



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA



CENTRO DE TECNOLOGIA E URBANISMO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
2ELE049 - Redes de Telecomunicações

Experiência 1: Desempenho de sistemas PAM

PROFESSOR: Jaime Laelson Jacob

ALUNOS: David Krepsky

Marco Aurélio Hernandes Fortes

Relatório apresentado a disciplina de Redes de Telecomunicações.

Experimentos(s) realizado(s)
em: 13/10/2015.

Turma: 1012.

Londrina, 27 de outubro de 2015

Resumo

Nesse relatório será analisado a simulação de diversos sistemas digitais PAM, e será visto como comparar o desempenho dos diferentes circuitos, através da curva BERxSNR. E também se analisará a simulação de densidade espectral de potência dos sistemas sinc e cosseno levantado.

Sumário

1	OBJETIVOS	4
2	REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1	Sistemas Digitais	5
2.2	Modulação PAM	5
3	METODOLOGIA EXPERIMENTAL	6
3.1	Materiais	6
3.2	Métodos	6
4	RESULTADOS	10
4.1	PAM retangular	10
4.2	PAM sinc	12
4.3	PAM sinc por um canal AWGN	13
5	CONCLUSÃO	16

1 OBJETIVOS

Simular os diferentes sistemas PAM digitais usando formas de onda diferentes e identificar a que apresenta o melhor desempenho (BERxSNR). Além disto, é necessário obter a simulação da densidade espectral de potência dos sistemas sinc e cosseno levantado.

2 REVISÃO DA LITERATURA

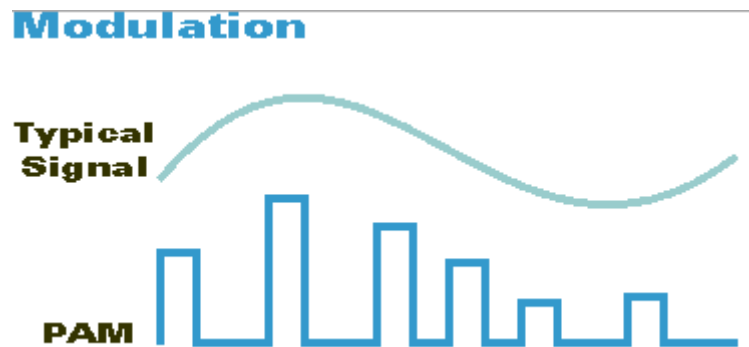
2.1 Sistemas Digitais

Atualmente, a maior parte dos sistemas de comunicação utilizam Modem digital. Porque este tem uma maior capacidade de canal, o desempenho de transmissão e recepção é melhor, obtendo assim, uma menor BER. E quando utilizamos sinais digitais conseguimos um sinal sem ruído adicionando um código de correção de erro. E ainda obtemos uma maior eficiência de banda.

2.2 Modulação PAM

A Modulação de amplitude de impulso ou PAM é a transmissão de dados através da variação de amplitude dos níveis de tensão ou potência dos impulsos individuais numa sequência temporizada regular de impulsos elétricos ou eletromagnéticos. O número de possíveis amplitudes de impulso pode ser infinita (no caso de PAM analógico), mas, geralmente, é uma potência de dois, de modo que o sinal de saída resultante pode ser digitalizado. Em alguns sistemas de PAM, a amplitude de cada pulso é diretamente proporcional à amplitude de modulação do sinal instantâneo no tempo o impulso ocorre. Em outros sistemas PAM, a amplitude de cada pulso é inversamente proporcional à amplitude de modulação do sinal instantâneo no tempo o impulso ocorre. Em ainda outros sistemas, a intensidade de cada impulso depende alguma característica do sinal de modulação diferente da sua força, tal como a sua instantânea frequência ou fase .

Figura 1 - Sinal PAM retangular.



Em canais AWGN a detecção coerente é ótima (min. BER) quando se utiliza matched filter ou filtro casado. O detector síncrono é ótimo para canal AWGN requer custo de implementação mais elevado que a versão não-coerente.

A eficiência espectral do sinal PAM ou QAM com formatação dos pulsos retangulares é:

$$\eta_{BW}^{MPSK_{QAM}} = \frac{R}{B_T} = \frac{1}{2} \left[\frac{bits/s}{Hz} \right]$$

Onde é o número de pontos da constelação de sinais.

