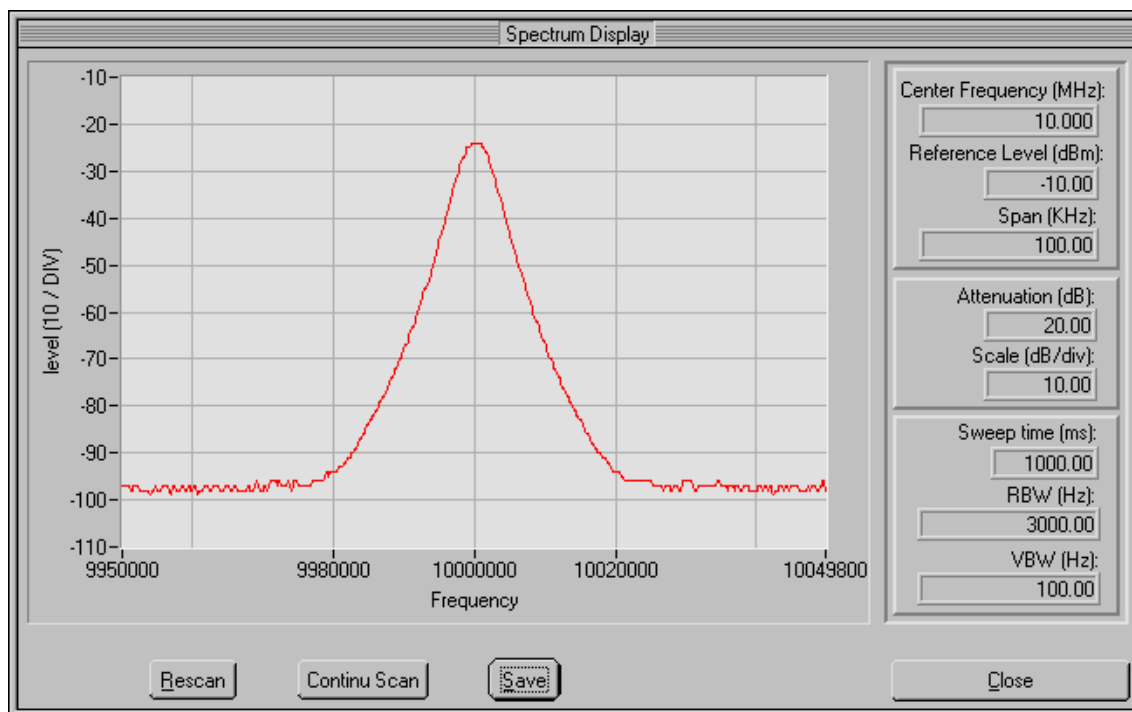


Fig. 38. Espectro do oscilador OCXO de referência do transmissor (10MHz).

6.1.1.5. Harmônicos do oscilador OCXO de referência (transmissor)

Segue o procedimento realizado para este teste:

- Configurar o analisador de espectro do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Analisador de Espectro
Configuração	15

Obtém-se desta forma o espectro dos harmônicos na saída do oscilador OCXO de referência do transmissor (10MHz), como mostra a Fig. 39.

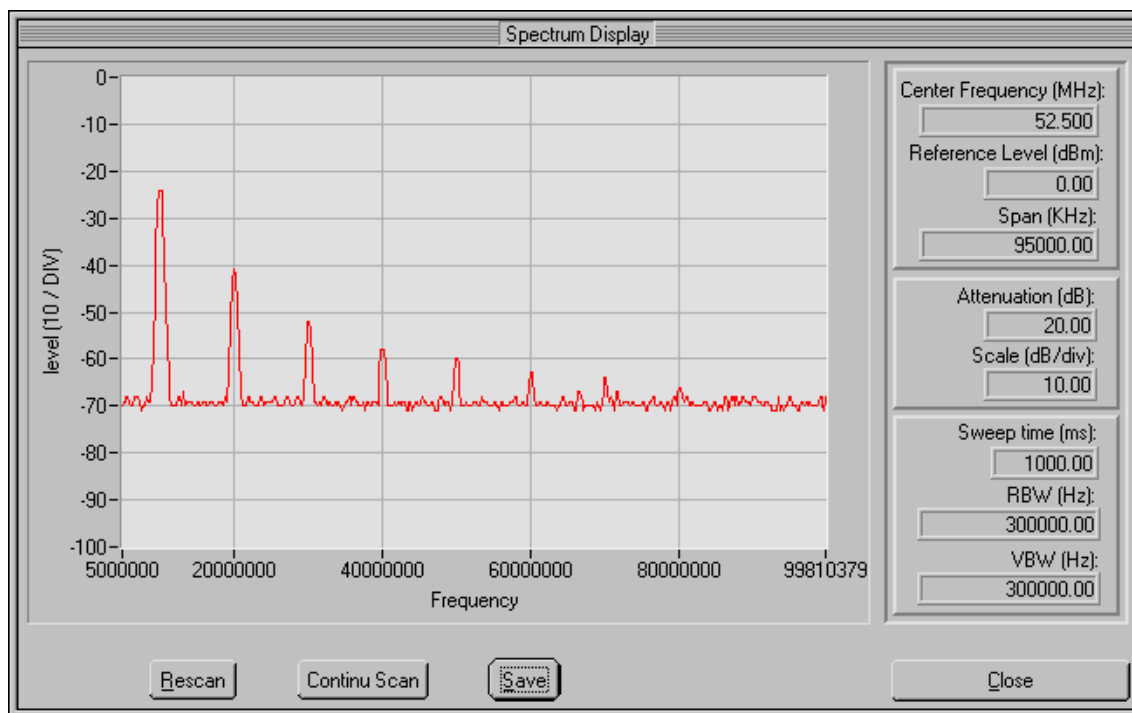


Fig. 39. Espectro dos harmônicos do oscilador OCXO de referência do transmissor (10MHz).

6.1.2. Verificação dos dados

A seguir são descritos os testes realizados a fim de verificar a integridade dos dados recebidos na cadeia de telemetria, considerando os modos de alta e baixa taxa do transmissor. Neste caso particular, toma-se o uso do programa *DigRec Recorder*, destinando a “Via 1” para registro dos dados gerados pelo gerador de sinais do rack de integração (entrada do transmissor), e a “Via 2” para registro dos dados demodulados pelo receptor de telemetria do rack de integração. Com o auxílio das facilidades do programa *DigRec Recorder* pode-se comparar os dados recebidos por ambas as vias. Maiores detalhes para auxílio deste procedimento de teste (p.ex. confecção da cablagem necessária e utilização do programa *DigRec Recorder*), podem ser encontrados no Anexo D.

6.1.2.1. Modo de alta taxa (*high rate*)

Segue o procedimento realizado para este teste:

- Desacionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração. O transmissor deve entrar em modo de espera (*clock waiting*);
- Conectar o cabo serial (DB-15) referente a “Via 1” da placa de registro de dados do computador, no barramento de dados do transmissor (cabo J4);
- Conectar o cabo serial (DB-15) referente a “Via 2” da placa de registro de dados do computador, na saída do receptor de telemetria do rack de integração (cabo confeccionado – ver Anexo D);
- Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	9	1	1	-	1

- Acionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;
- Abrir o programa *Enregistreur* e configurar os parâmetros de acordo com a configuração mostrada a seguir:

The screenshot shows the ITASAT1 configuration window. It has two main sections, Voie 1 and Voie 2. Each section has a 'Données' (Data) group with 'normales' (selected) and 'inversées' (inverted) radio buttons. A 'Horloge' (Clock) group has 'montante' (ascending) and 'descendante' (descending) radio buttons, with 'descendante' selected. To the right of each group are input fields for 'Fréquence' (Frequency) set to 200 kHz and 'Taille' (Size) set to 128 Octets. At the top of each section are 'On' and 'Off' radio buttons, with 'On' selected.

- Enviar o comando *Enregistreur* e aguardar o término da aquisição dos dados em ambas as vias;
- Enviar o comando *Visualiser*.

Obtém-se desta forma os dados recebidos em ambas as vias, como mostra a Fig. 40.

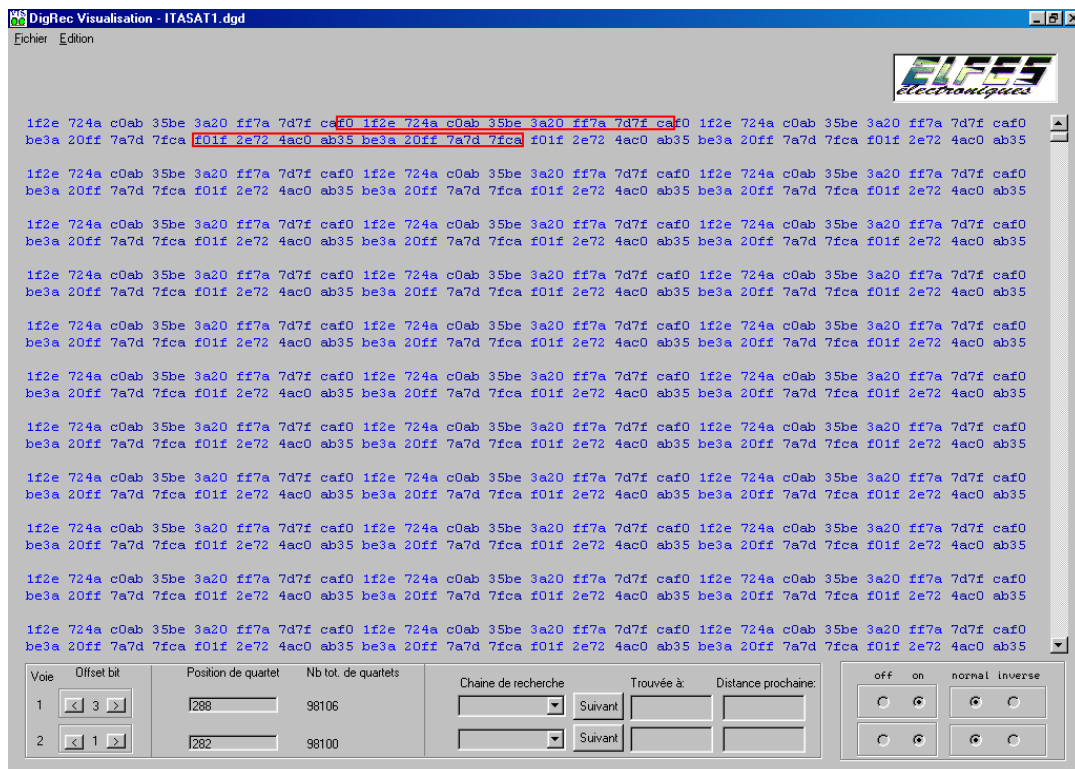


Fig. 40. Dados recebidos pelo DigRec Recorder na cadeia de telemetria, alta taxa, MV-20.

6.1.2.2. Modo de baixa taxa (*low rate*)

Segue o procedimento realizado para este teste:

- Desacionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração. O transmissor deve entrar em modo de espera (*clock waiting*);
- Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	10	1	2	-	1

- Acionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;
- Abrir o programa *Enregistreur* e configurar os parâmetros de acordo com a configuração mostrada a seguir:

The screenshot displays the 'Enregistreur' software interface, which is used for configuring data acquisition. It features two identical sections for 'Voie 1' and 'Voie 2'. Each section has a 'Voie' label, a 'On/Off' toggle (currently 'On'), and two main configuration areas: 'Données' and 'Horloge'. The 'Données' area includes radio buttons for 'normales' (selected) and 'inversées'. The 'Horloge' area includes radio buttons for 'montante' and 'descendante' (selected). To the right of these areas are input fields for 'Fréquence' (set to 25 kHz) and 'Taille' (set to 128 Octets).

- Enviar o comando *Enregistreur* e aguardar o término da aquisição dos dados em ambas as vias;

- Enviar o comando *Visualiser*.

Obtém-se desta forma os dados recebidos em ambas as vias, como mostra a Fig. 41.

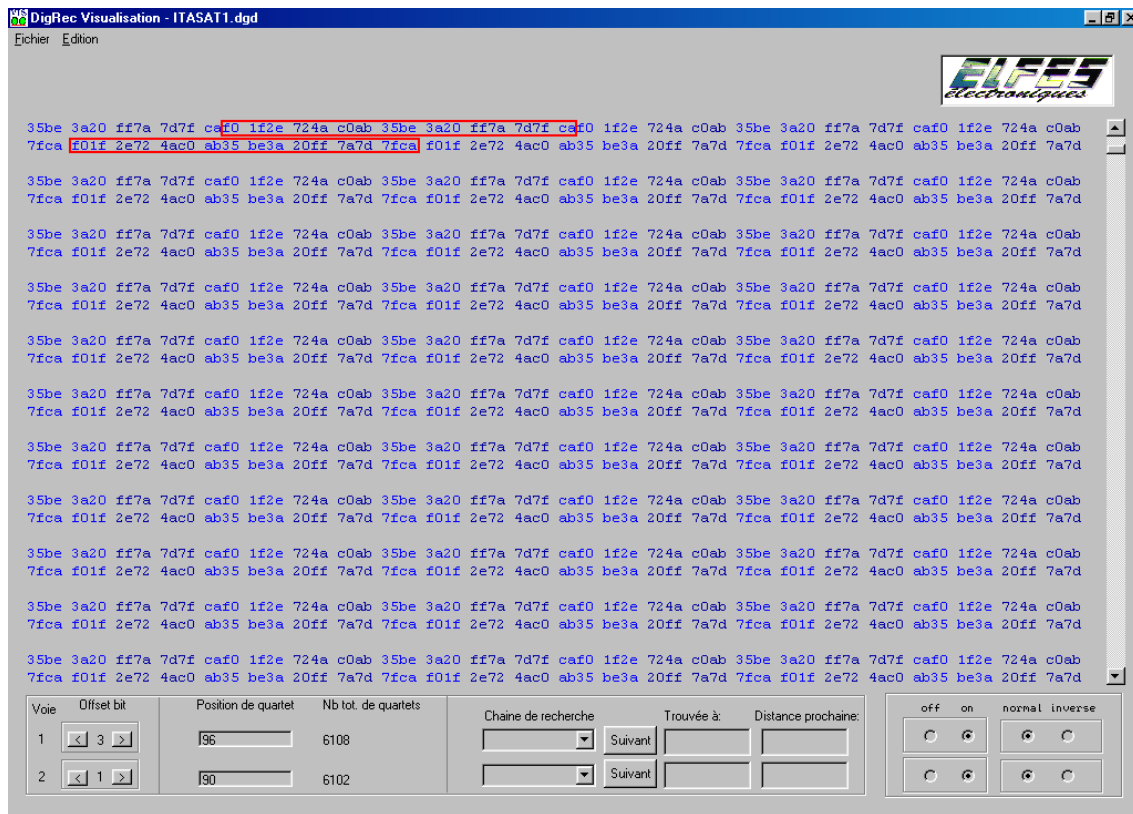


Fig. 41. Dados recebidos pelo DigRec Recorder na cadeia de telemetria, baixa taxa, MV-20.

- Desacionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração. O transmissor deve entrar em modo de espera (*clock waiting*);
- Desligar o transmissor diretamente na fonte de alimentação do rack de integração.

6.1.3. Testes complementares do transmissor

Os testes a seguir foram realizados com o auxílio do analisador de sinais FSQ-26 (Rohde & Schwarz), gentilmente disponibilizado pela Divisão de Eletrônica Aeroespacial do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DEA/INPE), com o intuito de caracterizar o transmissor do transponder modelo de engenharia mais completamente. A Fig. 42 mostra o diagrama com o setup montado para estes testes.

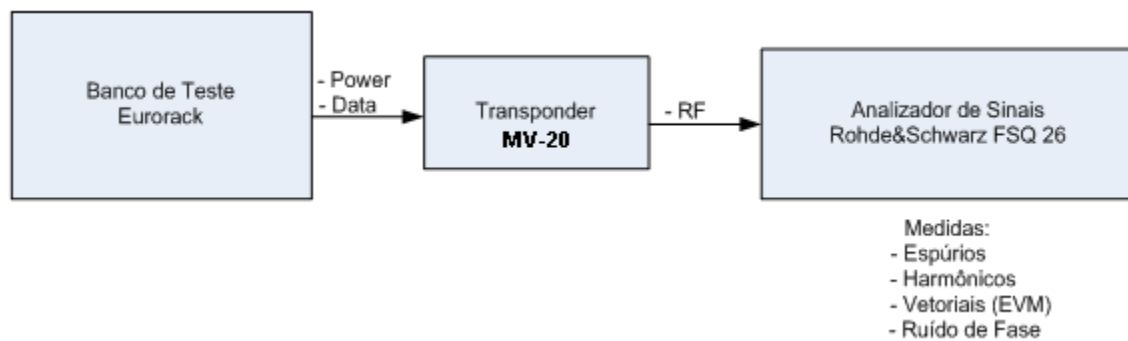
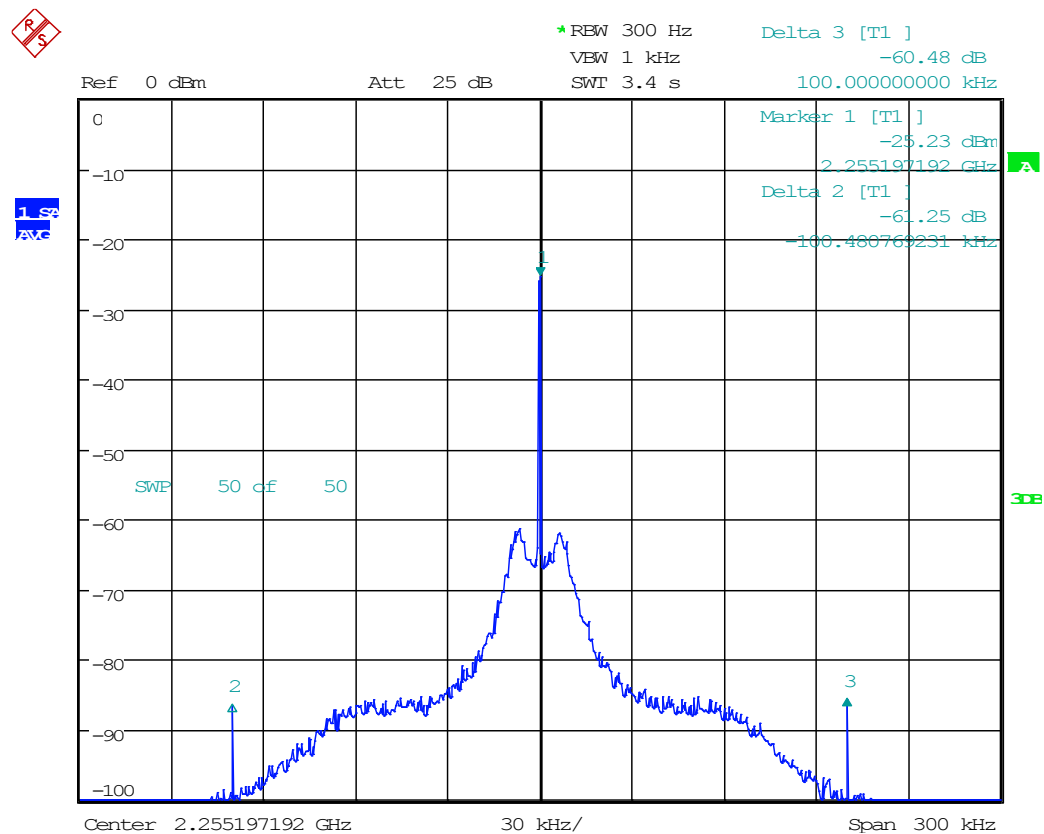


Fig. 42. Diagrama de blocos para os testes complementares do transmissor MV-20.