Observe que a eficiência espectral aumenta à medida que o número de pontos na constelação cresce e o espectro do sinal em banda-base é reduzido (formatação de pulso)

3 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

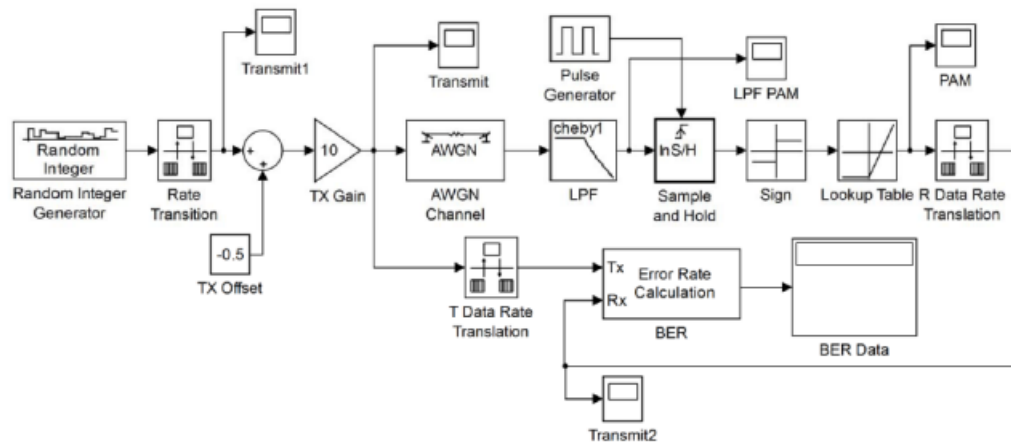
3.1 Materiais

- Foi utilizado o simulador Simulink do Matlab para simular os seguintes experimentos.

3.2 Métodos

Na primeira atividade, foi montado o circuito da figura abaixo com ajuda do roteiro que continha todos os parâmetros necessários para configurar os blocos:

Figura 2 - Sistema PAM retangular com filtro.



Os parâmetros de simulação foram feitos assim: start time 0; stop time 10.001; type: fixed-step; solver: ode3; fixed-step size 2e-5; period sample time constraint: unconstrained; tasking mode for period sample times: auto.

Após isto, encontramos os dados obtidos em cada osciloscópio, simulado no circuito : transmit 1, transmit, transmit 2, LPF PAM e PAM.

Deveríamos também verificar o atraso no sinal recebido em relação ao sinal transmitido.

E para finalizar este exercício, deveríamos plotar o gráfico BER X SNR, utilizando a função semilogy e preencher uma tabela. * Obs. Considerando a potência do sinal de 25W.

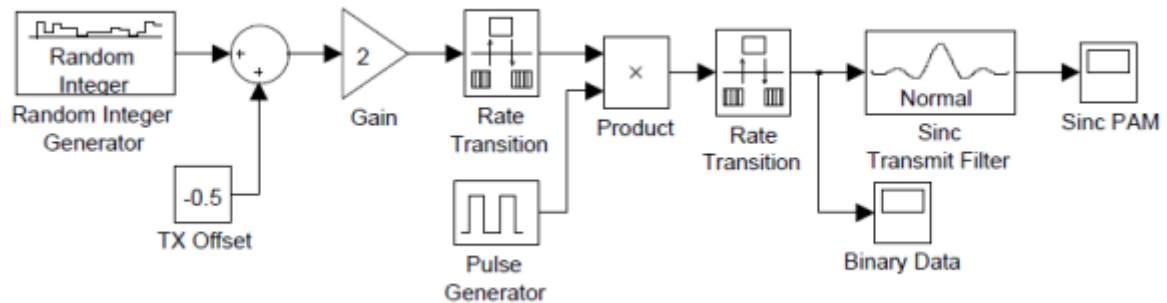
Tabela 1 - Taxa de erro de bit.

SNR[dB]	AWGN σ^2	BER
0.96	20	0,0001
	50	
	100	
	150	
	200	
	250	
	270	
	300	
	500	

Na segunda atividade, deveríamos simular o circuito PAM sinc que estende-se além de um tempo de bit, mas evita a interferência intersimbólica (ISI) pelo fato de ter valores zeros em $\pm nTb$ (n é um inteiro e $n \neq 0$).

E todos os parâmetros foram configurados de acordo com o roteiro.

Figura 3 - PAM com sinc.



Depois de simulado o circuito deveríamos obter os gráficos obtidos nos osciloscópios para uma taxa de bit de e .