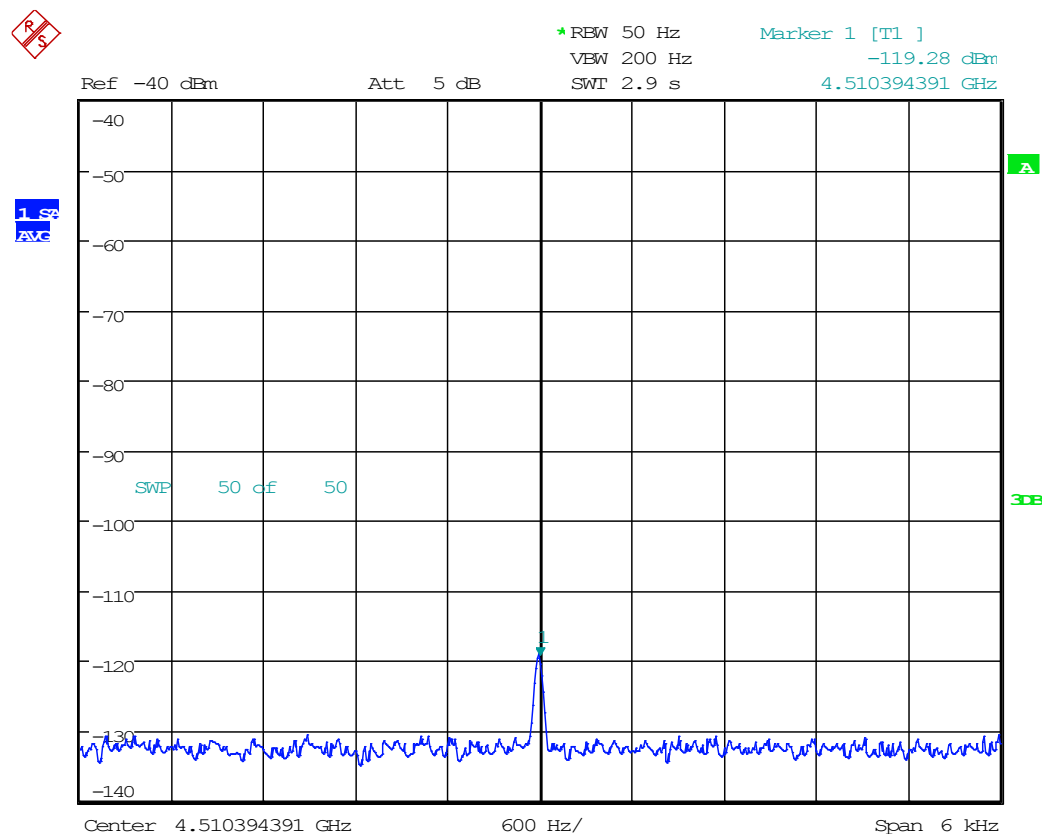
6.1.3.1. Medida de espúrios



Date: 23.NOV.2011 19:57:51

Frequência (MHz)	Espúrios (dBc)	Espec. (dBc)
2.255GHz +/- 100 kHz	61.25dBc	> 60 dBc

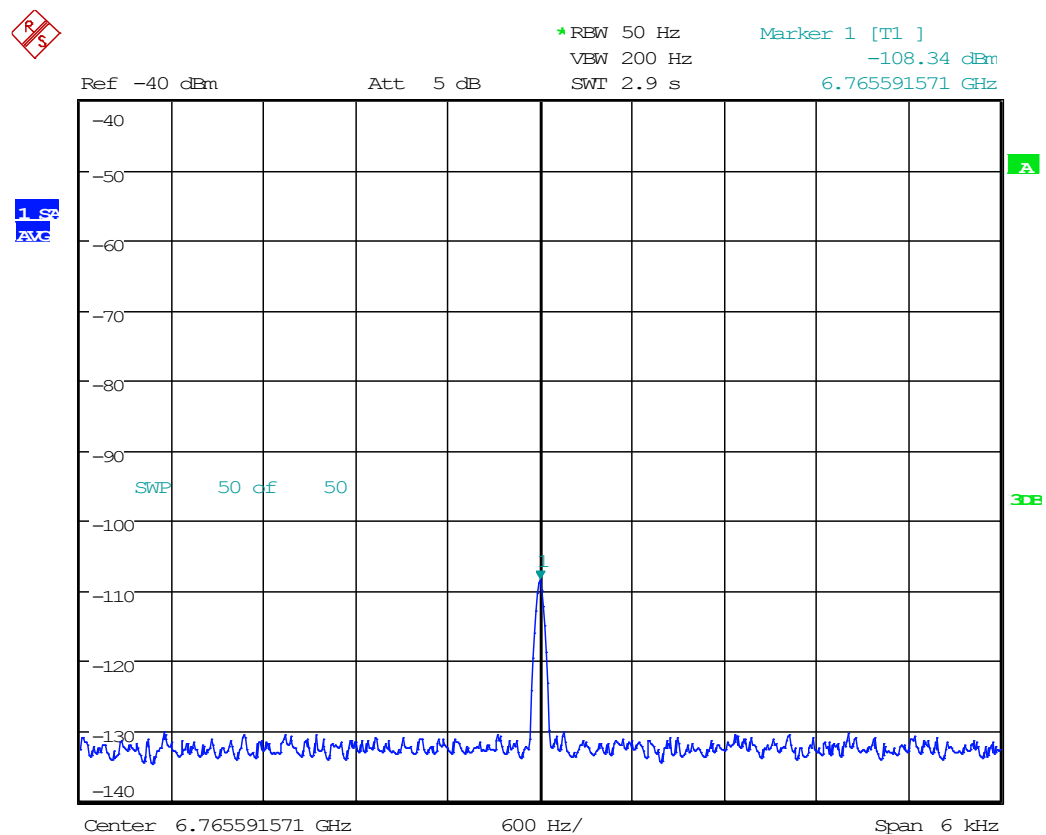
6.1.3.2. Medida do segundo harmônico



Date: 23.NOV.2011 19:48:52

Frequência (MHz)	Espúrios (dBc)	Espec. (dBc)
4.510GHz	>70dBc	> 60 dBc

6.1.3.3. Medida do terceiro harmônico

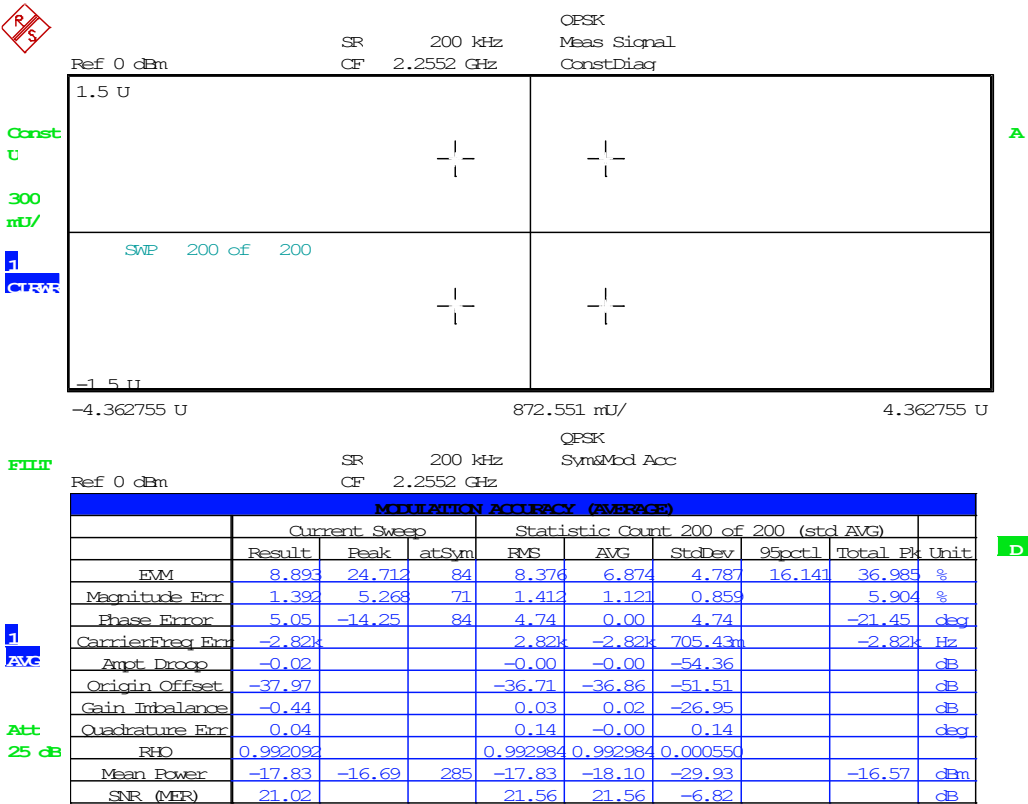


Date: 23.NOV.2011 19:52:22

Frequência (MHz)	Espúrios (dBc)	Espec. (dBc)
6.765GHz	>70dBc	> 60 dBc

6.1.3.4. Medidas vetoriais

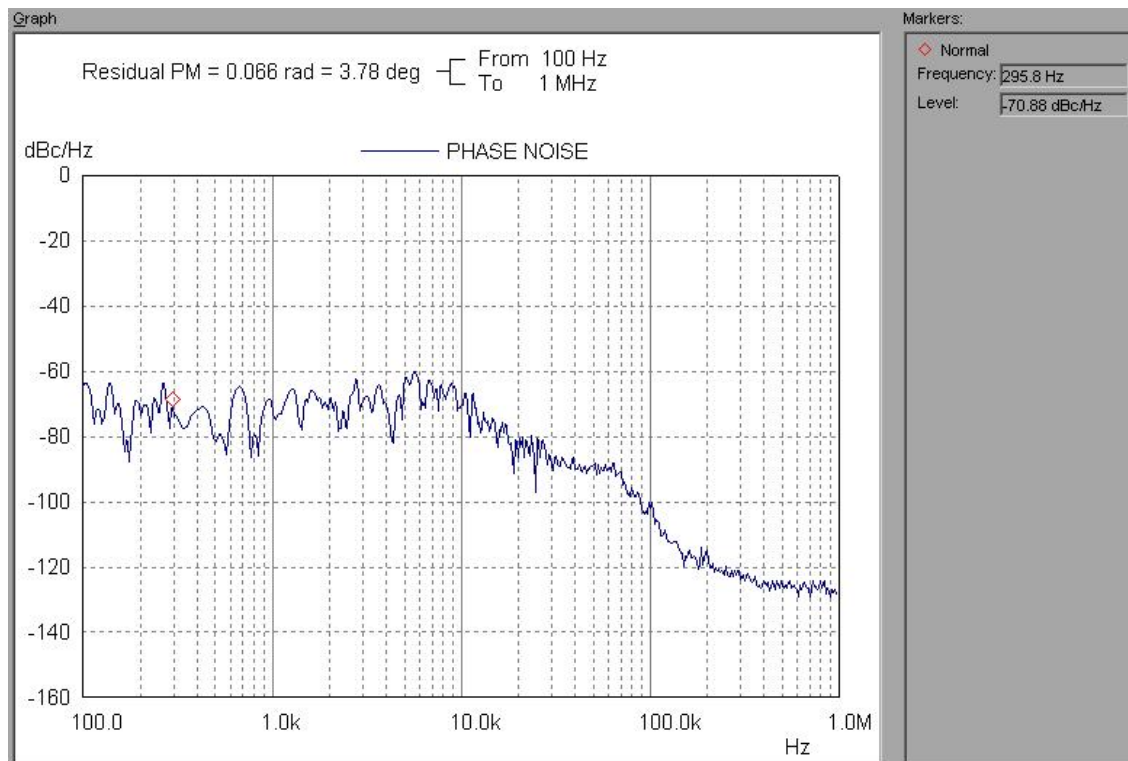
6.1.3.4.1. Modo de alta taxa (200kbps)



Date: 22.NOV.2011 17:02:07

Medidas Vetoriais	Medida	Espec.
EVM (% rms)	8.37	NA
Desbalanceamento de amplitude (dB)	0.44	0.2
Desbalanceamento de fase (° rms)	0.14	2

6.1.3.5. Ruído de fase



Ruído de Fase SSB (°)	Medida (°)	Espec. (°)
100Hz a 1 MHz	3.78	< 5

6.2. Cadeia de telecomando

6.2.1. Testes espectrais

Os testes a seguir visam obter o espectro na entrada do receptor e na saída do oscilador OCXO de referência do receptor (10MHz); considerando o caso único de uma portadora modulada na taxa de 20kbps. Neste caso particular, o gerador de sinais do rack de integração atua como uma estação terrena que envia o sinal RF com os dados codificados.

6.2.1.1. Espectro do sinal de telecomando

Segue o procedimento de teste realizado:

- Conectar o cabo “SMA-2” na saída do diplexer do transponder EW-C10000 e na entrada do diplexer do rack de integração - localizado na interface de comunicação com o transponder (ELTA), no ponto RF IN/OUT;
- Conectar o cabo “SMA-5” na saída do gerador de sinais do rack de integração, e na entrada SIGNAL GENERATOR, localizada no módulo de interface banda-S, na sessão ON BOARD RX;
- Conectar o cabo “SMA-3” na saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD RX, e na entrada do analisador de espectro do rack de integração;
- Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Analisador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	11	16	1

- Alimentar o receptor utilizando a fonte do rack de integração com uma tensão de 28V, em seguida, aguardar o período de aquecimento do oscilador OCXO interno do transmissor (*clock waiting*);
- Acionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;

- Acionar o botão RF ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;

Obtém-se desta forma o espectro na entrada do receptor, considerando a transmissão de uma portadora modulada com uma taxa de 20kbps, como mostra a Fig. 43.

Nota: Utilizando o programa RXTX TEST, pode-se verificar o status de funcionamento do receptor.

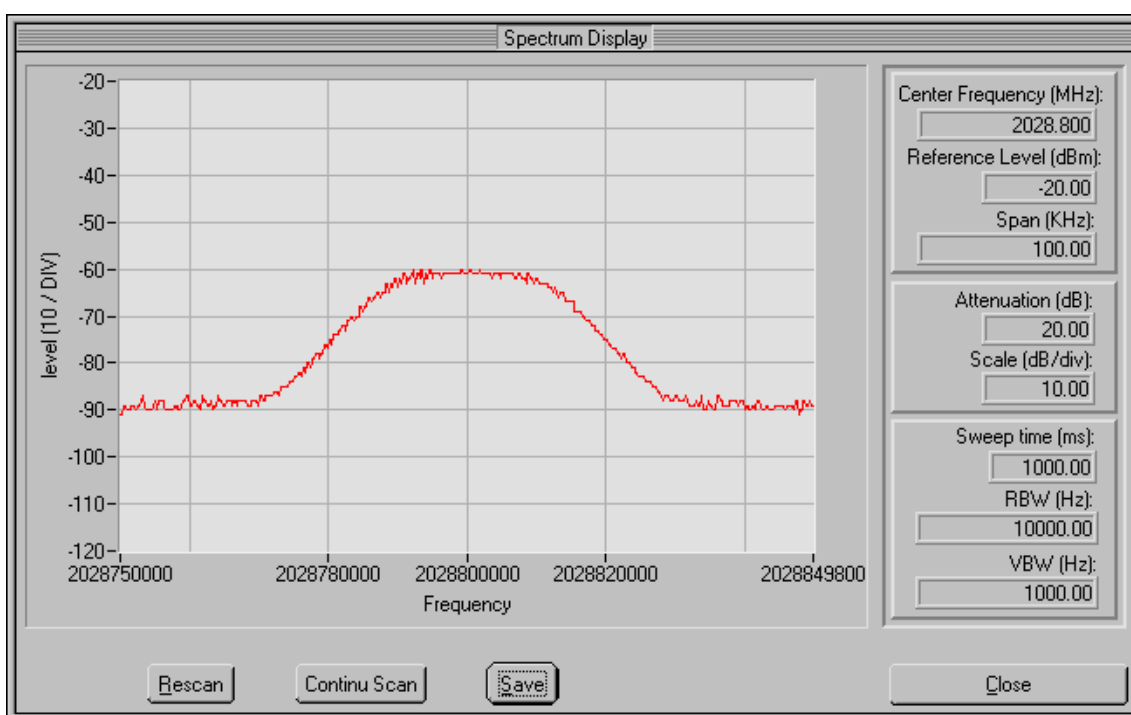


Fig. 43. Espectro do telecomando do transponder MV-20, 20kbps.

6.2.1.2. Oscilador OCXO de referência (receptor)

Segue o procedimento de teste

- Desconectar o cabo “SMA-3” da saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD RX, e conectá-lo diretamente na saída do oscilador OCXO de referência do receptor, seguido de um atenuador de 20dB;
- Configurar o analisador de espectro do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A:

Equipamentos	Analisador de Espectro
Configuração	17

Obtém-se desta forma o espectro na saída do oscilador OCXO de referência do receptor (10MHz), como mostra a Fig. 44.

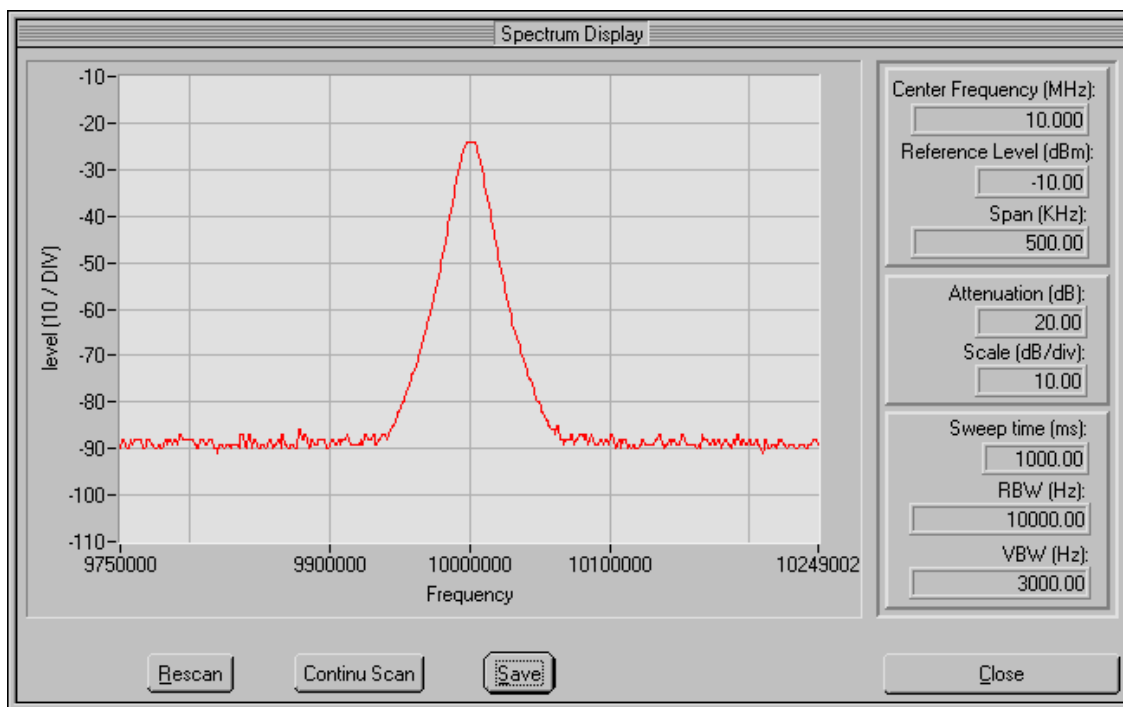


Fig. 44. Espectro do oscilador OCXO de referência do receptor (10MHz).

6.2.1.3. Harmônicos do oscilador OCXO de referência (receptor)

Segue o procedimento de teste

- Configurar o analisador de espectro do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Analisador de Espectro
Configuração	15

Obtém-se desta forma o espectro dos harmônicos na saída do oscilador OCXO de referência do receptor (10MHz), como mostra a Fig. 45.

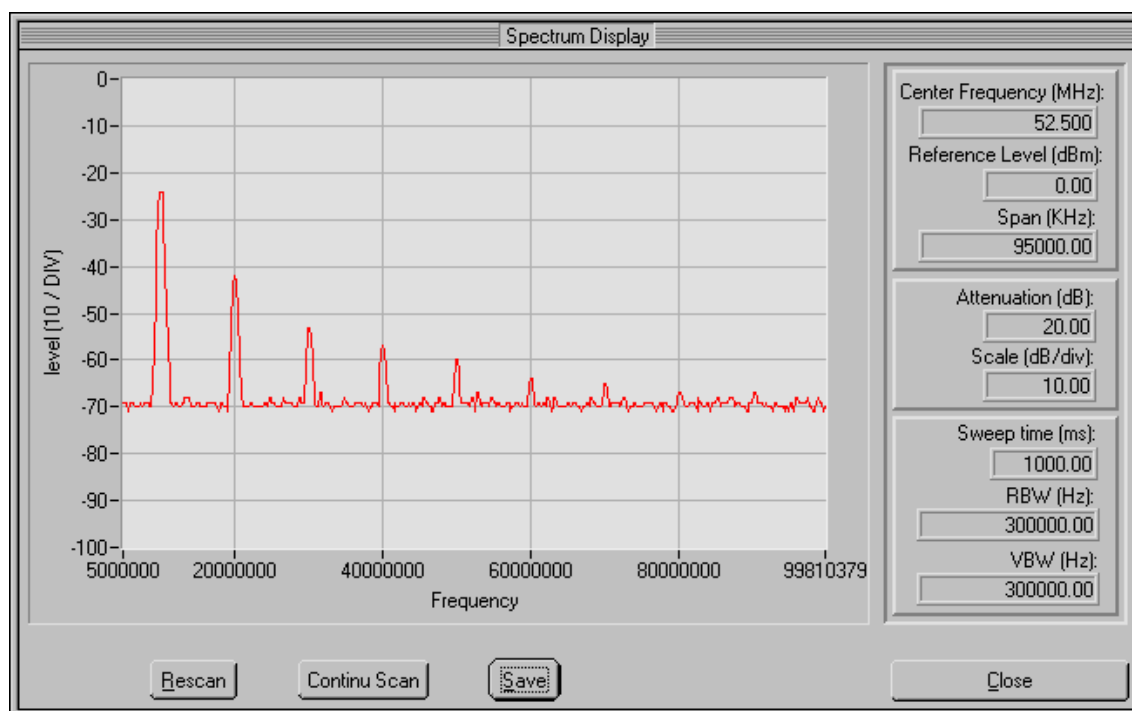


Fig. 45. Espectro dos harmônicos do oscilador OCXO de referência do receptor (10MHz).

6.2.2. Verificação dos dados

A seguir, descreve-se o procedimento de teste realizado com o intuito de verificar os dados demodulados pelo receptor. Neste caso particular, o gerador de sinais do rack de integração atua como uma estação terrena, enviando uma sequência de 512 bits (*data list* “DLIST02”) que se repete a uma taxa de 20kbps, considerada neste como uma sequência já codificada. Na saída do receptor, os dados demodulados devem apresentar um padrão de mensagem com tamanho igual a 256 bits, uma vez que o decodificador (algoritmo de Viterbi) reduz o tamanho da mensagem à metade por meio da extração dos bits de redundância. Novamente, toma-se o uso do programa *DigRec Recorder*, considerando, neste caso, somente a “Via 2” para registro dos dados demodulados pelo receptor. Com o auxílio das facilidades do programa *DigRec Recorder* é possível verificar a existência de um padrão na mensagem decodificada. Maiores detalhes para auxílio deste procedimento de teste (p.ex. confecção da cablagem necessária e utilização do programa *DigRec Recorder*), podem ser encontrados no Anexo D. Segue o procedimento de teste realizado:

- Desacionar o botão RF ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração. O transmissor deve entrar em modo de espera (*clock waiting*);
- Conectar o cabo serial (DB-15) referente a “Via 2” da placa de registro de dados do computador, no barramento de dados do receptor (cabo J3);
- Configurar o gerador de sinais do rack de integração de acordo com:

Equipamentos	Gerador de Sinais
Configuração	12

- Acionar o botão RF ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;
- Abrir o programa *Enregistreur* e configurar os parâmetros de acordo com a configuração mostrada a seguir:

The image shows a software interface for configuring two channels, Voie 1 and Voie 2. Each channel has a set of radio buttons for 'Données' (normales, inversées) and 'Horloge' (montante, descendante), along with input fields for 'Fréquence' (kHz) and 'Taille' (Octets).

Voie	On/Off	Données	Horloge	Fréquence (kHz)	Taille (Octets)
Voie 1	☐ On ☒ Off	☐ normales ☐ inversées	☐ montante ☐ descendante		
Voie 2	☒ On ☐ Off	☒ normales ☐ inversées	☐ montante ☒ descendante	20	128

- Enviar o comando *Enregistreur* e aguardar o término da aquisição dos dados em ambas as vias;
- Enviar o comando *Visualiser*.

Obtém-se desta forma os dados demodulados pelo receptor através da “Via 2”, como mostra a Fig. 46.

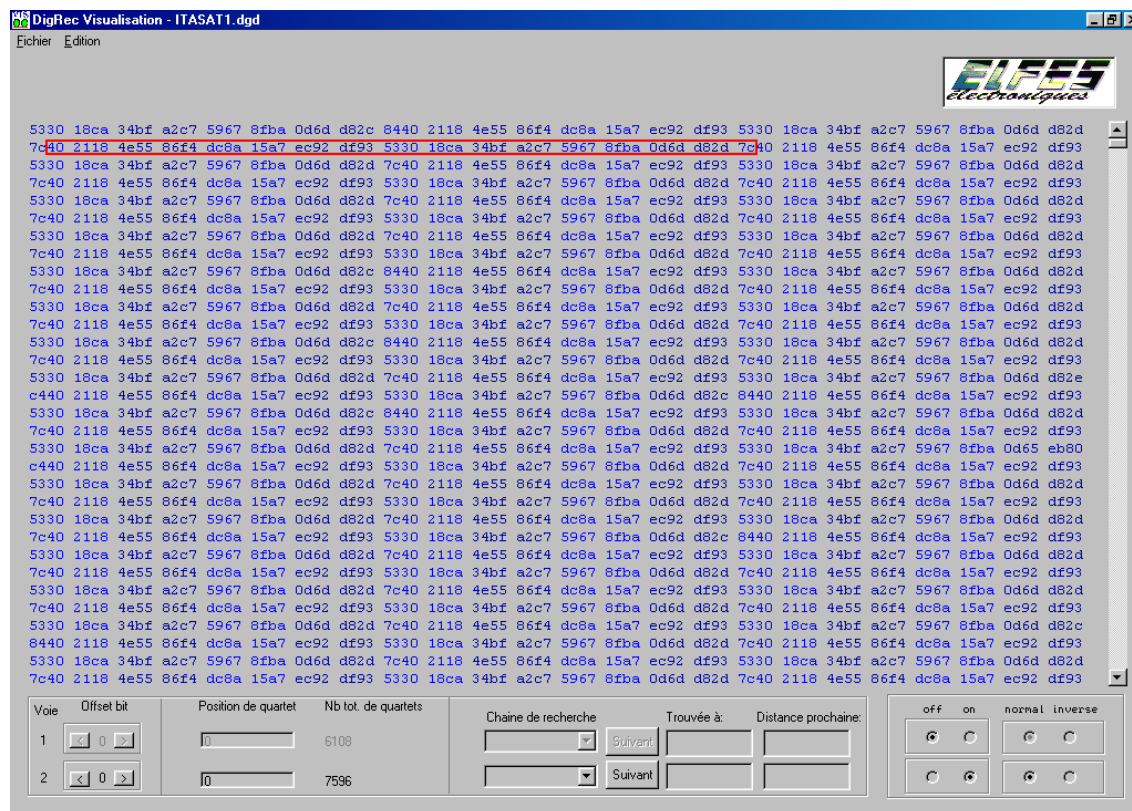


Fig. 46. Dados recebidos na cadeia de telecomando do transponder MV-20, 20kbps.

7. TESTES COM O TRANSPONDER (MV-21)

Esta sessão visa abordar os resultados e procedimentos dos testes realizados com o transponder modelo de voo (MV-21), considerando as cadeias de telecomando (RX) e telemetria (TX), sendo a última nos modos de operação de alta taxa (200kbps) e baixa taxa (25kbps). Os procedimentos dos testes realizados são descritos a seguir de maneira seqüencial.

7.1. Cadeia de telemetria

7.1.1. Testes espectrais

Os procedimentos dos testes descritos a seguir visam primeiramente obter os espectros na saída do transmissor, na saída do *down converter* (entrada do receptor de telemetria do rack de integração) e na saída do oscilador OCXO de referência do transmissor (10MHz). Estes procedimentos incluem os casos de transmissão de uma portadora modulada em alta taxa (200kbps) e baixa taxa (25kbps), assim como a transmissão de uma portadora pura (CW).

7.1.1.1. Portadora modulada em alta taxa (*high rate*)

Segue o procedimento realizado para este teste:

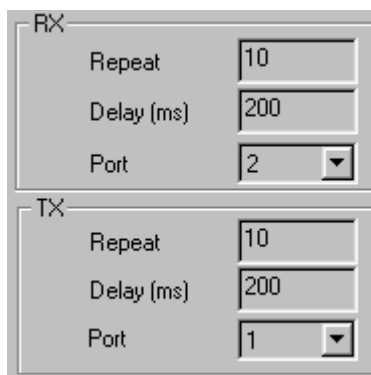
- Conectar o cabo “SMA-2” na saída do diplexer do transponder EW-C10000 e na entrada do diplexer do rack de integração - localizado na interface de comunicação com o transponder (ELTA), no ponto RF IN/OUT;
- Conectar o cabo “SMA-3” na saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD TX, e na entrada do analisador de espectro do rack de integração, seguido de um atenuador de 20dB;
- Conectar o cabo tipo BNC na saída DATA, localizada no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração, e na entrada DATA BER, localizada no módulo de interface digital (ELTA), na sessão ON BOARD TX;
- Conectar o cabo BNC na saída CLOCK, localizada no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração, e na entrada CLOCK BER, localizada no módulo de interface digital (ELTA), na sessão ON BOARD TX;

- No módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD TX, ajustar o atenuador de “passo 10” (0-70dB) na posição “60dB” e o atenuador de “passo 1” (0-11dB) na posição “0dB”;

Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	5	1	1	18	1

- Abrir o programa RXTX TEST de acordo com a configuração mostrada a seguir, em seguida, enviar o comando *Test*:



The image shows a screenshot of the RXTX TEST software interface. It consists of two main panels, RX and TX, each with three input fields: Repeat, Delay (ms), and Port. The RX panel has Repeat set to 10, Delay (ms) set to 200, and Port set to 2. The TX panel has Repeat set to 10, Delay (ms) set to 200, and Port set to 1. The Port fields are dropdown menus.

- Alimentar o transmissor utilizando a fonte do rack de integração com uma tensão de 28V, em seguida, aguardar o período de aquecimento do oscilador OCXO interno do transmissor (*clock waiting*);
- Acionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;
- Utilizando o programa RXTX TEST, enviar o comando *High Rate* para o transmissor.

Obtém-se desta forma o espectro na saída do transmissor, considerando a transmissão de uma portadora modulada em alta taxa (200kbps), como mostra a Fig. 47.

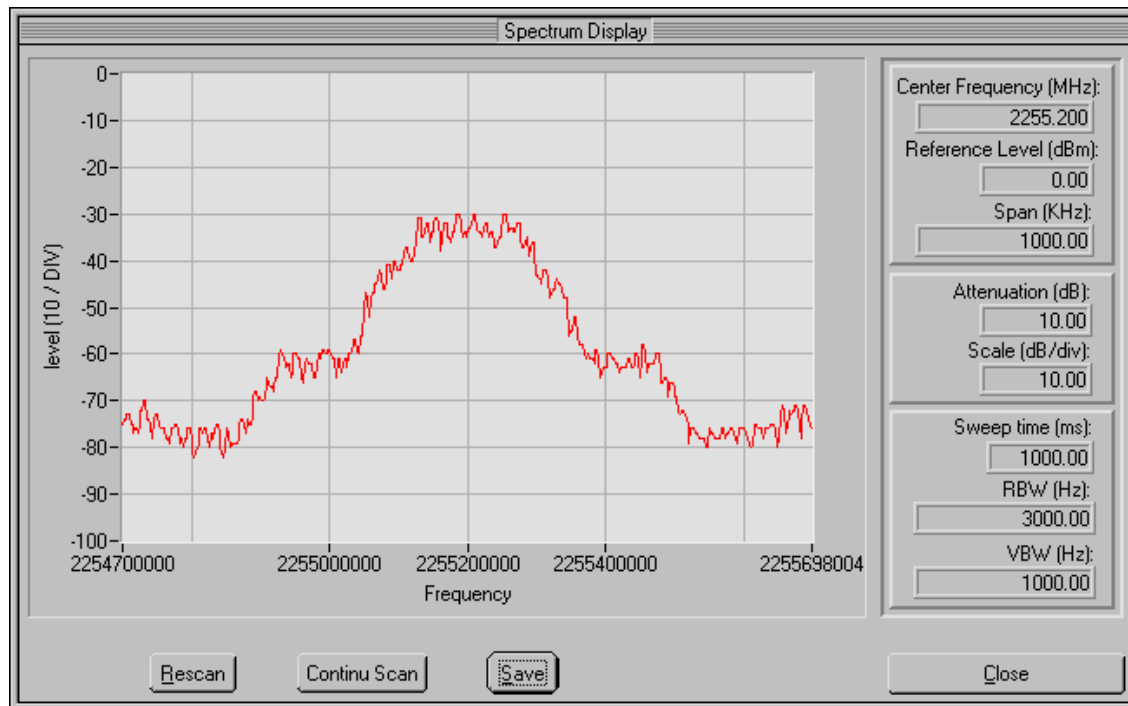


Fig. 47. Espectro da telemetria do transponder MV-21, 200kbps.

- Desconectar o cabo “SMA-3” da saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD TX, e conectá-lo na saída DOWN CONVERTER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão DOWN CONVERTER.
- Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	6	1	2	3	1

Obtém-se desta forma o espectro na saída do *down converter* (entrada do receptor de telemetria do rack de integração), considerando a transmissão de uma portadora modulada em alta taxa (200kbps), como mostra a Fig. 48.

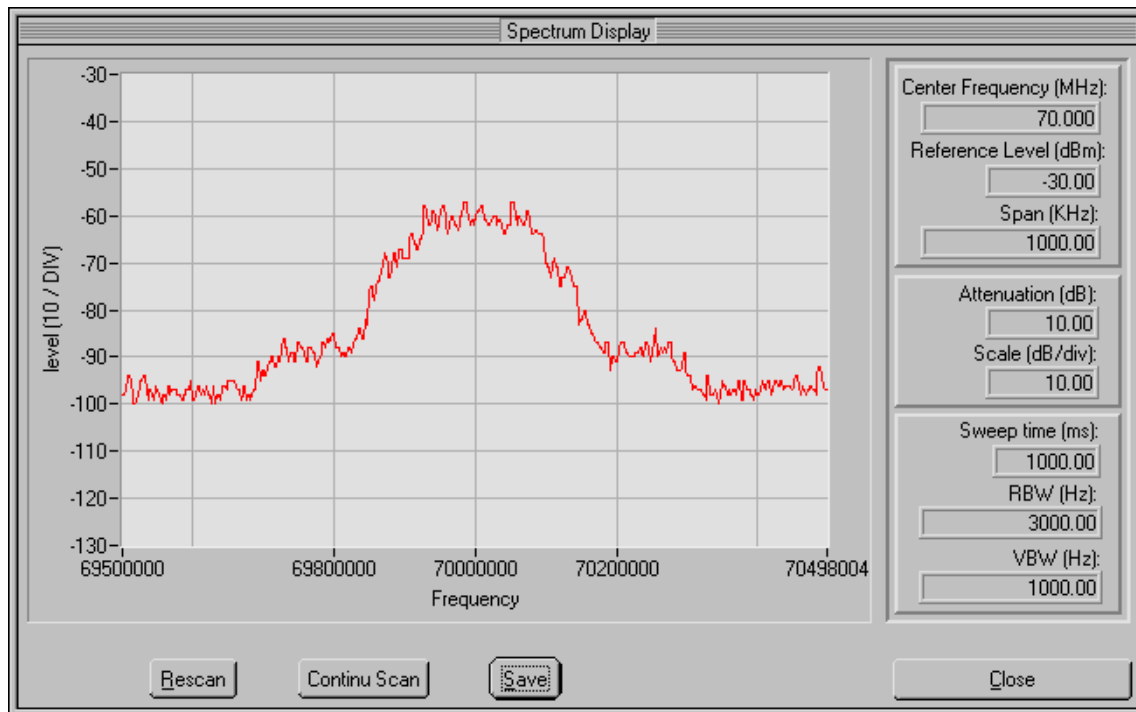


Fig. 48. Espectro da telemetria do transponder MV-21 na saída do DC, 200kbps.

7.1.1.2. Portadora modulada em baixa taxa (*low rate*)

Segue o procedimento realizado para este teste:

- Desacionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração. O transmissor deve entrar em modo de espera (*clock waiting*);
- Desconectar o cabo “SMA-3” da saída DOWN CONVERTER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão DOWN CONVERTER, e conectá-lo à saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na saída ON BOARD TX, seguido de um atenuador de 20dB;
- Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	6	1	2	19	1

- Acionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;
- Utilizando o programa RXTX TEST, enviar o comando *Low Rate* para o transmissor.

Obtém-se desta forma o espectro na saída do transmissor, considerando a transmissão de uma portadora modulada em baixa taxa (25kbps), como mostra a Fig. 49.

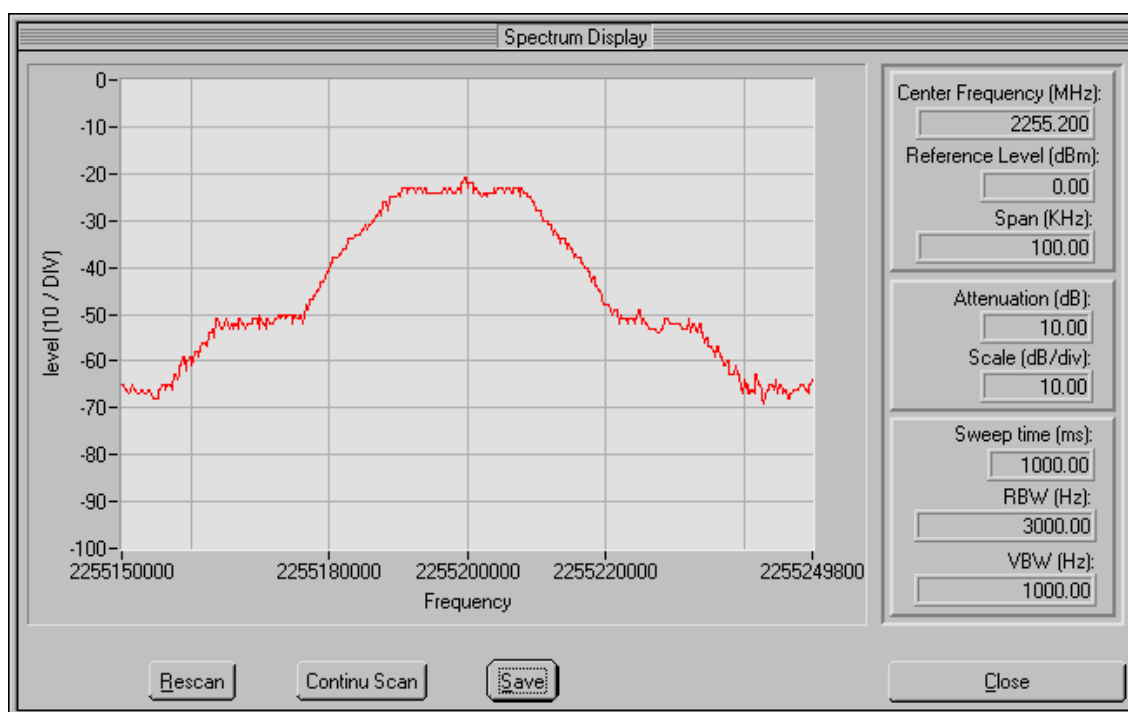


Fig. 49. Espectro da telemetria do transponder MV-21, 25kbps.

- Desconectar o cabo "SMA-3" da saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD TX, e conectá-lo na saída DOWN CONVERTER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão DOWN CONVERTER.
- Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	6	1	2	20	1

Obtém-se desta forma o espectro na saída do *down converter* (entrada do receptor de telemetria do rack de integração), considerando a transmissão de uma portadora modulada em baixa taxa (25kbps), como mostra a Fig. 50.

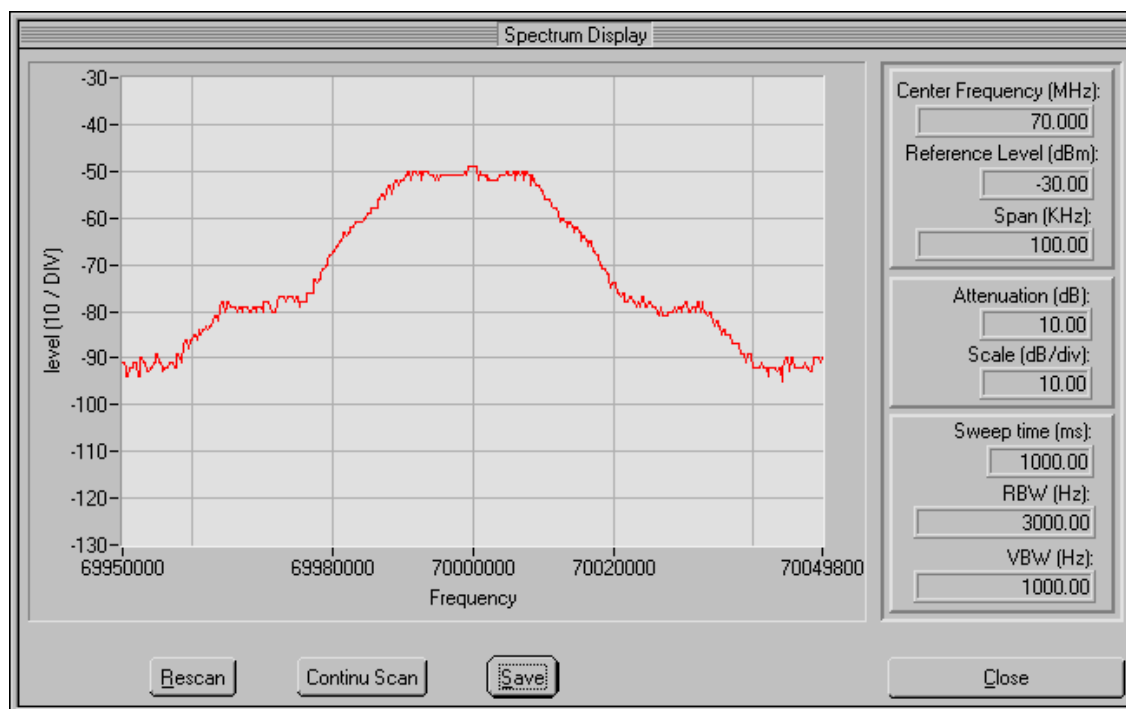


Fig. 50. Espectro da telemetria do transponder EM na saída do DC, 25kbps.