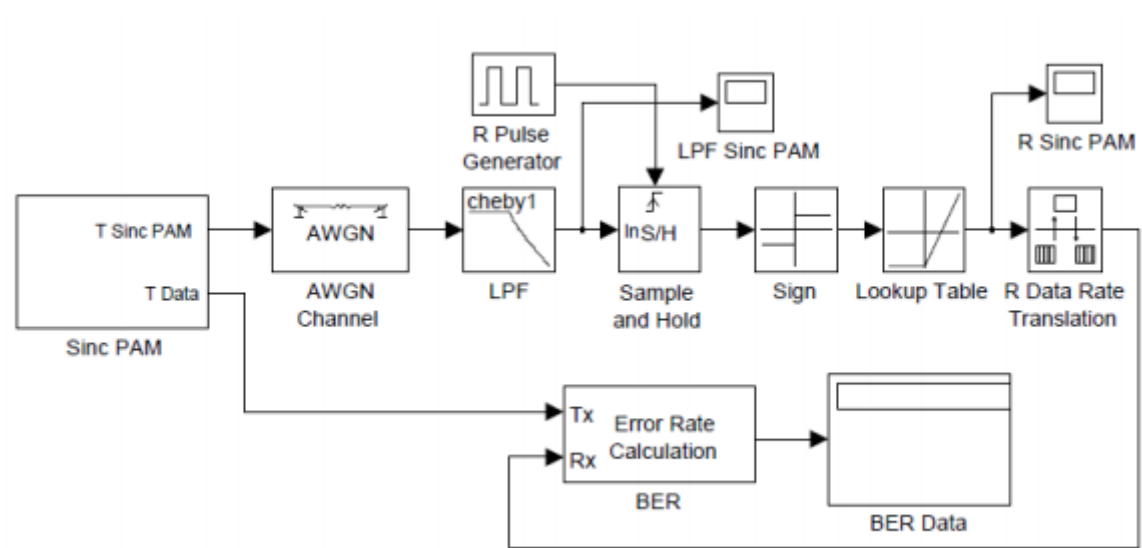
Em seguida deveríamos obter como terceira atividade a densidade espectral de potência do PAM sinc e para isto, os blocos do circuito foram reconfigurado de acordo com o roteiro e a simulação foi feita utilizando os seguintes parâmetros.

start time 0; stop time 10; type: fixed-step; solver: ode3; fixed-step size 2e-5; period sample time constraint: unconstrained; tasking mode for period sample times: auto.

Por conseguinte, deveríamos gerar o gráfico dos espectros de potência do sinal, observando os pontos de zero, que se encontram no eixo x.

E como ultima atividade do laboratório, tivemos que simular um circuito para verificar o desempenho do PAM sinc em um receptor simples AWGN.

Figura 4 - Sistema PAM sync.



Os parâmetros de simulação foram os seguintes:

Ao final da simulação deveríamos obter os gráficos gerados pelos osciloscópios presentes no circuito.

Também tínhamos que obter o atraso no sinal recebido com relação ao sinal enviado e ainda plotar o gráfico BER x SNR e preencher a tabela abaixo:

Sabendo que a potência do sinal é de aproximadamente 24,3 W era necessário calcular a potência do sinal.

Figura 5 - Calculo do valor RMS.

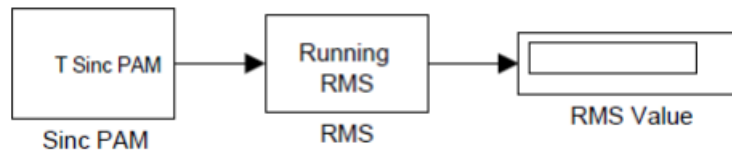


Tabela 2 - Taxa de erro de bit.

SNR[dB]	AWGN σ^2	BER
0.85	20	0,0001
	50	
	100	
	150	
	200	
	250	
	270	
	300	
	500	

4 RESULTADOS

Nesta seção serão discutidos os resultados obtidos pelos diversos experimentos.

4.1 PAM retangular

Para o circuito da Figura 2, temos os gráficos apresentados pelos osciloscópios na Figura 6.