7.1.1.3. Portadora pura (CW)

Segue o procedimento realizado para este teste:

- Desconectar o cabo “SMA-3” da saída DOWN CONVERTER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão DOWN CONVERTER, e conectá-lo à saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD TX, seguido de um atenuador de 20dB;

Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	6	1	-	19	1

- Utilizando o programa RXTX, enviar o comando CW para o transmissor.

Obtém-se desta forma o espectro na saída do transmissor, considerando a transmissão de uma portadora pura (CW), como mostra a Fig. 51.

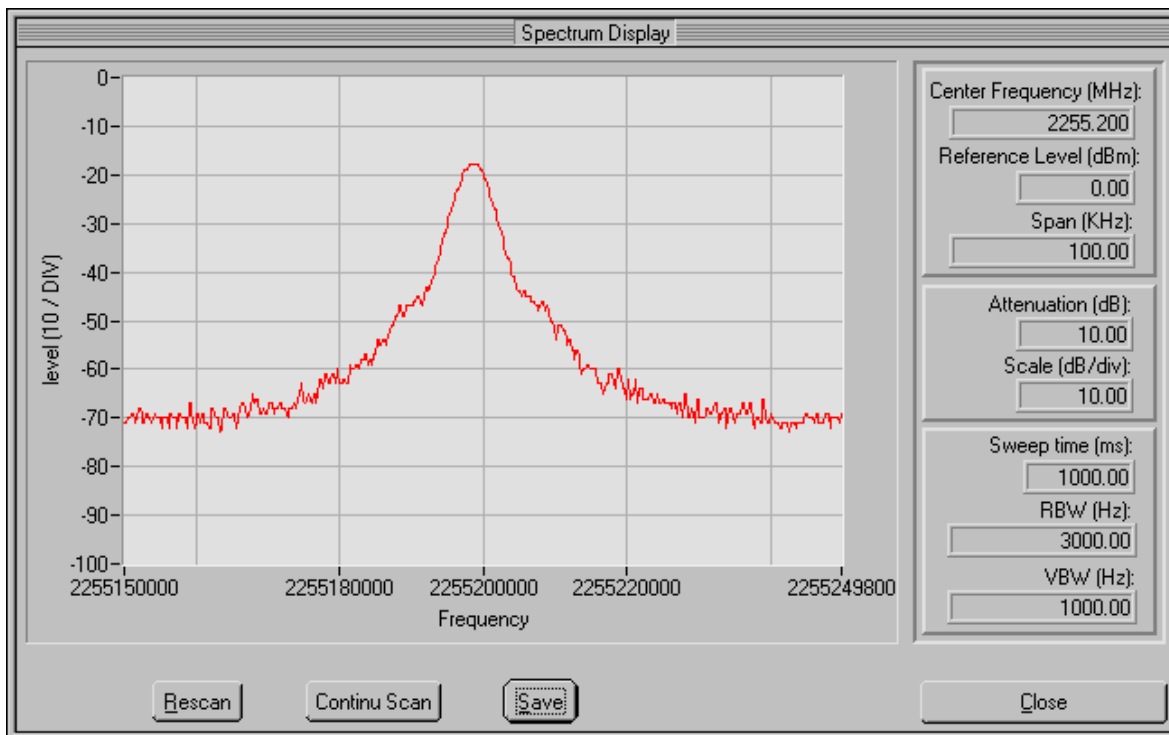


Fig. 51. Espectro da telemetria do transponder EM, portadora pura (CW).

7.1.1.4. Oscilador OCXO de referência (transmissor)

Segue o procedimento realizado para este teste:

- Desconectar o cabo “SMA-3” da saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD TX, e conectá-lo diretamente na saída do oscilador OCXO de referência do transmissor, seguido de um atenuador de 20dB;
- Configurar o analisador de espectro do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Analizador de Espectro
Configuração	21

Obtém-se desta forma o espectro na saída do oscilador OCXO de referência do transmissor (10MHz), como mostra a Fig. 52.

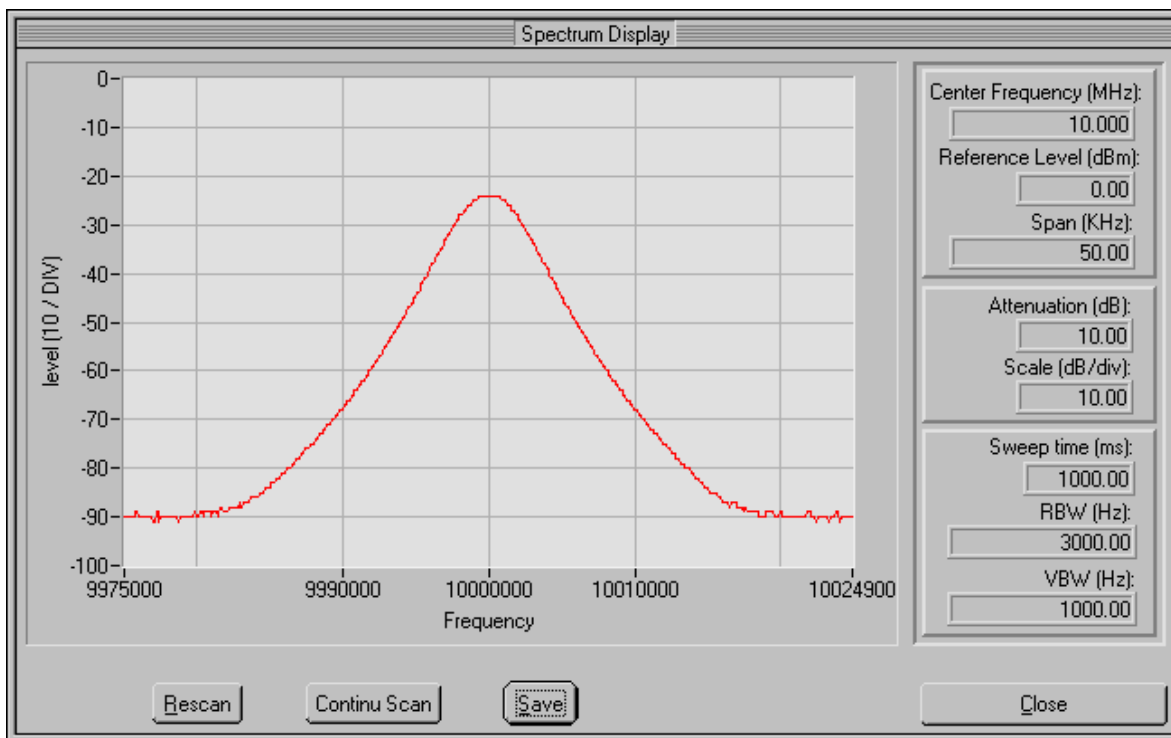


Fig. 52. Espectro do oscilador OCXO de referência do transmissor (10MHz).

7.1.1.5. Harmônicos do oscilador OCXO de referência (transmissor)

Segue o procedimento realizado para este teste:

- Configurar o analisador de espectro do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Analisador de Espectro
Configuração	22

Obtém-se desta forma o espectro dos harmônicos na saída do oscilador OCXO de referência do transmissor (10MHz), como mostra a Fig. 53.

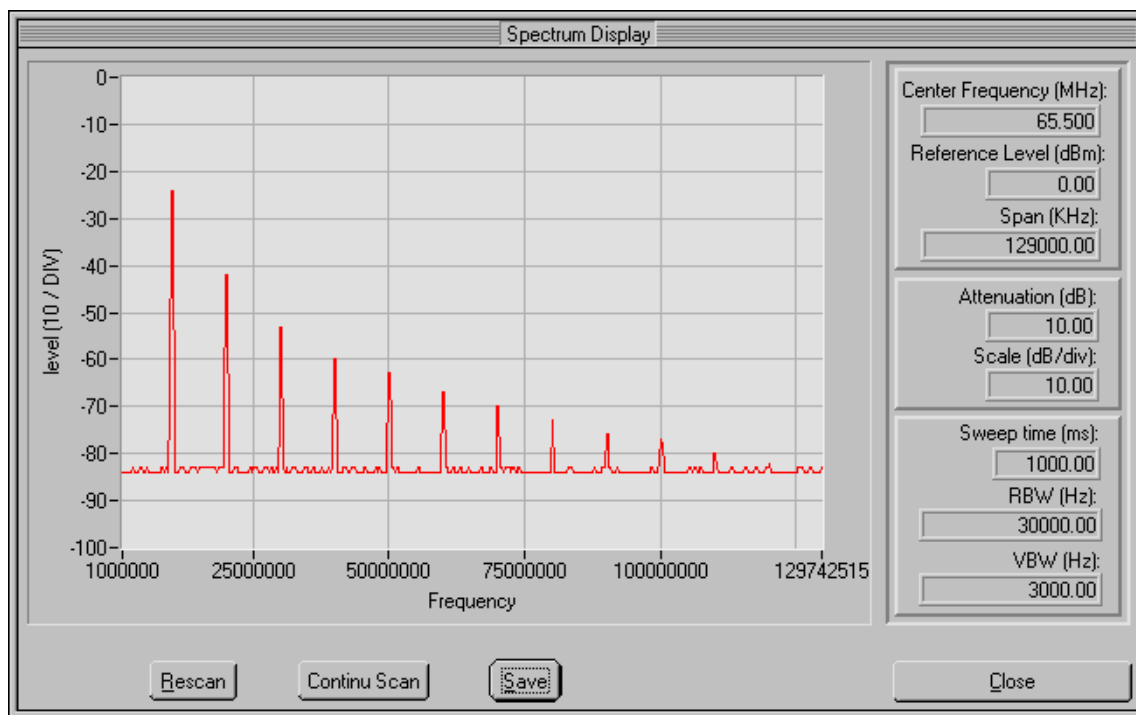


Fig. 53. Espectro dos harmônicos do oscilador OCXO de referência do transmissor (10MHz).

7.1.2. Verificação dos dados

A seguir são descritos os testes realizados a fim de verificar a integridade dos dados recebidos na cadeia de telemetria, considerando os modos de alta e baixa taxa do transmissor. Neste caso particular, toma-se o uso do programa *DigRec Recorder*, destinando a “Via 1” para registro dos dados gerados pelo gerador de sinais do rack de integração (entrada do transmissor), e a “Via 2” para registro dos dados demodulados pelo receptor de telemetria do rack de integração. Com o auxílio das facilidades do programa *DigRec Recorder* pode-se comparar os dados recebidos por ambas as vias. Maiores detalhes para auxílio deste procedimento de teste (p.ex. confecção da cablagem necessária e utilização do programa *DigRec Recorder*), podem ser encontrados no Anexo D.

7.1.2.1. Modo de alta taxa (*high rate*)

Segue o procedimento realizado para este teste:

- Desacionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração. O transmissor deve entrar em modo de espera (*clock waiting*);
- Conectar o cabo serial (DB-15) referente a “Via 1” da placa de registro de dados do computador, no barramento de dados do transmissor (cabo J4);
- Conectar o cabo serial (DB-15) referente a “Via 2” da placa de registro de dados do computador, na saída do receptor de telemetria do rack de integração (cabo confeccionado – ver Anexo D);
- Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	9	1	1	-	1

- Acionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;
- Abrir o programa *Enregistreur* e configurar os parâmetros de acordo com a configuração mostrada a seguir:

The image shows a configuration window for two channels, Voie 1 and Voie 2. Each channel has a 'Données' (Data) section with 'normales' (normal) selected and 'inversées' (inverted) unselected. The 'Horloge' (Clock) section has 'montante' (ascending) unselected and 'descendante' (descending) selected. The 'Fréquence' (Frequency) is set to 200 kHz and the 'Taille' (Size) is set to 128 Octets.

- Enviar o comando *Enregistreur* e aguardar o término da aquisição dos dados em ambas as vias;
- Enviar o comando *Visualiser*.

Obtém-se desta forma os dados recebidos em ambas as vias, como mostra a Fig. 54.

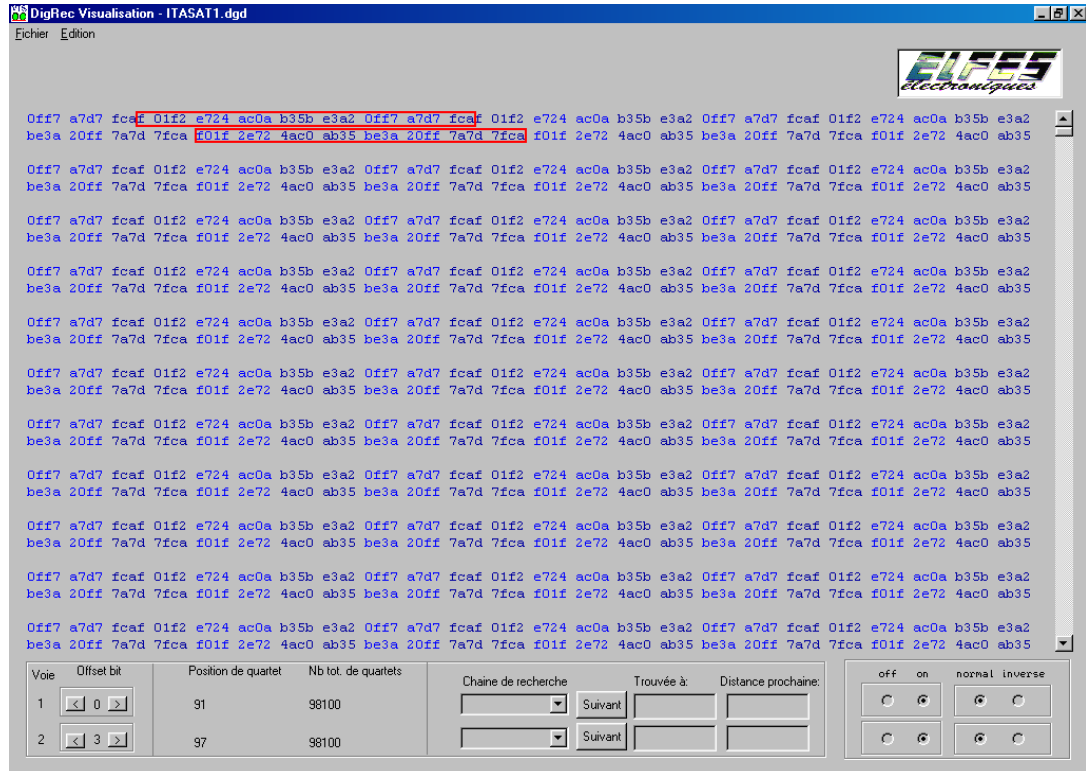


Fig. 54. Dados recebidos na cadeia de telemetria, 200kbps, transponder MV-21.

7.1.2.2. Modo de baixa taxa (*low rate*)

Segue o procedimento realizado para este teste:

- Desacionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração. O transmissor deve entrar em modo de espera (*clock waiting*);
- Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Down Converter	Receptor Telemetria	Analizador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	10	1	2	-	1

- Acionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;
- Abrir o programa *Enregistreur* e configurar os parâmetros de acordo com a configuração mostrada a seguir:

The screenshot displays the configuration window for the 'Enregistreur' software. It is organized into two main sections, 'Voie 1' and 'Voie 2', each with a 'On'/'Off' toggle at the top. Below each toggle, there are two columns of settings: 'Données' and 'Horloge'. In the 'Données' column, the 'normales' radio button is selected. In the 'Horloge' column, the 'descendante' radio button is selected. To the right of these columns, there are two input fields: 'Fréquence' (set to 25 kHz) and 'Taille' (set to 128 Octets).

- Enviar o comando *Enregistreur* e aguardar o término da aquisição dos dados em ambas as vias;

- Enviar o comando *Visualiser*.

Obtém-se desta forma os dados recebidos em ambas as vias, como mostra a Fig. 55.

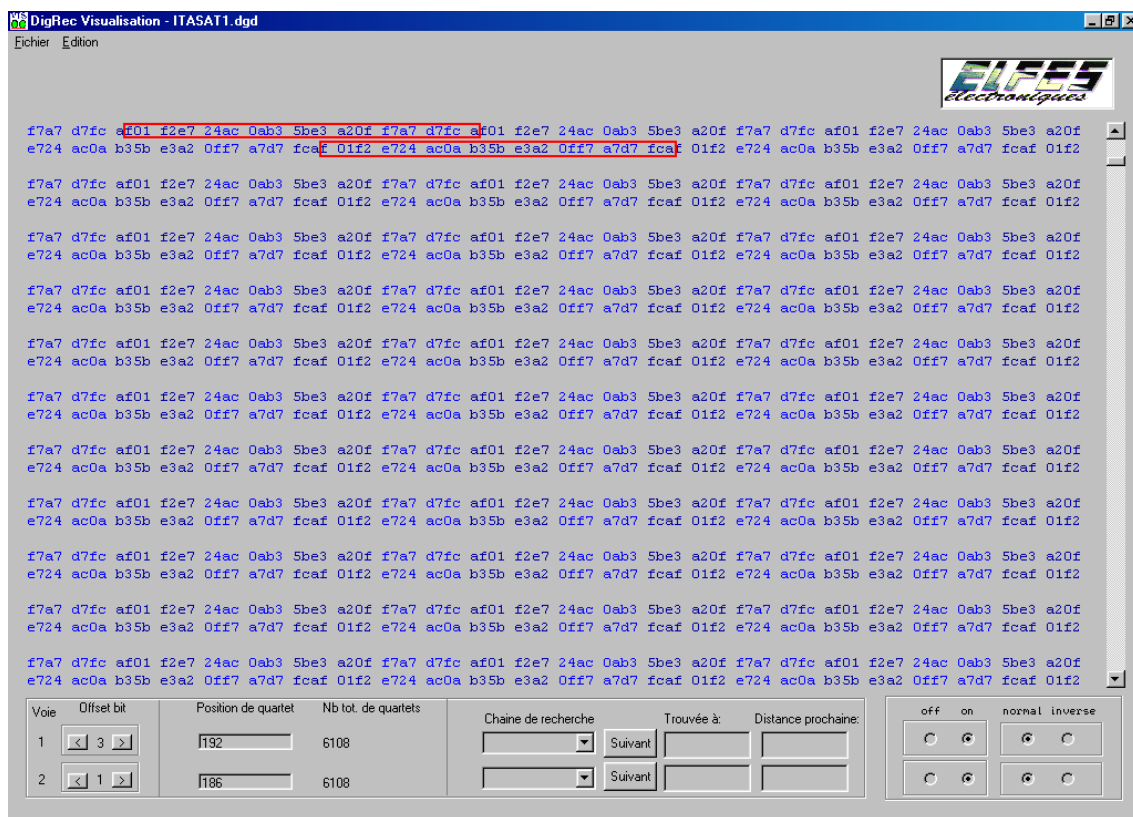


Fig. 55. Dados recebido na cadeia de telemetria, 25kbps, transponder MV-21.

- Desacionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração. O transmissor deve entrar em modo de espera (*clock waiting*);
- Desligar o transmissor diretamente na fonte de alimentação do rack de integração.

7.1.3. Testes complementares do transmissor

Os testes a seguir foram realizados com o auxílio do analisador de sinais FSQ-26 (Rohde & Schwarz), gentilmente disponibilizado pela Divisão de Eletrônica Aeroespacial do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DEA/INPE), com o intuito de caracterizar o transmissor do transponder modelo de engenharia mais completamente. A Fig. 56 mostra o diagrama com o setup montado para estes testes.