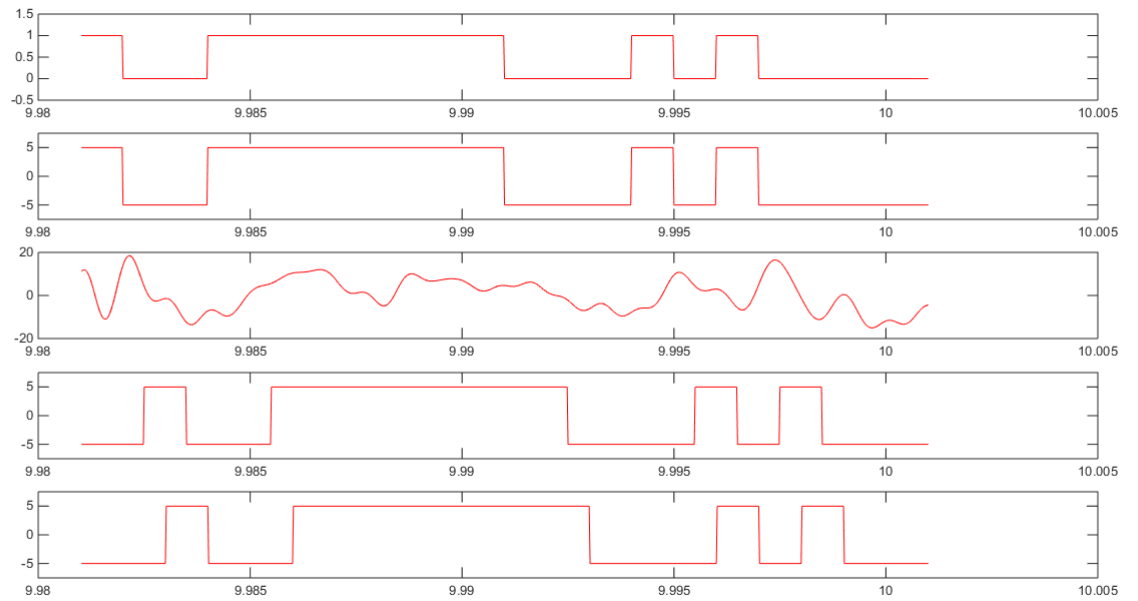


Figura 6 - Diversos sinais desde a modulação à demodulação.

Porém pelo fato de ter muitos gráficos na mesma imagem, foi optado pela plotagem de Tx e Rx , pela Figura 7, fica evidente o atraso de 3 bits para o dado circuito.

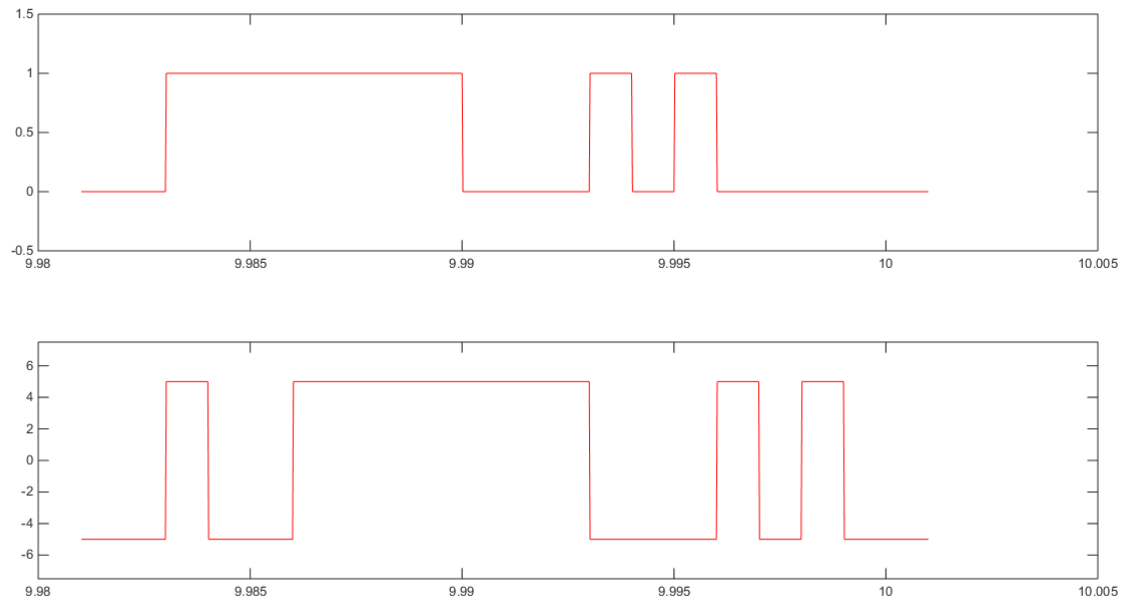


Figura 7 - Atraso entre Tx e Rx.

Com a simulação devidamente configurada e variando σ^2 é possível então preencher a Tabela 3.

Tabela 3 - Taxa de erro de bit.

SNR[dB]	AWGN σ^2	BER
0,97	20	0,0000
-3,01	50	0,0001
-6,02	100	0,0051
-7,78	150	0,019
-9,03	200	0,036
-10,00	250	0,052
-10,33	270	0,059
-10,79	300	0,066
-13,01	500	0,11

Assim a Figura 8, apresenta o gráfico da SNR por BER .

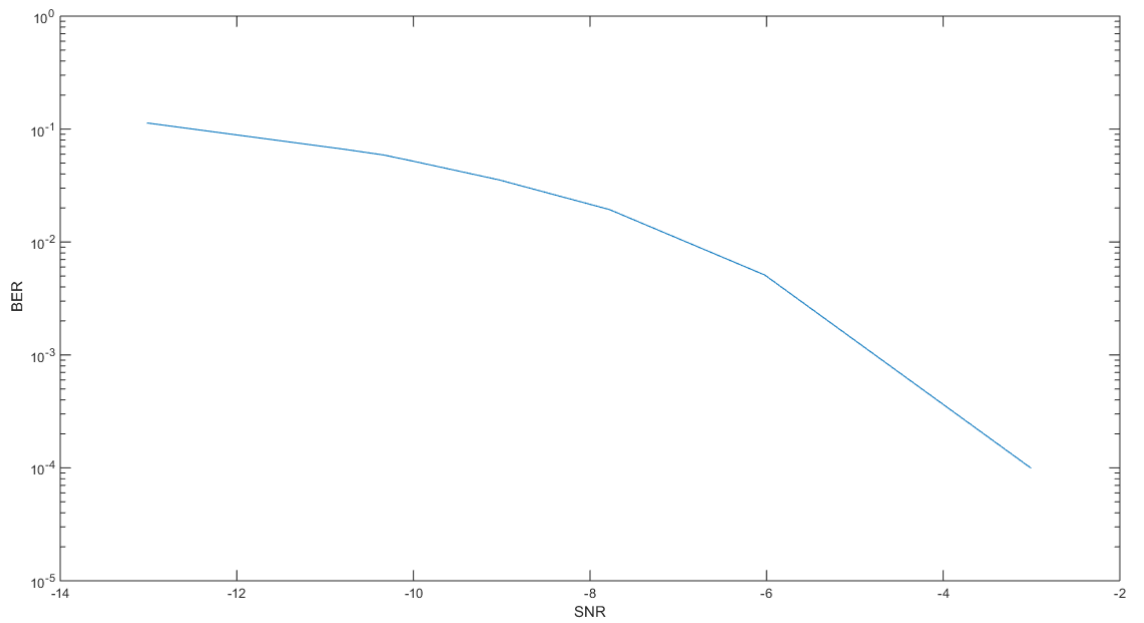


Figura 8 - Taxa de erro de bit em função da relação sinal ruído.

4.2 PAM sinc

Com o PAM modulado com sinc da Figura 3, foi obtido o gráfico presente na Figura 9 e 10.

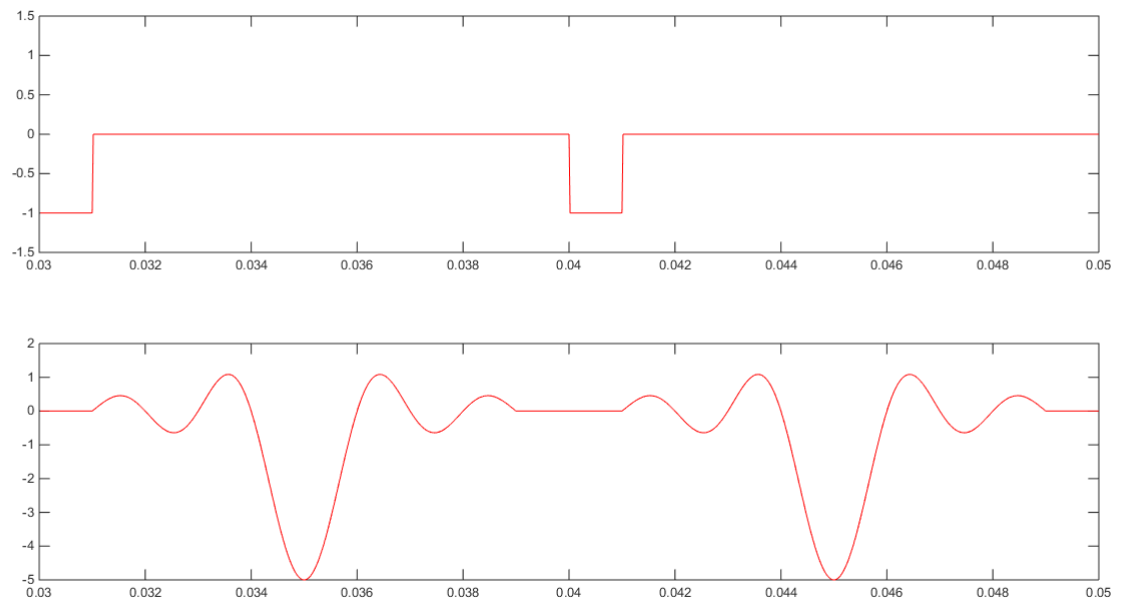


Figura 9 - PAM sinc com taxa de 10^2 .