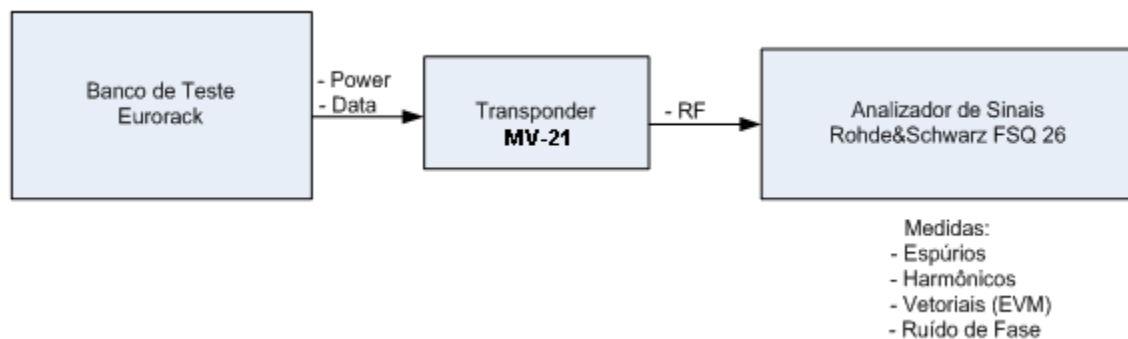
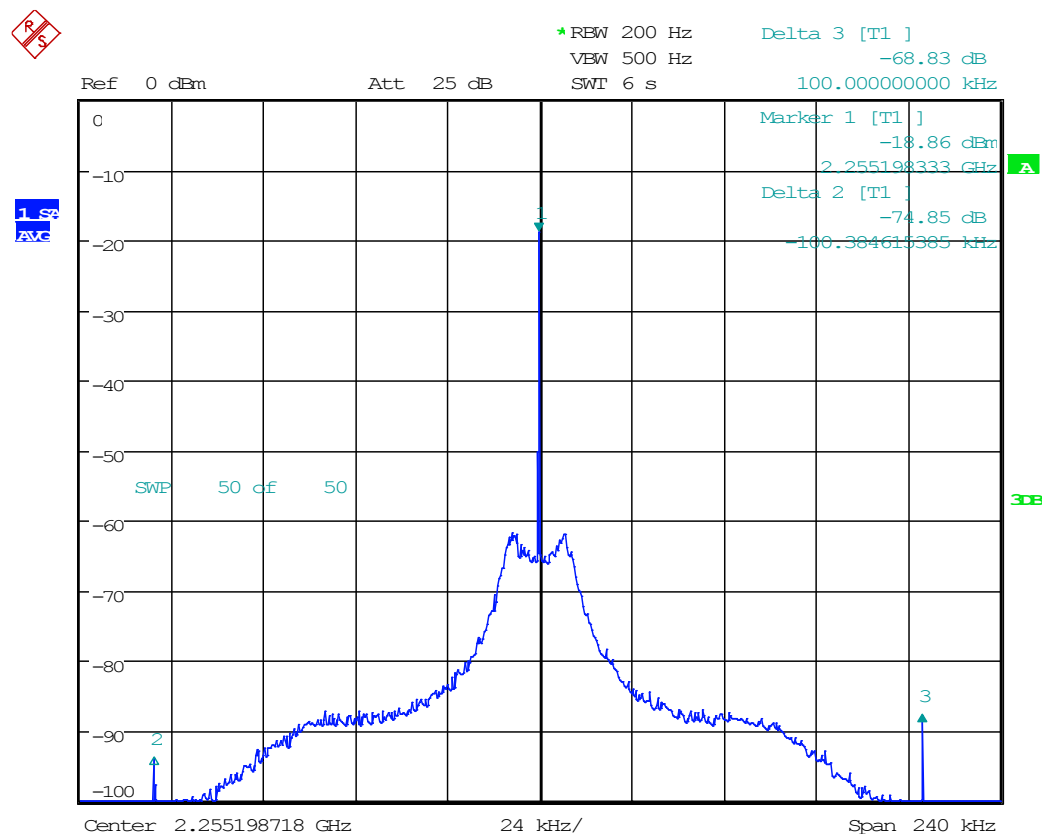


Fig. 56. Diagrama de blocos para os testes complementares do transmissor MV-21.

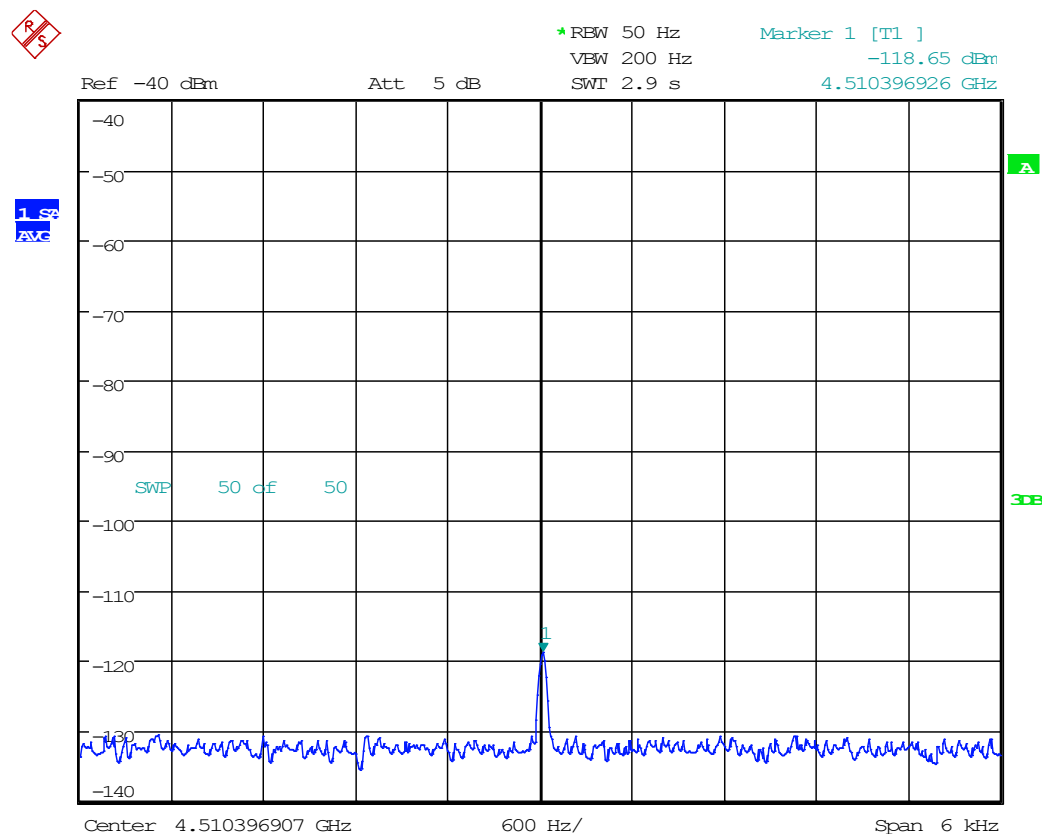
7.1.3.1. Medida de espúrios



Date: 23.NOV.2011 19:05:35

Frequência (MHz)	Espúrios (dBc)	Espec. (dBc)
2.255GHz +/- 100 kHz	74.85dBc	> 60 dBc

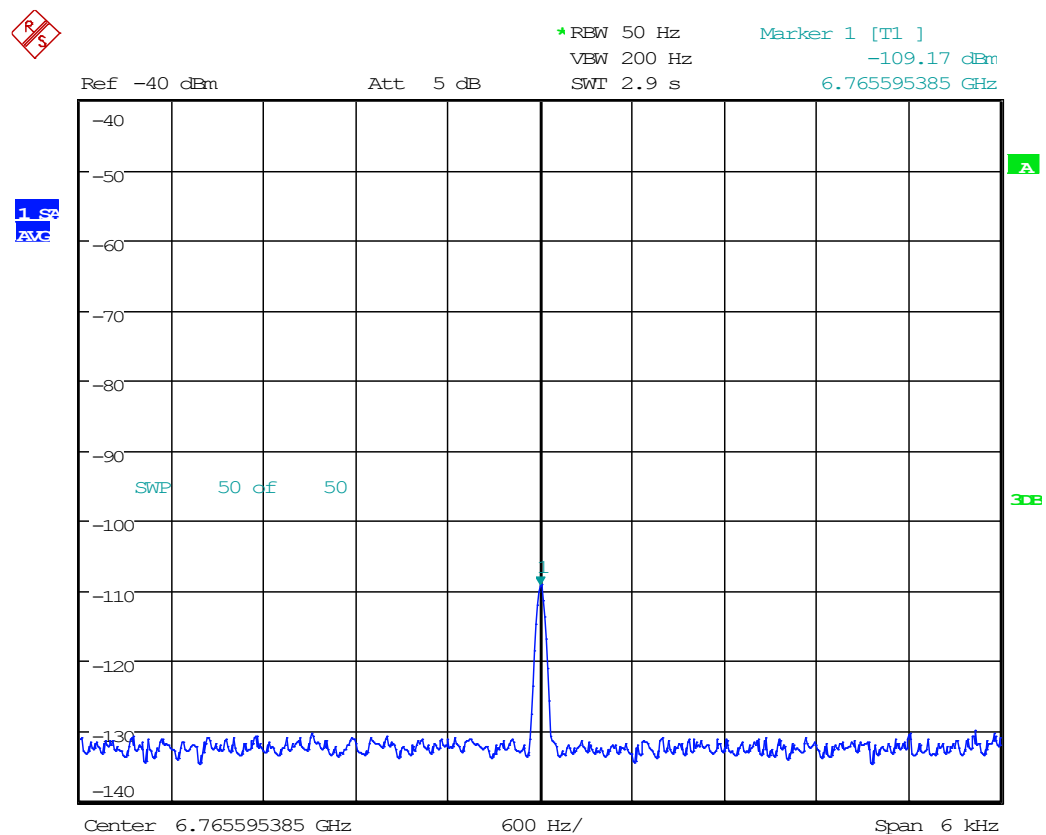
7.1.3.2. Medida do segundo harmônico



Date: 23.NOV.2011 19:28:35

Frequência (MHz)	Espúrios (dBc)	Espec. (dBc)
4.510GHz	>70dBc	> 60 dBc

7.1.3.3. Medida do terceiro harmônico

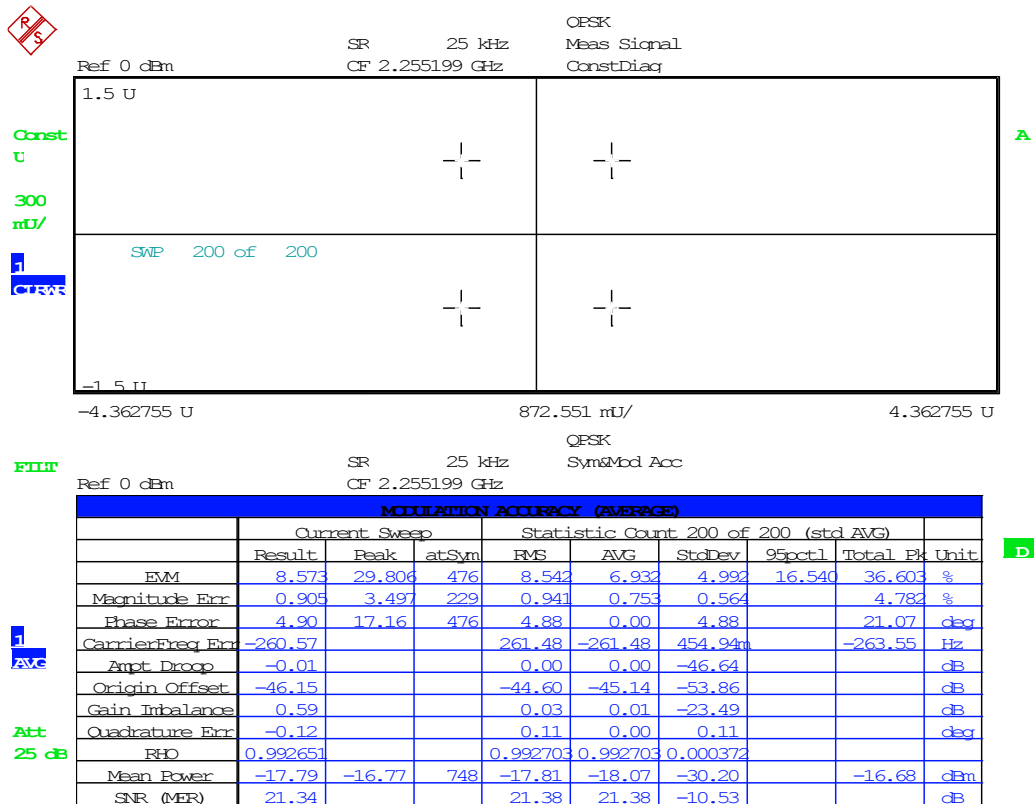


Date: 23.NOV.2011 19:22:47

Frequência (MHz)	Espúrios (dBc)	Espec. (dBc)
6.765GHz	>70dBc	> 60 dBc

7.1.3.4. Medidas veterinárias

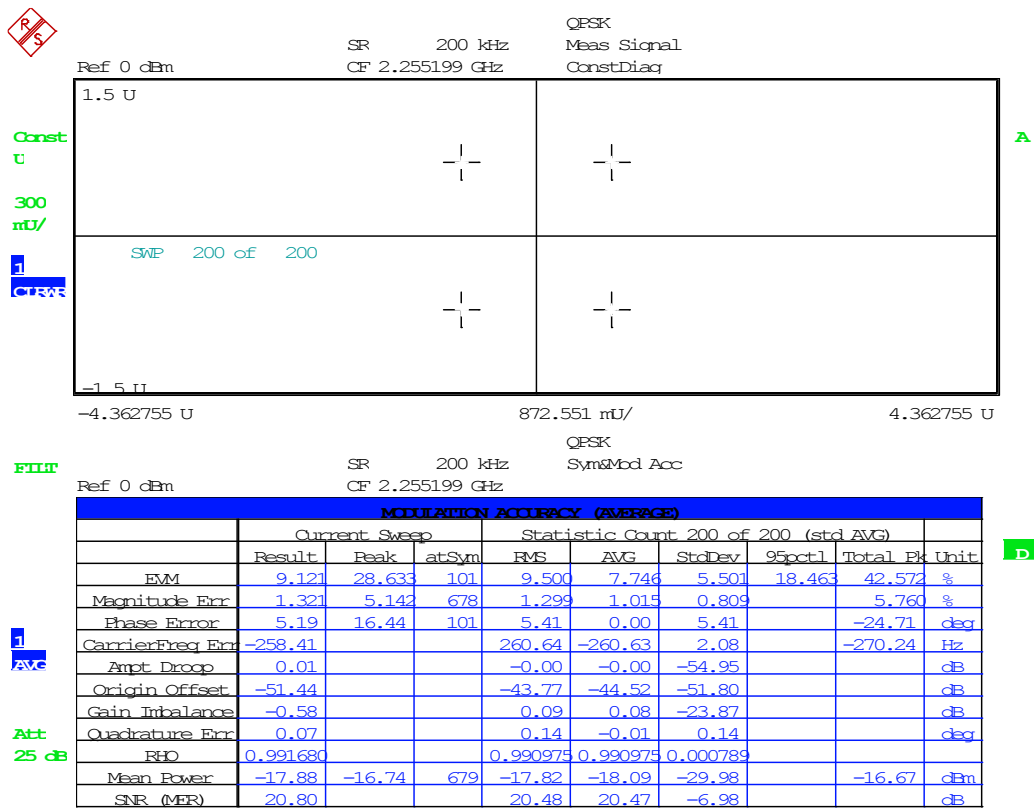
7.1.3.4.1. Modo de baixa taxa (25kbps)



Date: 22.NOV.2011 17:47:13

Medidas Vetoriais	Medida	Espec.
EVM (% rms)	8.54	NA
Desbalanceamento de amplitude (dB)	0.59	0.2
Desbalanceamento de fase (° rms)	0.11	2

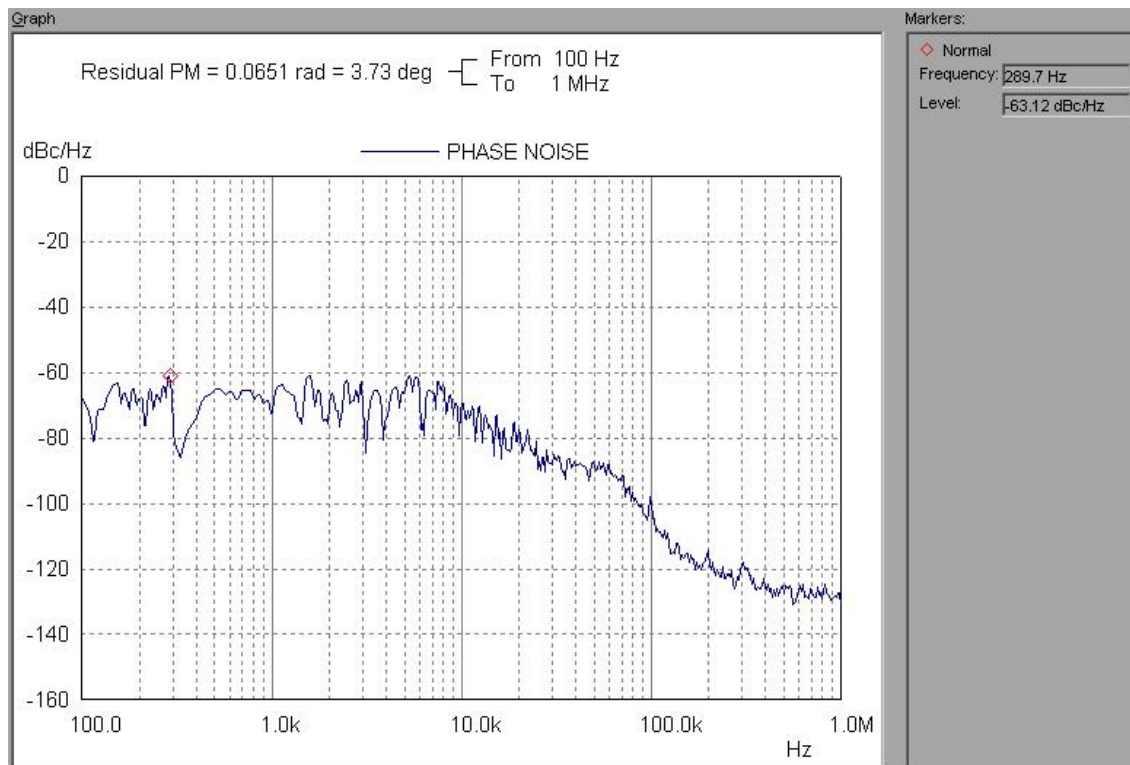
7.1.3.4.2. Modo de alta taxa (200kbps)



Date: 22.NOV.2011 17:49:38

Medidas Vetoriais	Medida	Espec.
EVM (% rms)	9.50	NA
Desbalanceamento de amplitude (dB)	0.58	0.2
Desbalanceamento de fase (° rms)	0.14	2

7.1.3.5. Ruído de fase



Ruído de Fase SSB (°)	Medida (°)	Espec. (°)
100Hz a 1 MHz	3.73	< 5

7.2. Cadeia de telecomando

7.2.1. Testes espectrais

Os testes a seguir visam obter o espectro na entrada do receptor e na saída do oscilador OCXO de referência do receptor (10MHz); considerando o caso único de uma portadora modulada na taxa de 20kbps. Neste caso particular, o gerador de sinais do rack de integração atua como uma estação terrena que envia o sinal RF com os dados codificados.

7.2.1.1. Espectro do sinal de telecomando

Segue o procedimento de teste realizado:

- Conectar o cabo “SMA-2” na saída do diplexer do transponder EW-C10000 e na entrada do diplexer do rack de integração - localizado na interface de comunicação com o transponder (ELTA), no ponto RF IN/OUT;
- Conectar o cabo “SMA-5” na saída do gerador de sinais do rack de integração, e na entrada SIGNAL GENERATOR, localizada no módulo de interface banda-S, na sessão ON BOARD RX;
- Conectar o cabo “SMA-3” na saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD RX, e na entrada do analisador de espectro do rack de integração;
- Configurar os equipamentos do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Gerador de Sinais	Analisador de Espectro	Osciloscópio
Configuração	11	1	1

- Alimentar o receptor utilizando a fonte do rack de integração com uma tensão de 28V, em seguida, aguardar o período de aquecimento do oscilador OCXO interno do transmissor (*clock waiting*);
- Acionar o botão MOD ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;

- Acionar o botão RF ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;

Obtém-se desta forma o espectro na entrada do receptor, considerando a transmissão de uma portadora modulada com uma taxa de 20kbps, como mostra a Fig. 57.

Nota: Utilizando o programa RXTX TEST, pode-se verificar o status de funcionamento do receptor.