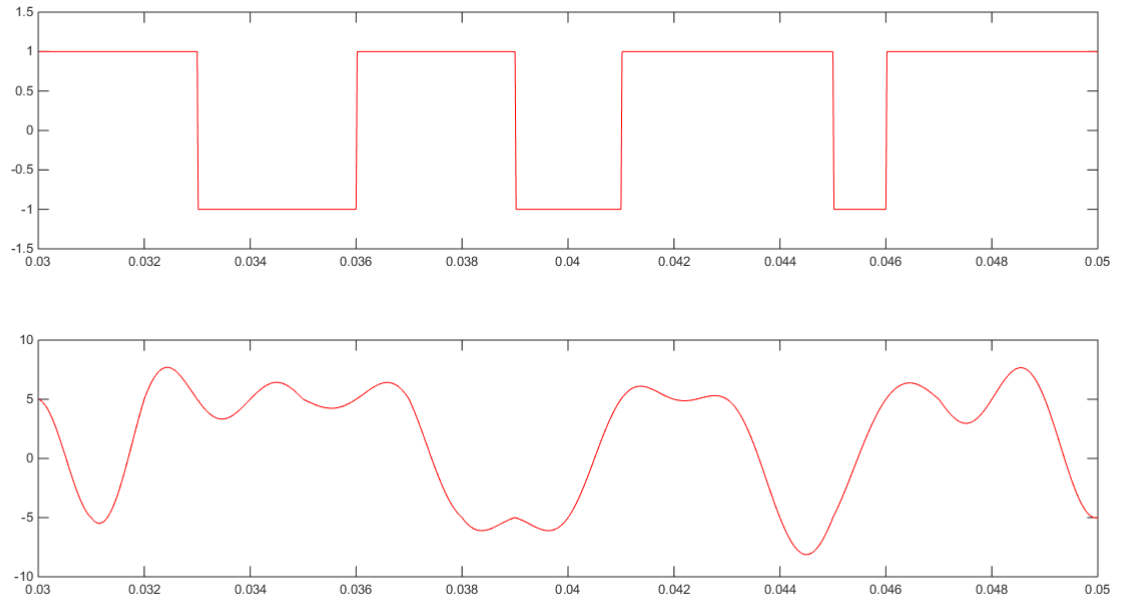


Figura 10 - PAM sinc com taxa de 10^3 .

Para validar a teoria então é colocado um elemento para analisar a *PSD*, densidade espectral de potência, apresentado na Figura 11.