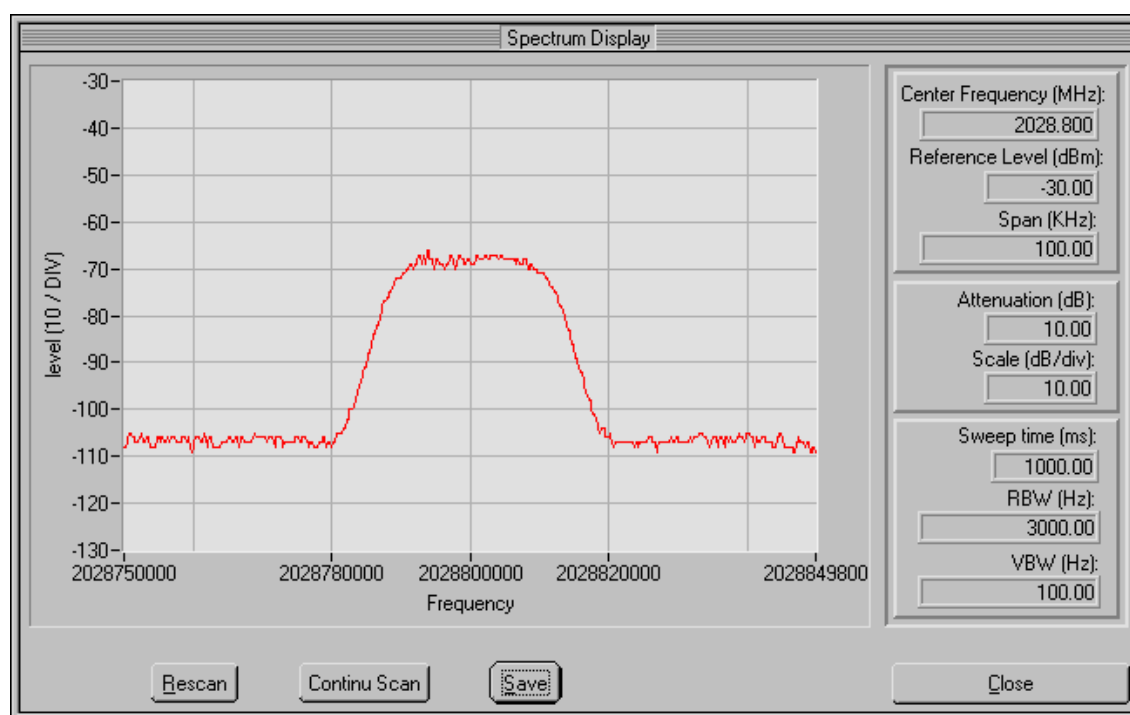


Fig. 57. Espectro do telecomando do transponder MV-21, 20kbps.

7.2.1.2. Oscilador OCXO de referência (receptor)

Segue o procedimento de teste

- Desconectar o cabo “SMA-3” da saída SPECTRUM ANALYZER, localizada no módulo de interface banda-S (ELTA), na sessão ON BOARD RX, e conectá-lo diretamente na saída do oscilador OCXO de referência do receptor, seguido de um atenuador de 20dB;
- Configurar o analisador de espectro do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A:

Equipamentos	Analisador de Espectro
Configuração	21

Obtém-se desta forma o espectro na saída do oscilador OCXO de referência do receptor (10MHz), como mostra a Fig. 58.

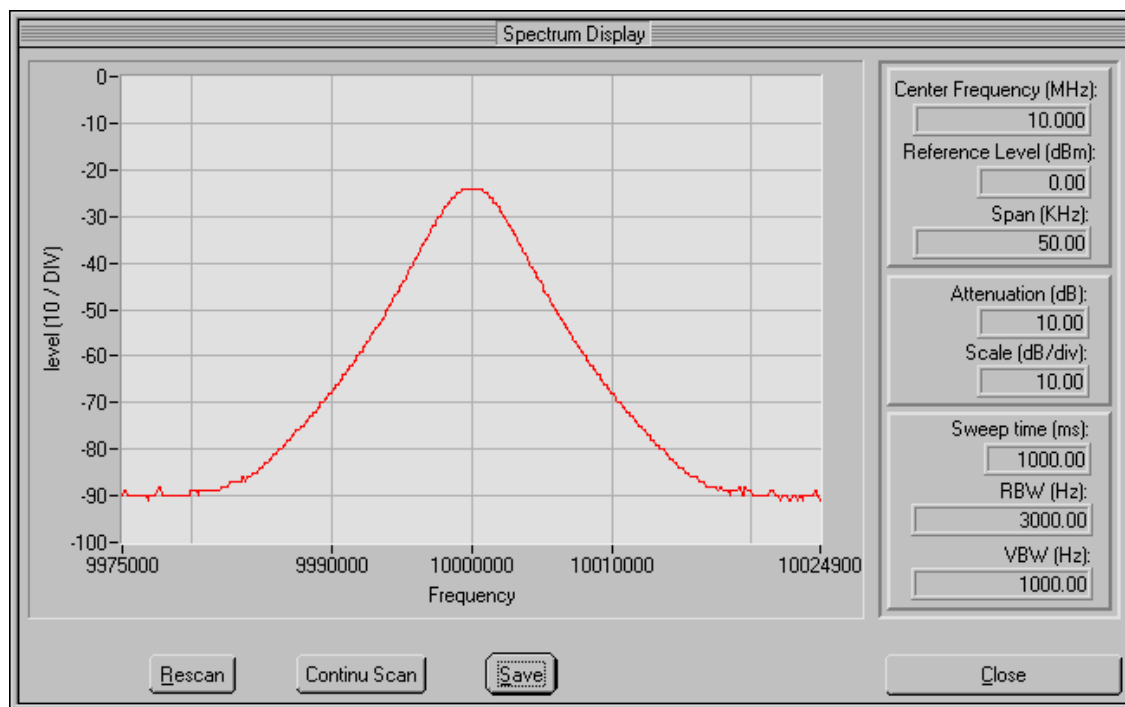


Fig. 58. Espectro do oscilador OCXO de referência do receptor (10MHz).

7.2.1.3. Harmônicos do oscilador OCXO de referência (receptor)

Segue o procedimento de teste

- Configurar o analisador de espectro do rack de integração de acordo com a tabela abaixo, utilizando o Anexo A.

Equipamentos	Analizador de Espectro
Configuração	22

Obtém-se desta forma o espectro dos harmônicos na saída do oscilador OCXO de referência do receptor (10MHz), como mostra a Fig. 59.

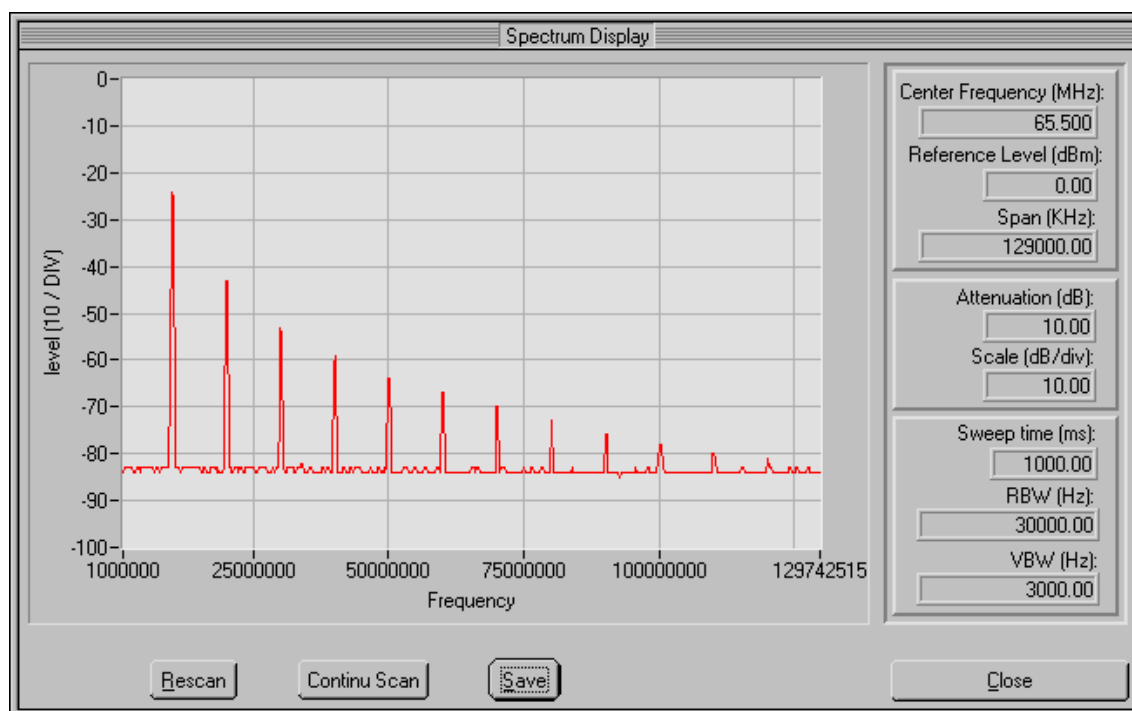


Fig. 59. Espectro dos harmônicos do oscilador OCXO de referência do receptor (10MHz).

7.2.2. Verificação dos dados

A seguir, descreve-se o procedimento de teste realizado com o intuito de verificar os dados demodulados pelo receptor. Neste caso particular, o gerador de sinais do rack de integração atua como uma estação terrena, enviando uma sequência de 512 bits (*data list* “DLIST02”) que se repete a uma taxa de 20kbps, considerada neste como uma sequência já codificada. Na saída do receptor, os dados demodulados devem apresentar um padrão de mensagem com tamanho igual a 256 bits, uma vez que o decodificador (algoritmo de Viterbi) reduz o tamanho da mensagem à metade por meio da extração dos bits de redundância. Novamente, toma-se o uso do programa *DigRec Recorder*, considerando, neste caso, somente a “Via 2” para registro dos dados demodulados pelo receptor. Com o auxílio das facilidades do programa *DigRec Recorder* é possível verificar a existência de um padrão na mensagem decodificada. Maiores detalhes para auxílio deste procedimento de teste (p.ex. confecção da cablagem necessária e utilização do programa *DigRec Recorder*), podem ser encontrados no Anexo D. Segue o procedimento de teste realizado:

- Desacionar o botão RF ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração. O transmissor deve entrar em modo de espera (*clock waiting*);
- Conectar o cabo serial (DB-15) referente a “Via 2” da placa de registro de dados do computador, no barramento de dados do receptor (cabo J3);
- Configurar o gerador de sinais do rack de integração de acordo com:

Equipamentos	Gerador de Sinais
Configuração	12

- Acionar o botão RF ON/OFF localizado no painel frontal do gerador de sinais do rack de integração;
- Abrir o programa *Enregistreur* e configurar os parâmetros de acordo com a configuração mostrada a seguir:

8. CONCLUSÃO

A oportunidade oferecida pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) através do programa ITASAT permite um estreito contato com as tecnologias espaciais, uma vez que inclui todas as fases de projeto necessárias para o desenvolvimento de um satélite universitário. As facilidades oferecidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) foram determinantes para a conclusão deste trabalho, desde a disponibilidade dos transponders EW-C10000 modelos de engenharia (ME) e voo (MV-20 e MV-21); do rack de integração com todos os equipamentos necessários para a realização dos testes elétricos; da disponibilidade de um ambiente especialmente projetado para atender ao desenvolvimento e testes de equipamentos espaciais (área limpa classe 7); e, sobretudo, pela orientação e acompanhamento nos testes realizados.

Este documento busca primeiramente a caracterização completa do transponder EW-C100000, utilizando toda a literatura disponibilizada que consta como referência bibliográfica deste trabalho. O transponder modelo de engenharia (ME) permitiu complementar na prática todo o conhecimento teórico que se pode obter utilizando estas referências. Em seguida, pode-se reproduzir a grande maioria dos testes elétricos os quais os transponders modelo de voo MV-20 e MV-21 foram submetidos anteriormente pelo fabricante, no ano de 2004. Desta forma, todas as medidas espectrais realizadas nas cadeias de telemetria (TM) e telecomando (TC) puderam ser comparadas com aquelas que constam no caderno de ensaios do fabricante – também disponibilizado para referência. Assim, pode-se verificar que os transponders apresentaram respostas espectrais muito próximas àquelas obtidas pelo fabricante, sobretudo os modelos de voo MV-20 e MV-21. Com o auxílio do programa RXTX TEST foi possível constatar que estes modelos também obedecem a todos os comandos de configuração enviados aos microcontroladores dos módulos de transmissão e recepção, i.e. alteração do modo de operação (*high rate, low rate, CW*), reset, leitura/escrita de registradores internos, *flags* de controle (*heat, clock waiting, modulate, CW, PLL1 Locked, PLL2 Locked, QPSK Locked, Viterbi Locked, BER, etc.*), entre outros. Utilizando a placa PCI de registro de dados e o programa *DigRec Recorder*, foi possível verificar a integridade dos dados enviados pelo transmissor e recebidos pelo receptor de telemetria do rack de integração (MQR70), permitindo validar o funcionamento da cadeia de telemetria. A integridade dos dados na cadeia de telecomando permite estabelecer uma conclusão parcial, posto que não houve a possibilidade de obter um equipamento para codificar as mensagens a serem decodificadas pelo receptor, permitindo assim uma comparação fiel e conclusiva acerca das sequências de bits envolvidas. Contudo, dada uma mesma sequência conhecida de bits transmitida do gerador de sinais do rack de integração (SMIQ03) para o receptor do transponder, observa-se um padrão

coerente nos dados demodulados tanto pelos receptores dos transponders (ME, MV-20 e MV-21), como pelo receptor de telecomando do rack de integração (ELTA).

Para as medidas de espúrios e harmônicos, foram atribuídas nesse relatório as especificações comuns utilizadas em transmissores de aplicação espaciais. A isolação atribuída como especificação (>60 dBc) é recomendada por vários órgãos internacionais. Neste caso, somente no modelo de engenharia (ME) a especificação não foi atendida, porém é uma variação marginal, provavelmente devido a ajustes que foram feitos nos modelos de voo (MV-20 e MV-21). Foi detectado em todos os modelos um espúrio de 100 kHz em torno da portadora - provavelmente decorrente do PLL, e no caso de um sinal modulado, apesar de não ser detectado, pode vir a gerar uma interferência. Foram medidos o segundo e terceiro harmônico de cada modelo, onde se pode observar que os terceiros harmônicos são ligeiramente maiores que os segundos. Contudo, em todos os modelos a especificação foi atendida.

As medidas vetoriais, globalmente representadas pela “Magnitude do Vetor de Erro” (EVM), são consideradas essencialmente qualitativas para o transmissor, posto que através destes parâmetros referentes ao sinal modulado, é possível diagnosticar a ocorrência de problemas nos diversos módulos internos que compõem o transmissor. Neste caso, todos os modelos apresentaram um desbalanceamento de amplitude acima do especificado, provavelmente devido ao fato dessa especificação ser relativamente nova e posterior à fabricação dos equipamentos. As tabelas que acompanham cada resultado de teste observado neste caso trazem os principais parâmetros das medidas vetoriais dos equipamentos. Todos os modelos apresentaram um EVM próximo a 9%, sendo este valor esperado devido ao descasamento entre os filtros de transmissão (RC $\alpha = 1$) e recepção (retangular), escolhidos no projeto. Ao perder a condição de filtro casado o sinal naturalmente sofre uma degradação. O desbalanceamento de amplitude para todos os modelos encontra-se em torno de 0.5dB. Este parâmetro é corrigido através de ajustes no modulador e, provavelmente, a especificação utilizada (0.2 dB) não foi um requisito na fabricação destes modelos. Em relação ao desbalanceamento de fase, todas as medidas atenderam plenamente à especificação.

As medidas de ruído de fase revelaram que todos os modelos atingiram à especificação atribuída aos testes (5° rms). Pode-se observar uma leve piora no transponder modelo de engenharia (ME), possivelmente relacionada aos espúrios pouco maiores também encontrados neste modelo.

Por fim, este relatório disponibiliza anexos relevantes no auxílio e complemento dos testes realizados. Em particular, o Anexo C traz um relatório das conexões/desconexões (*mate/demate*) das vias de dados e RF dos transponders modelo de engenharia (ME) e voo (MV-20 e MV-21).

Observa-se que a documentação disponibilizada inclui somente o histórico completo de *mate/demate* do transponder modelo de voo MV-21.

9. BIBLIOGRAFIA

- Thales Microelectronics S.A., *Transceiver user manual*, 2003.
- Thales Microelectronics S.A., *Resultats de tests / RXTX Bresil Sol N°0151*, 2001.
- ELTA, *Documentation technique des quipements des baies RF microsat*, 2001.
- ELTA, *Manuel utilisateur baies RF microsat*, 2002.
- SMP, *Operating manual for MQR70 receiver*, 2006.
- ROHDE & SCHWARZ, *Operating manual for vector signal generator SMIQ03B*, 2006.
- Relatório interno DEA/INPE, *Relatório de medidas do ITASAT*, 2011.

ANEXO A – CONFIGURAÇÕES DOS EQUIPAMENTOS DO RACK DE INTEGRAÇÃO

Este anexo inclui as configurações necessárias dos equipamentos do rack de integração para a realização dos testes que constam neste relatório, considerando os transponders modelo de engenharia (ME) e voo (MV-20 e MV-21).

1. Gerador de Sinais SMIQ03B (Rohde & Schwarz)

Configuração 1:

Frequency: 2255.2MHz
Level: 0dBm
DIGITAL MOD:
STATE: OFF
RF: ON

Configuração 2:

Frequency: 2255.2MHz
Level: 0dBm
DIGITAL MOD:
State: ON
Source: Data list: 4xPRBS9
Modulation: QPSK IS 95
Symbol rate: 200000 symbols/s
Filter: COS
Roll-off: 0.99
Coding: OFF
Trigger mode: AUTO
Trigger: INT
Clock: COUPLED/SYMBOL
RF: ON

Configuração 3:

Frequency: 2028.8MHz
Level: 0dBm
DIGITAL MOD:
STATE: OFF

Configuração 4:

Frequency: 2028.8MHz
Level: -50dBm
DIGITAL MOD:
State: OFF
Source: Data list: 4xPRBS9

Modulation: QPSK IS 95
Symbol rate: 10000 symbols/s
Filter: SQRCOS
Roll-off: 0.35
Coding: OFF
Trigger mode: AUTO
Trigger: INT
Clock: COUPLED/SYMBOL
Power ramp control: OFF
Ext inputs: 1k Ω /GND

RF: ON

Configuração 5:

DIGITAL MOD:
State: ON
Source: Data list: 4xPRBS9
Modulation: QPSK IS 95
Symbol rate: 100000 symbols/s
RF: OFF

Configuração 6:

DIGITAL MOD:
State: ON
Source: Data list: 4xPRBS9
Modulation: QPSK IS 95
Symbol rate: 12500 symbols/s
RF: OFF

Configuração 7:

DIGITAL MOD:
State: ON
Source: Pattern: bits "1"
Modulation: QPSK IS 95
Symbol rate: 100000 symbols/s
RF: OFF

Configuração 8:

DIGITAL MOD:
State: ON
Source: Pattern (bits "1")
Modulation: QPSK IS 95
Symbol rate: 12500 symbols/s
RF: OFF

Configuração 9:

DIGITAL MOD:
State: ON
Source: Data list: DLIST00
Modulation: QPSK IS 95

Symbol rate: 100000 symbols/s
RF: OFF

Configuração 10:

DIGITAL MOD:
State: ON
Source: Data list: DLIST00
Modulation: QPSK IS 95
Symbol rate: 12500 symbols/s
RF: OFF

Configuração 11:

Frequency: 2028.8MHz
Level: -50dBm
DIGITAL MOD:
State: OFF
Source: Data list: 4xPRBS9
Modulation: QPSK IS 95
Symbol rate: 10000 symbols/s
Filter: SQRCOS
Roll-off: 0.35
Coding: OFF
Trigger mode: AUTO
Trigger: INT
Clock: COUPLED/SYMBOL
Power ramp control: OFF
RF: OFF

Configuração 12:

Frequency: 2028.8MHz
Level: -50dBm
DIGITAL MOD:
State: OFF
Source: Data list: DLIST02
Modulation: QPSK IS 95
Symbol rate: 10000 symbols/s
Filter: SQRCOS
Roll-off: 0.35
Coding: OFF
Trigger mode: AUTO
Trigger: INT
Clock: COUPLED/SYMBOL
Power ramp control: OFF
RF: OFF

2. Receptor de telecomando (ELTA)

Configuração 1:

Chave ON/OFF: ON
Chave ACTIVE ON/STANDBY: STANDBY

3. Receptor de telemetria MQR70 (SMP)

Configuração 1:

Rate: 200kbps

Configuração 2:

Rate: 25kbps

Configuração 3:

Rate: 25.6kbps

4. Down converter D1451 (NOVELLA)

Configuração 1:

Frequency: 2255.2MHz
Attenuation: 20dB

Nota: Ganho $\cong$ 40dB

5. Analisador de espectro MS2661C (ANRITSU)

Configuração 1:

Center frequency: 2028.8MHz
RBW: 3kHz
VBW: 100Hz
Sweep time: 1s
Span: 100kHz
Attenuation: 10dB
Reference level: -30dBm

Configuração 2:

Center frequency: 2255.2MHz
RBW: 3kHz
VBW: 1kHz
Sweep time: 1s
Span: 1MHz
Attenuation: 10dB
Reference level: -30dBm

Configuração 3:

Center frequency: 70.0MHz
RBW: 3kHz
VBW: 1kHz
Sweep time: 1s
Span: 1MHz
Attenuation: 10dB
Reference level: -30dBm