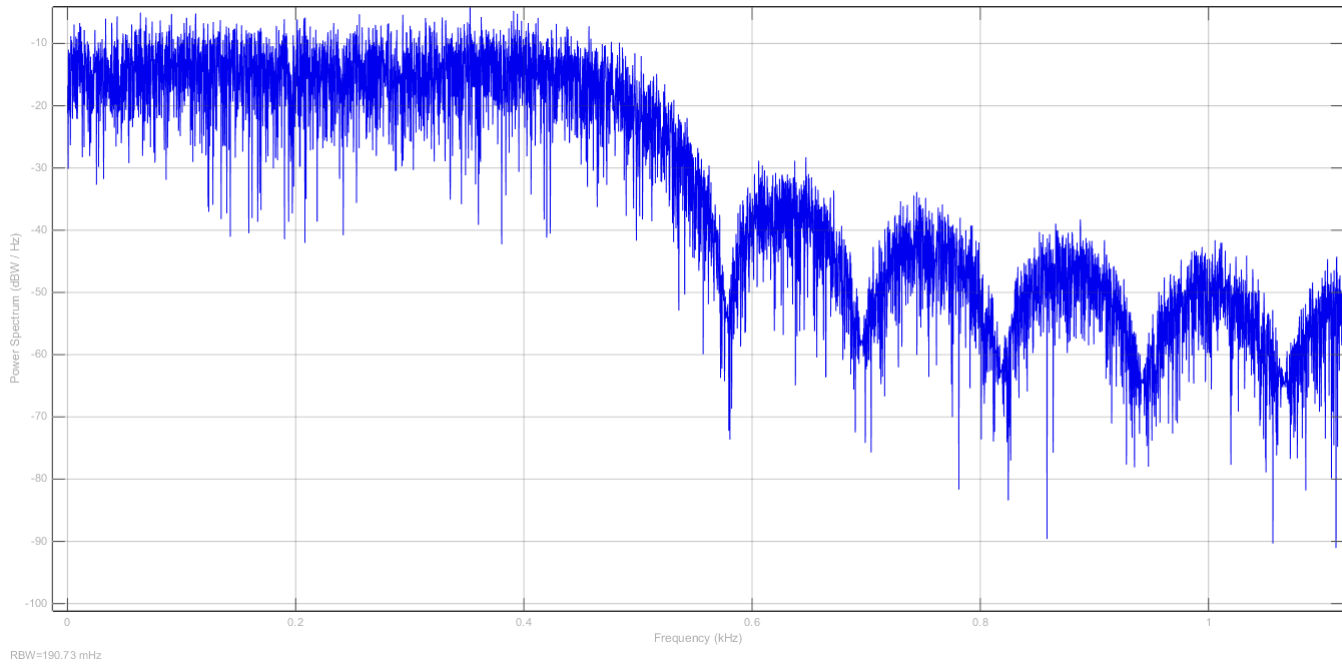


Figura 11 - PSD para PAM sinc.

Desta forma a frequência de joelho, é $f_c \approx 0,5[kHz]$ o que comprova a teoria pois a banda de um sinal amostrado por uma sinc é metade de um amostrado por uma retangular.

4.3 PAM sinc por um canal AWGN

Para o circuito da Figura 4, é analisado o atraso a partir da Figura 12.

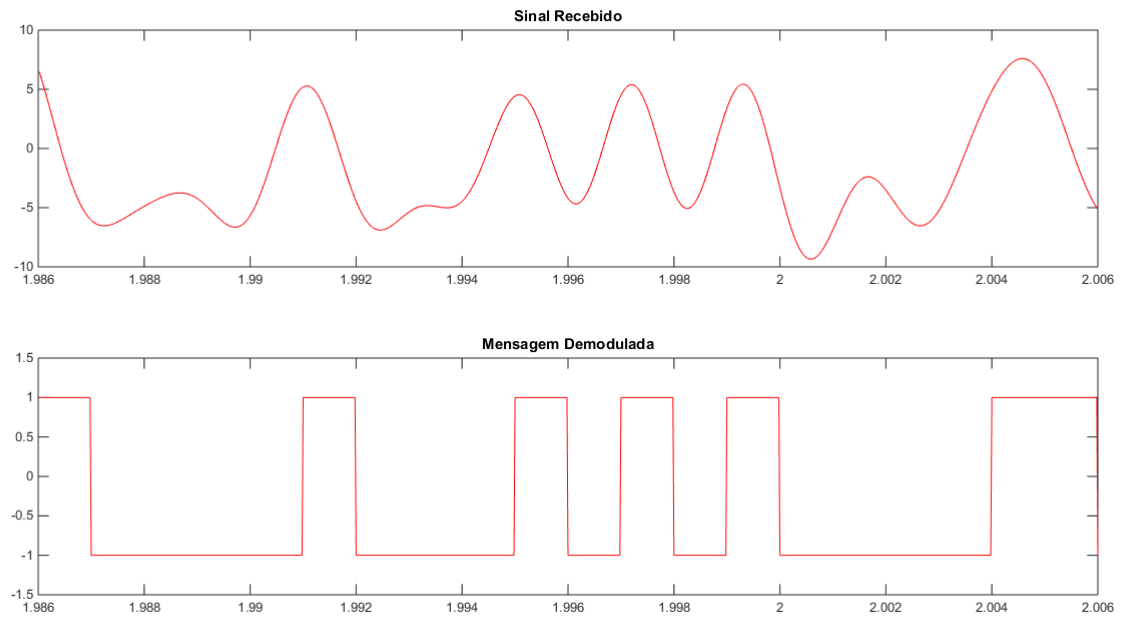


Figura 12 - PAM sinc por um canal AWGN.

Assim o atraso de 6 bits fica evidente pela Figura 13.

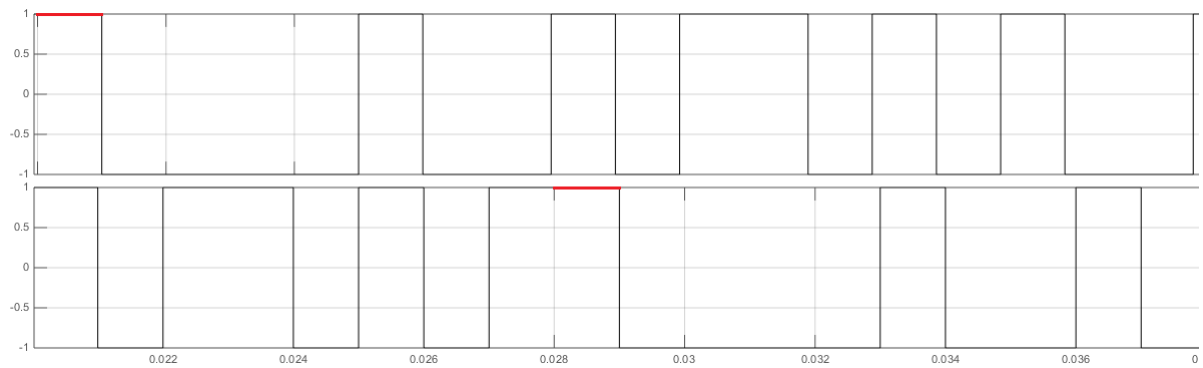


Figura 13 - Atraso de 6 bits.

Por fim, para fazer um comparativo e tabelado os valores para diversos σ^2 , de maneira similar a seção 5.1, obtendo os valores presente na Tabela 4.

Tabela 4 - Taxa de erro de bit.

SNR[dB]	AWGN σ^2	BER
0,85	20	0
-3,13	50	0,0004
-6,14	100	0,004
-7,90	150	0,011
-9,15	200	0,023
-10,12	250	0,030
-10,46	270	0,037
-10,92	300	0,046
-13,13	500	0,091

Por fim é realizado um gráfico comparativo entre o circuito PAM *retangular* e o *sinc*, presente na Figura 14.

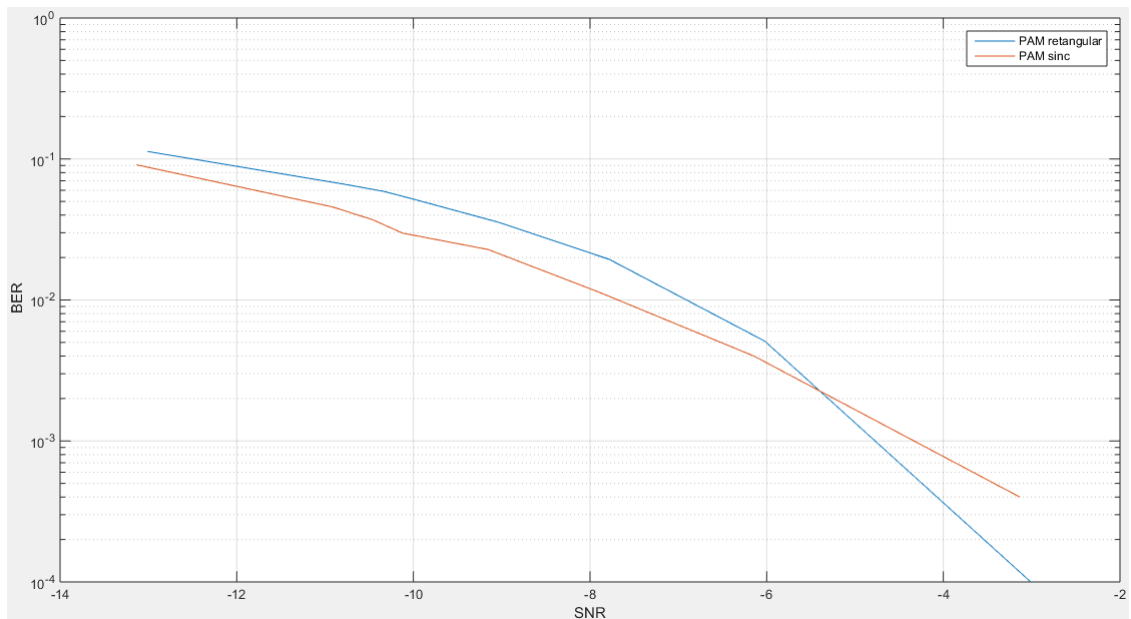


Figura 14 - Comparativo entre os dois tipos de modulação.

5 CONCLUSÃO

De acordo com os dados obtidos no experimento, podemos concluir que o PAM sinc possui um melhor desempenho em canais AWGN que o PAM retangular. Além disto, foi visto que há a introdução de um atraso no sinal, causado pelo canal. Uma outra constatação foi a prova prática de que a banda de um sinal amostrado por uma sinc é metade do de um amostrado por uma retangular.

Desta forma, o experimento contribuiu para o melhor entendimento das técnicas de modulação PAM vistas na teoria.