Configuração 4:

Center frequency: 2255.2MHz
RBW: 3kHz
VBW: 100Hz
Sweep time: 1s
Span: 1MHz
Attenuation: 10dB
Reference level: 0dBm

Configuração 5:

Center frequency: 70.0MHz
RBW: 3kHz
VBW: 1kHz
Sweep time: 1s
Span: 1MHz
Attenuation: 10dB
Reference level: 0dBm

Configuração 6:

Center frequency: 2255.2MHz
RBW: 10kHz
VBW: 100Hz
Sweep time: 5s
Span: 1MHz
Attenuation: 10dB
Reference level: 0dBm

Configuração 7:

Center frequency: 2255.2MHz
RBW: 1kHz
VBW: 30Hz
Sweep time: 1s
Span: 150kHz
Attenuation: 10dB
Reference level: 0dBm

Configuração 8:

Center frequency: 10.0MHz
RBW: 3kHz
VBW: 100Hz
Sweep time: 1s
Span: 50kHz
Attenuation: 10dB
Reference level: 0dBm

Configuração 9:

Start frequency: 9.0MHz
Stop frequency: 120MHz
RBW: 30kHz
VBW: 30kHz
Sweep time: 1s
Attenuation: 10dB
Reference level: 0dBm

Configuração 10:

Center frequency: 2255.2MHz
RBW: 3kHz
VBW: 100Hz
Sweep time: 1s
Span: 1MHz
Attenuation: 20dB
Reference level: -10dBm

Configuração 11:

Center frequency: 70MHz
RBW: 1kHz
VBW: 30Hz
Sweep time: 1s
Span: 1MHz
Attenuation: 20dB
Reference level: -20dBm

Configuração 12:

Center frequency: 2255.2MHz
RBW: 1kHz

VBW: 30Hz
Sweep time: 1s
Span: 150kHz
Attenuation: 20dB
Reference level: -10dBm

Configuração 13:

Center frequency: 70MHz
RBW: 1kHz
VBW: 30Hz
Sweep time: 1s
Span: 150kHz
Attenuation: 20dB
Reference level: -20dBm

Configuração 14:

Center frequency: 10MHz
RBW: 3kHz
VBW: 100Hz
Sweep time: 1s
Span: 100kHz
Attenuation: 20dB
Reference level: -10dBm

Configuração 15:

Start frequency: 5MHz
Stop frequency: 100MHz
RBW: 300kHz
VBW: 300kHz
Sweep time: 1s
Attenuation: 20dB
Reference level: 0dBm

Configuração 16:

Center frequency: 2028.8MHz
RBW: 10kHz
VBW: 1kHz
Sweep time: 1s
Span: 100kHz
Attenuation: 20dB
Reference level: -20dBm

Configuração 17:

Center frequency: 10MHz
RBW: 10kHz
VBW: 3kHz
Sweep time: 1s
Span: 500kHz
Attenuation: 20dB

Reference level: -10dBm

Configuração 18:

Center frequency: 2255.2MHz
RBW: 3kHz
VBW: 1kHz
Sweep time: 1s
Span: 1MHz
Attenuation: 10dB
Reference level: 0dBm

Configuração 19:

Center frequency: 2255.2MHz
RBW: 3kHz
VBW: 1kHz
Sweep time: 1s
Span: 100kHz
Attenuation: 10dB
Reference level: 0dBm

Configuração 20:

Center frequency: 70.0MHz
RBW: 3kHz
VBW: 1kHz
Sweep time: 1s
Span: 100kHz
Attenuation: 10dB
Reference level: -30dBm

Configuração 21:

Center frequency: 10.0MHz
RBW: 3kHz
VBW: 1kHz
Sweep time: 1s
Span: 50kHz
Attenuation: 10dB
Reference level: 0dBm

Configuração 22:

Start frequency: 1MHz
Stop frequency: 130MHz
RBW: 30kHz
VBW: 3kHz
Sweep time: 1s
Attenuation: 10dB
Reference level: 0dBm

Configuração 23:

Center frequency: 2255.2MHz
RBW: 3kHz
VBW: 1kHz
Sweep time: 1s
Span: 500kHz
Attenuation: 10dB
Reference level: 0dBm

Configuração 24:

Center frequency: 70.0MHz
RBW: 3kHz
VBW: 1kHz
Sweep time: 1s
Span: 500kHz
Attenuation: 10dB
Reference level: -30dBm

6. Osciloscópio 3014 (TEKTRONIX)

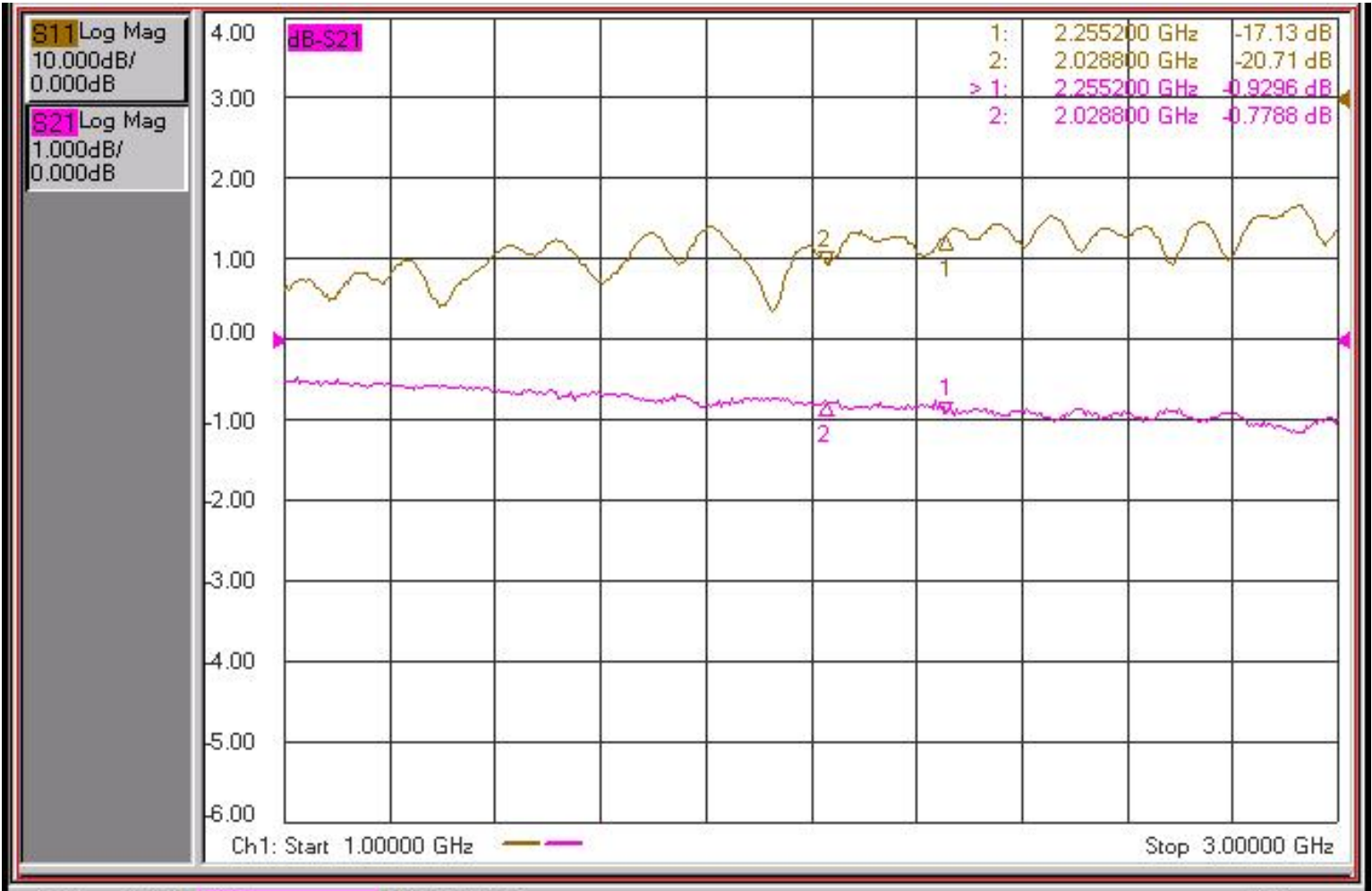
Configuração 1:

Autoset.

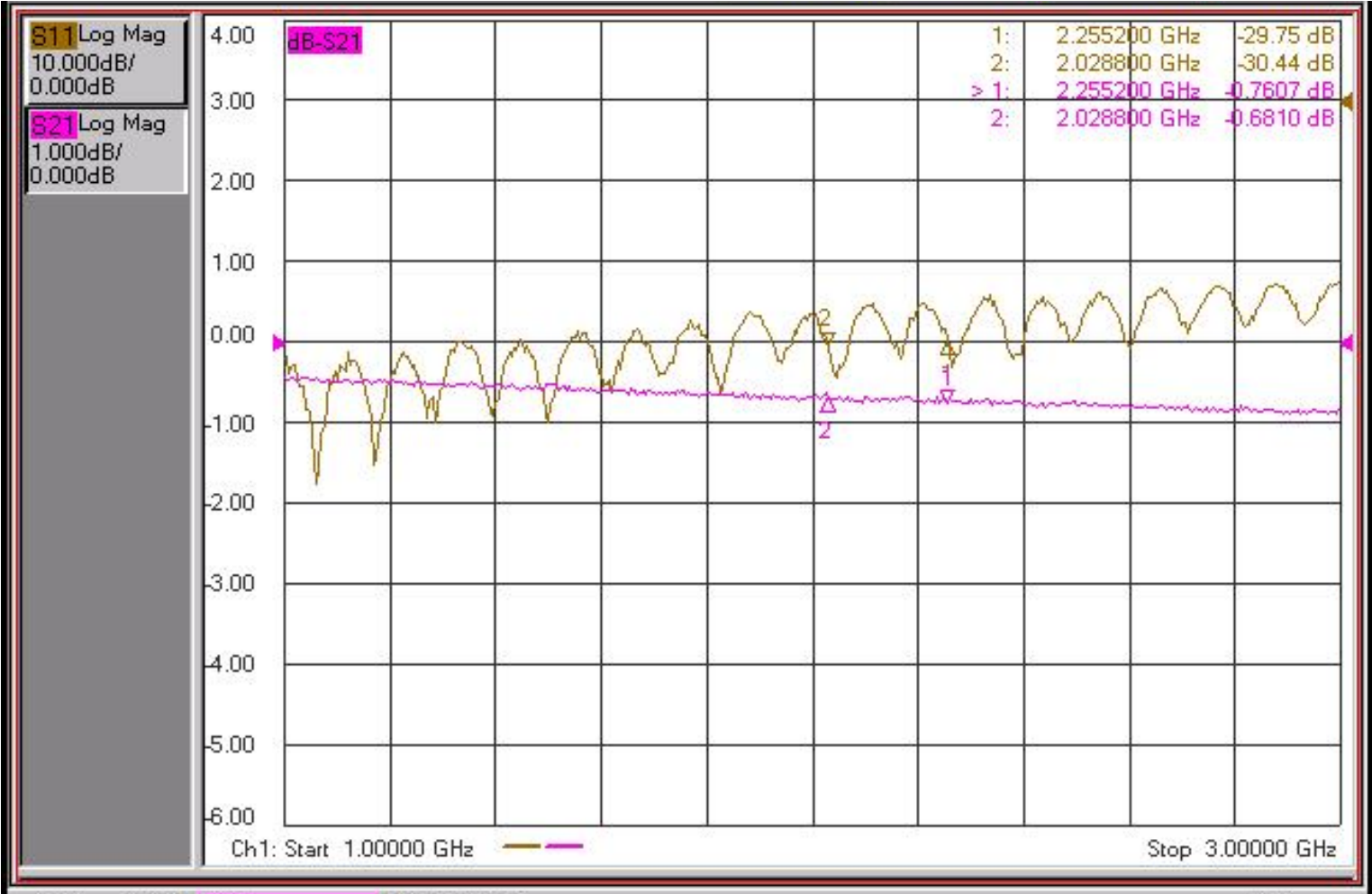
ANEXO B – MEDIDAS DOS CABOS DE RF

Este anexo inclui os resultados das medidas realizadas para os cabos de RF utilizados nos testes dos transponders EW-C10000, modelos de engenharia e voo (MV-20 e MV-21). Foram consideradas as medidas de perda de retorno e perda de inserção, i.e. parâmetros S11 e S21, respectivamente. Em todos os casos, foi considerada a faixa de frequências entre 1GHz e 3GHz, onde os markers mostram as frequências utilizadas nas cadeias de telemetria (marker 1) e telecomando (marker 2). Estas medidas auxiliam no levantamento do mapa de atenuações do rack de interação, permitindo melhor dimensionar os testes com os transponders.

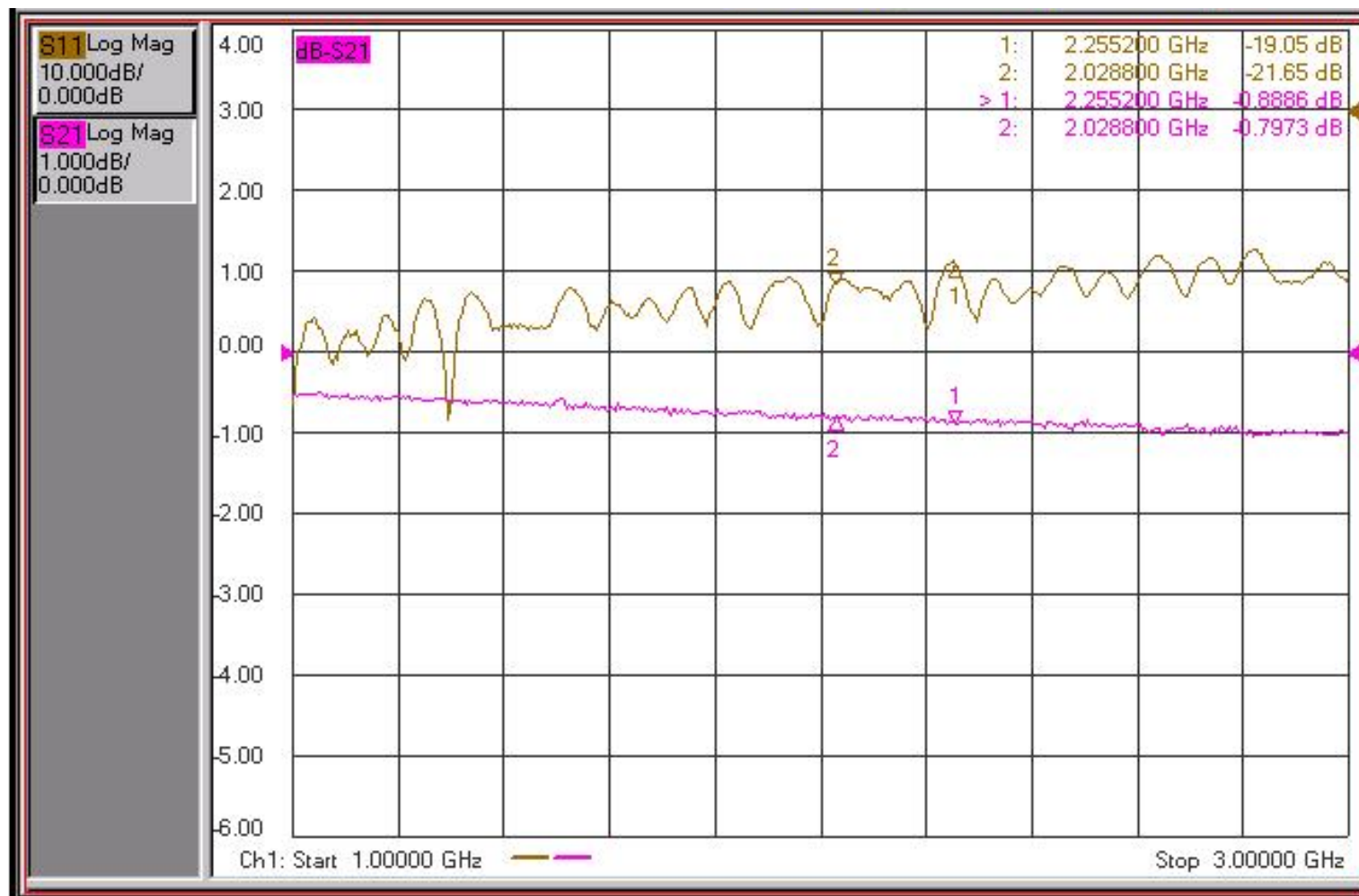
• Cabo SMA-1:



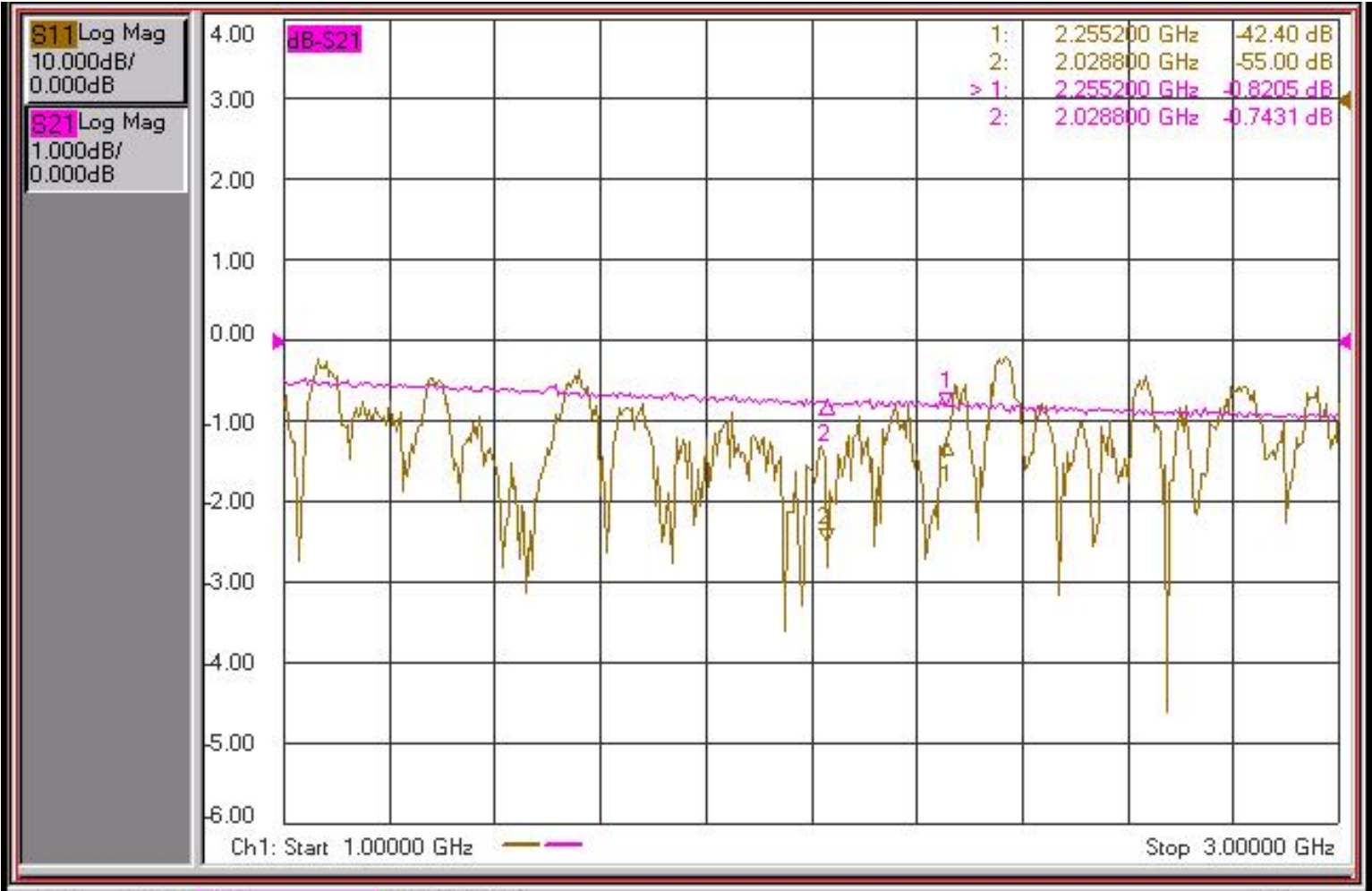
• Cabo SMA-2:



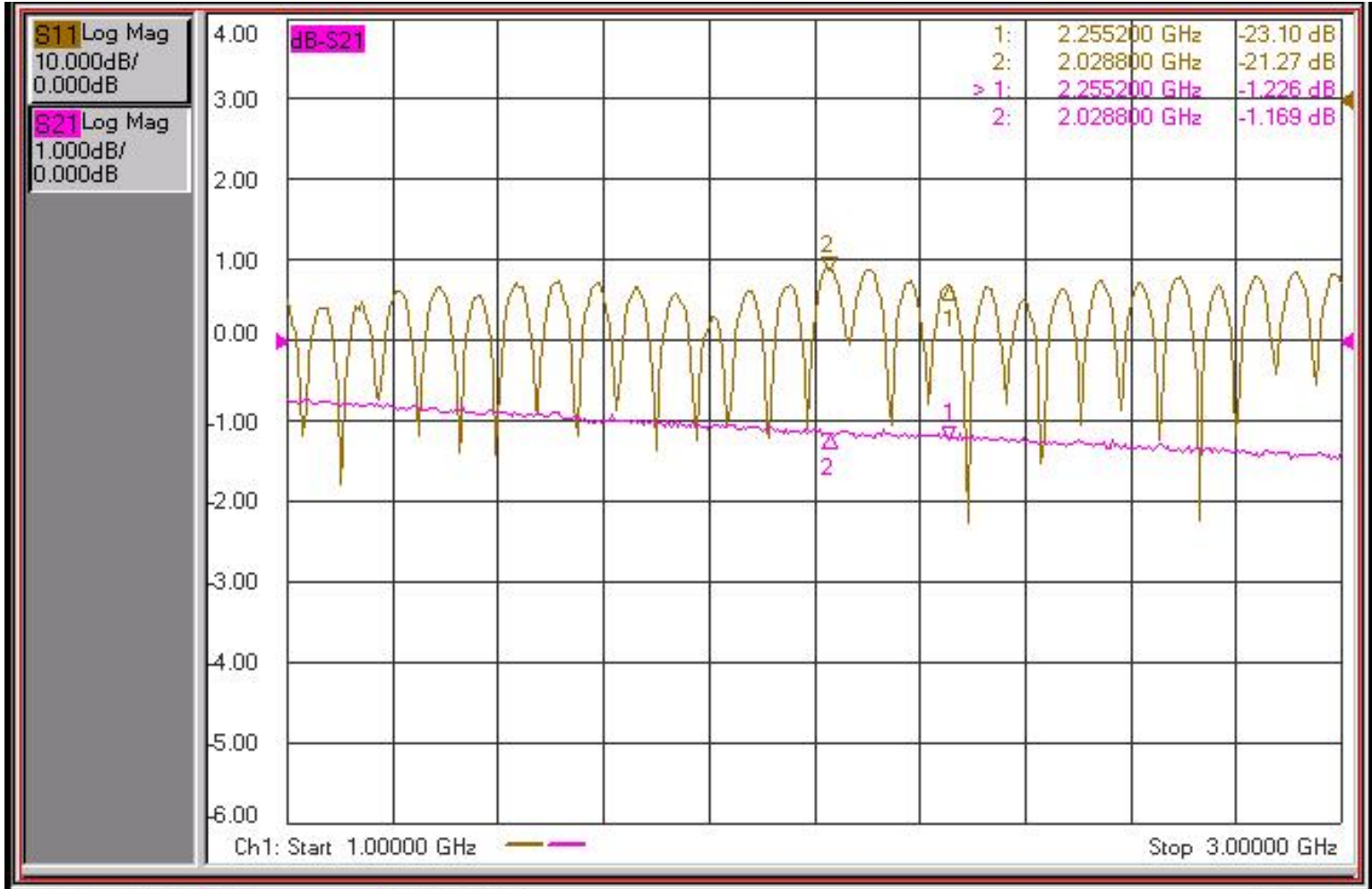
- **Cabo SMA-3:**



• Cabo SMA-4:



• Cabo SMA-5:



ANEXO C – RELATÓRIO DE MATE/DEMATE

Este anexo inclui o levantamento das conexões/desconexões (mate/demate) dos terminais de dados, alimentação e saída do oscilador OCXO de referência de 10MHz dos módulos transmissor e receptor do transponder EW-C10000, além do controle de conexão dos terminais de RF do diplexer. O controle de mate/demate possibilita estimar a probabilidade de falha por mau contato nos conectores de equipamentos especiais; neste caso particular, os transponders modelo de engenharia e modelos de voo MV-20 e MV-21.

Modelo de Engenharia (ME) – Módulo Receptor

- IN OUT RX:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mate	10/2011	11/2011	11/2011								
Demate	11/2011	11/2011	11/2011								

- SUPPLY RX:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mate	10/2011	11/2011	11/2011								
Demate	11/2011	11/2011	11/2011								

- RF IN RX:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mate	10/2011									
Demate										

- Ref. 10MHz (RX):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mate	11/2011	11/2011								
Demate	11/2011	11/2011								

Modelo de Engenharia (ME) – Módulo Transmissor

- IN OUT TX:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mate	10/2011	11/2011	11/2011								
Demate	11/2011	11/2011	11/2011								

- SUPPLY TX:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mate	10/2011	11/2011	11/2011								
Demate	11/2011	11/2011	11/2011								

- RF OUT TX:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mate	10/2011									
Demate										

- Ref. 10MHz (TX):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mate	11/2011	11/2011								
Demate	11/2011	11/2011								

Modelo de Engenharia (ME) – Diplexer• **TX IN:**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mate	10/2011									
Demate										

• **RX OUT:**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mate	10/2011									
Demate										

• **ANT:**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mate	10/2011	11/2011	11/2011							
Demate	11/2011	11/2011	11/2011							

Modelo de Voo (MV-20) – Módulo Receptor

- IN OUT RX:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mate	11/2011										
Demate											

- SUPPLY RX:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mate	11/2011										
Demate											

- RF IN RX:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mate	11/2011									
Demate										

- Ref. 10MHz (RX):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mate	11/2011									
Demate										

Modelo de Voo (MV-20) – Módulo Transmissor

- IN OUT TX:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mate	11/2011										
Demate											

- SUPPLY TX:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mate	11/2011										
Demate											

- RF OUT TX:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mate	11/2011									
Demate										

- Ref. 10MHz (TX):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mate	11/2011									
Demate										

Modelo de Voo (MV-20) – Diplexer• **TX IN:**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mate	11/2011									
Demate										

• **RX OUT:**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mate	11/2011									
Demate										

• **ANT:**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mate	11/2011									
Demate										

Modelo de Voo (MV-21) – Módulo Receptor

- IN OUT RX:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mate	03/2001	03/2001	04/2001	05/2001	01/2002	02/2002	01/2003	02/2003	04/2003	08/2003	11/2011
Demate	03/2001	03/2001	05/2001	01/2002	01/2002	02/2002	02/2003	02/2003	04/2003	08/2003	

- SUPPLY RX:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mate	03/2001	03/2001	04/2001	05/2001	01/2002	02/2002	01/2003	02/2003	03/2003	08/2003	11/2011
Demate	03/2001	03/2001	05/2001	01/2002	01/2002	02/2002	02/2003	02/2003	04/2003	08/2003	

- RF IN RX:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mate	03/2001	04/2001	01/2002	02/2003	02/2003					
Demate	03/2001	01/2002	01/2003	02/2003						

- Ref. 10MHz (RX):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mate	03/2001	04/2001	01/2002	02/2002	01/2003	02/2003	03/2003	11/2011		
Demate	03/2001	01/2002	01/2002	02/2002	02/2003	02/2003	04/2003			

Modelo de Voo (MV-21) – Módulo Transmissor

- IN OUT TX:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mate	03/2001	03/2001	04/2001	05/2001	01/2002	02/2002	01/2003	02/2003	03/2003	08/2003	11/2011
Demate	03/2001	03/2001	05/2001	01/2002	01/2002	02/2002	02/2003	02/2003	04/2003	08/2003	

- SUPPLY TX:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mate	03/2001	03/2001	04/2001	05/2001	01/2002	02/2002	01/2003	02/2003	03/2003	08/2003	11/2011
Demate	03/2001	03/2001	05/2001	01/2002	01/2002	02/2002	02/2003	02/2003	04/2003	08/2003	

- RF OUT TX:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mate	03/2001	04/2001	01/2002	01/2003	02/2003	02/2003				
Demate	03/2001	01/2002	01/2003	02/2003	02/2003					

- Ref. 10MHz (TX):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mate	03/2001	04/2001	01/2002	02/2002	01/2003	02/2003	03/2003	11/2011		
Demate	03/2001	01/2002	01/2002	02/2002	01/2003	02/2003	04/2003			

Modelo de Voo (MV-21) – Diplexer• **TX IN:**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mate	01/2002	02/2003								
Demate	01/2003									

• **RX OUT:**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mate	01/2002	02/2003								
Demate	01/2003									

• **ANT:**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mate	01/2002	01/2002	02/2002	02/2003	03/2003	08/2003	11/2011			
Demate	01/2002	01/2002	02/2003	02/2003	04/2003	08/2003				

ANEXO D – PROCEDIMENTO DE TESTE DA PLACA DIGREC RECORDER

Este anexo tem por objetivo demonstrar o funcionamento da placa de registro de dados através do programa *DigRec Recorder*. Esta placa permite realizar a leitura de duas vias independentes de dados e clock, onde a taxa de dados e o instante de amostragem dos bits são configuráveis.

Considera-se para o exemplo a seguir um teste de validação da cadeia de telemetria (TM) no modo de alta taxa (200kbps), onde a “Via 1” realiza a leitura dos dados provenientes do computador de bordo (ou gerador de sinais do rack de integração) para o transmissor, e a “Via 2” realiza a leitura dos dados demodulados pelo receptor de telemetria (MQR70) do rack de integração. A verificação de ambas as sequências de dados, neste caso, nos permite verificar o funcionamento coerente da cadeia de telemetria. A Fig. 61 mostra o diagrama de blocos deste teste proposto como exemplo:

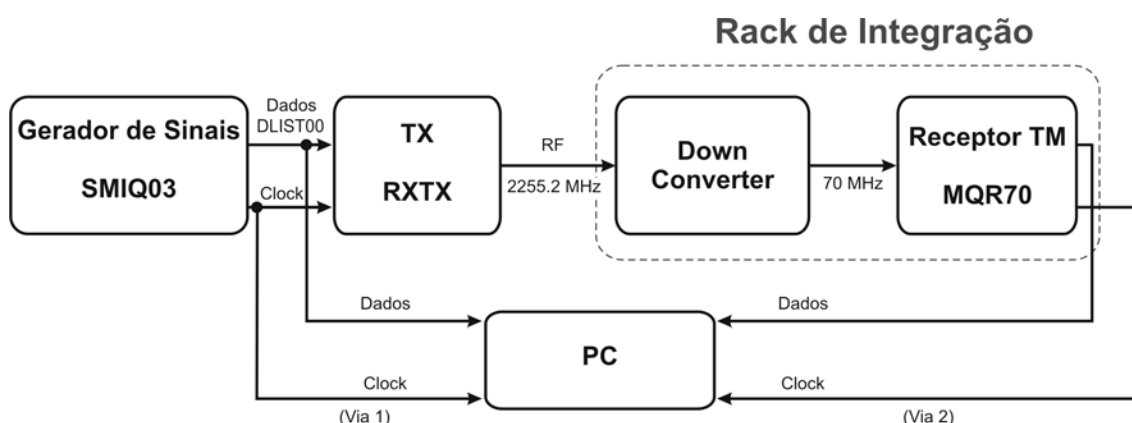


Fig. 61. Diagrama de blocos do teste da placa PCI de registro de dados.

Neste caso particular, o gerador de sinais SMIQ03 do rack de integração simula os dados enviados pelo computador de bordo (OBC) utilizando uma sequência pseudoaleatória de 128 bits (DLIST00), conforme mostrada no Quadro 1:

Quadro 1: Sequência pseudoaleatória de dados DLIST00 (128 bits).

DLIST00 (128 bits):

F01F 2E72 4AC0 AB35 BE3A 20FF 7A7D 7FCA

Contudo, para a realização deste teste se requer a montagem de um cabo adicional para que se possa conectar a saída do receptor de telemetria MQR70 diretamente à entrada da “Via 2” - na placa de registro de dados do PC. A Tabela 8 mostra a relação entre ambas as extremidades deste cabo em questão:

Tabela 8. Pinagem do cabo para registro dos dados demodulados pelo receptor de telemetria.

	Demod.TM (DB-9)	Via 2- DigRec (DB-15)
Clock +	1	3
Data +	2	9
Clock -	6	11
Data -	7	2

A seguir, a Fig. 62 apresenta a tela inicial do programa *DigRec Recorder*, cujas configurações são pertinentes a estes teste em questão.

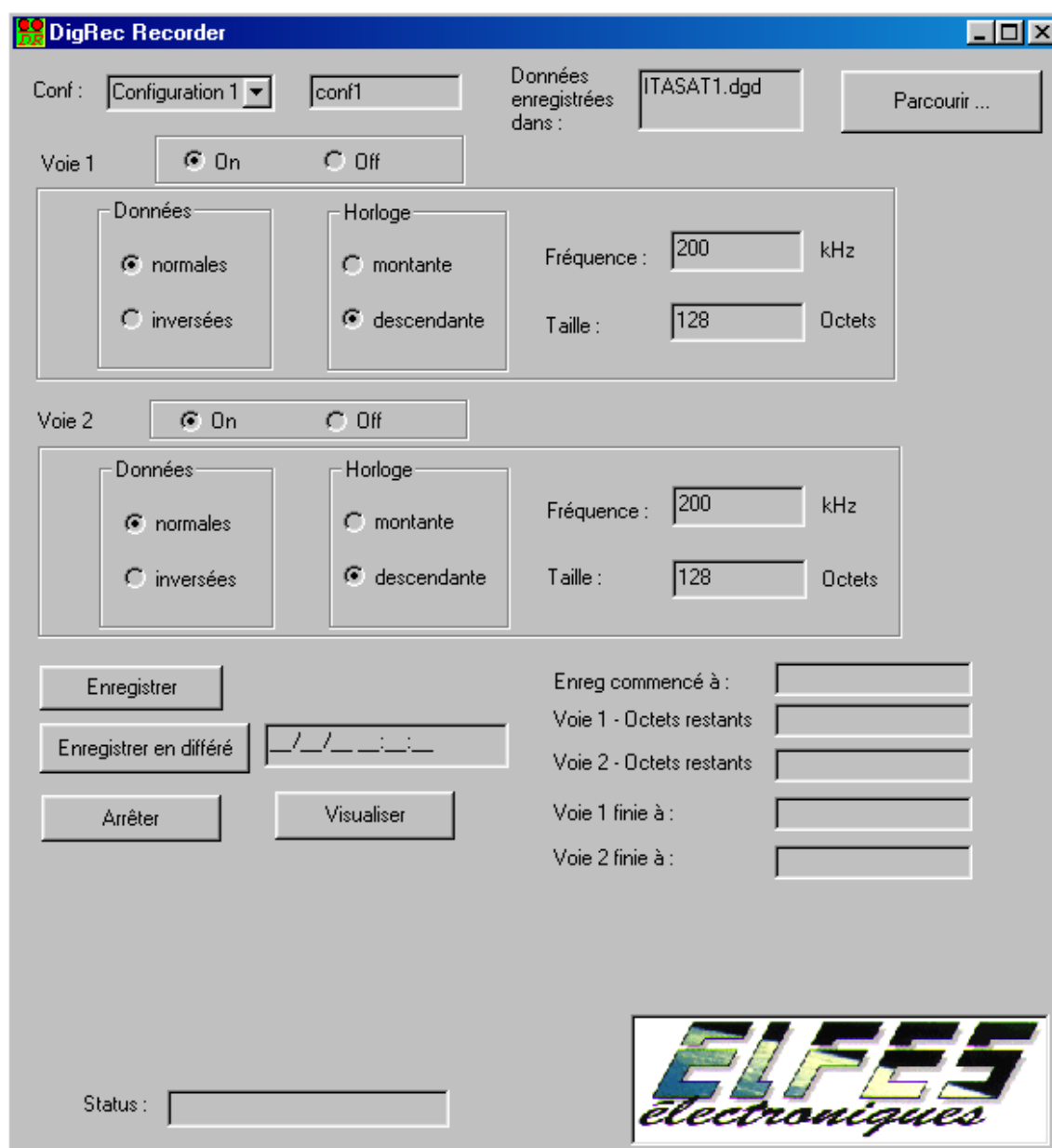


Fig. 62. Tela inicial do programa *DigRec Recorder*.

Tem-se na “Via 1” a sequência de dados DLIST00 sendo repetida a uma taxa de 200kbps (modo de alta taxa). Estes dados são gerados para o transmissor e copiados

diretamente para a placa do *DigRec Recorder*. Os dados são considerados como “normais” (i.e. “não-invertidos”), o instante de amostragem é adotado na borda de descida do clock, e por fim, são lidos 128 octetos.

Na “Via 2”, tem-se os dados demodulados na saída do receptor de telemetria MQR70 a uma taxa de 200kbps. Os dados são considerados como “normais”, o instante de amostragem é adotado na borda de descida do clock, e por fim, são lidos 128 octetos.

A leitura das vias 1 e 2 se inicia com o comando *Enregistrer*, e então pode-se visualizar os dados recebidos por ambas as vias através do comando *Visualiser*. Por fim, a Fig. 63 mostra a tela do *DigRec Recorder* com os dados recebidos:

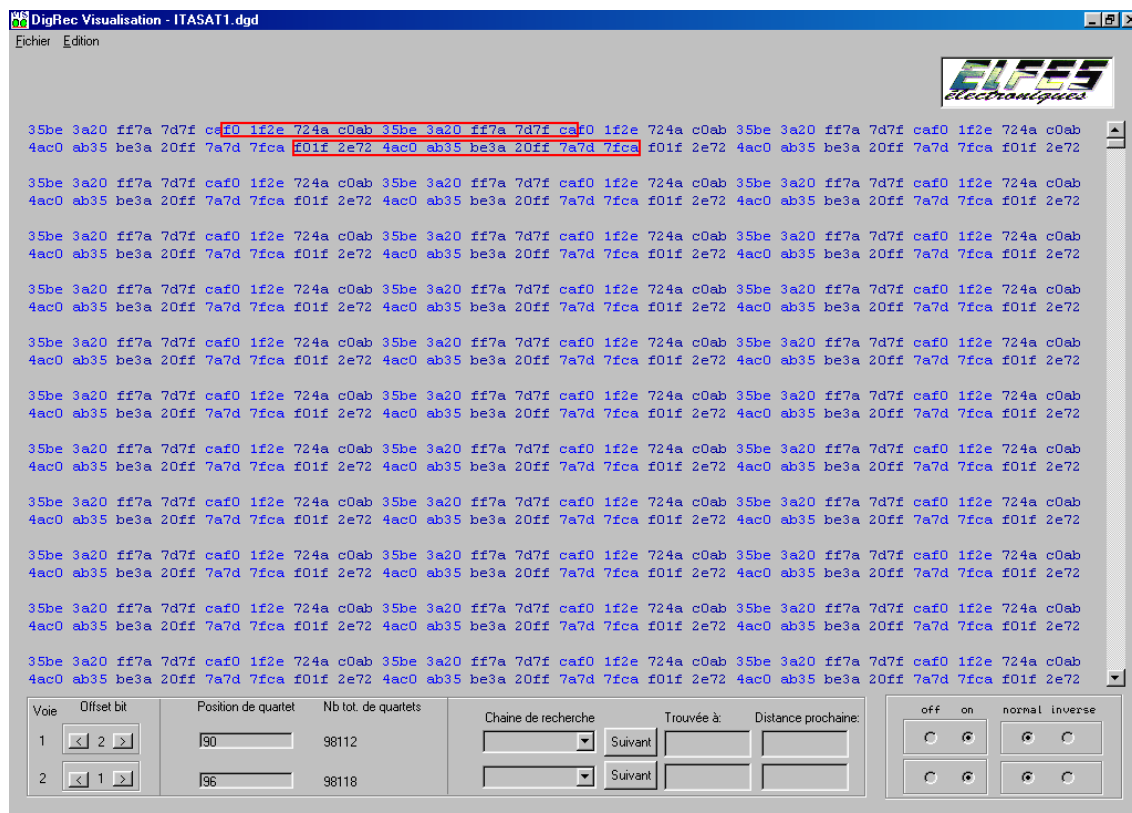


Fig. 63. Dados recebidos em ambas as vias da placa PCI de registro de dados.

Neste caso, os dados são apresentados em pares de linhas, onde as linhas superiores mostram a aquisição dos dados através da “Via 1”, e as linhas inferiores mostram a aquisição dos dados através da “Via 2”. É importante ressaltar que em ambas as vias a aquisição dos dados pode se iniciar em qualquer instante de tempo, fato pelo qual o programa oferece a função de rotação de bits para a esquerda/direita (*Offset bit*) até que se encontre a sequência em sua posição desejada - apresentada no formato hexadecimal. Pode-se observar na Fig. 63 que os dados enviados para o transmissor (Via 1) foram demodulados corretamente pelo receptor de telemetria (Via 2), com isso, validando o funcionamento da placa de registro de dados, do software *DigRec Recorder*, e principalmente da cadeia de telemetria (TM).