

Implementação de um Simulador para Equalização Adaptativa em Sistemas de Televisão Digital no padrão ATSC

Estevan M. LOPES

Departamento de Física e Matemática, Instituto Nacional de Telecomunicações
Santa Rita do Sapucaí, Minas Gerais 37540-000, Brasil

Alexandre C. FERREIRA

Departamento de Física e Matemática, Instituto Nacional de Telecomunicações
Santa Rita do Sapucaí, Minas Gerais 37540-000, Brasil

Aline S. MARTINS

Departamento de Física e Matemática, Instituto Nacional de Telecomunicações
Santa Rita do Sapucaí, Minas Gerais 37540-000, Brasil

Renata L. C. MELLO

Departamento de Física e Matemática, Instituto Nacional de Telecomunicações
Santa Rita do Sapucaí, Minas Gerais 37540-000, Brasil

RESUMO

O processo de equalização adaptativa é de grande importância para o sistema de recepção de televisão digital no padrão ATSC (*Advanced Television System Committee*), pois elimina interferências provenientes dos múltiplos percursos impostos pelo canal de comunicação. Um processo de simulação através de um programa de computador, pode auxiliar na obtenção de informações sobre o comportamento da equalização. A proposta deste artigo foi obter de um simulador com a utilização do programa MATLAB®, que permita equalizar a resposta impulsiva de canais de comunicação. Na equalização adaptativa, foram utilizados como algoritmos o LMS (*Least Mean Square*), GPEA-Godard (*General Pseudo Error Function Algorithm and Godard*) e GPEA-Sato (*General Pseudo Error Function Algorithm and Sato*). A estrutura de construção do equalizador foi a DFE (*Decision Feedback Equalizer*). Empregou-se o sinal multinível 8VSB do padrão ATSC para HDTV (*High Definition Television*) como padrão de modulação. O uso deste simulador possibilitou a realização de uma série de análises com relação ao comportamento do equalizador durante o processo de equalização.

Palavras-chave: HDTV, Equalizadores, Simulação, MATLAB®, ATSC, DFE.

1 - INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do padrão ATSC [1] [2] pela Grande Aliança, deixou para o equalizador do receptor a tarefa de eliminar as degradações impostas pelo canal de comunicação. O processo consiste na utilização de um equalizador com decisão realimentada, elaborado com filtros FIR [2]. A proposta deste artigo foi obter um simulador com utilização do programa MATLAB® [3] que permita equalizar a resposta impulsiva de canais de comunicação. Os algoritmos utilizados nesta construção, têm a função de ajustar o ganho das tomadas dos filtros. O simulador proposto é ilustrado na **Figura 1**. O objetivo foi mostrar o comportamento da equalização utilizando diferentes configurações de projeto tais como: Escolha dos algoritmos: LMS, GPEA-Godard e GPEA-Sato [4], escolha de diferentes canais de comunicação, tempo de processamento da simulação, passo de equalização LMS, número de símbolos da simulação, número de tomadas do filtro FIR direto, responsável pela eliminação do pré eco, número de tomadas do filtro FIR com realimentação, responsável pela eliminação do pós eco, constantes k_1 , k_2 e alfa (passo de adaptação), utilizadas nas técnicas GPEA-Godard e GPEA-Sato. Na seção 2, são apresentadas as características dos canais de transmissão usados na simulação. Na seção 3, é demonstrada uma

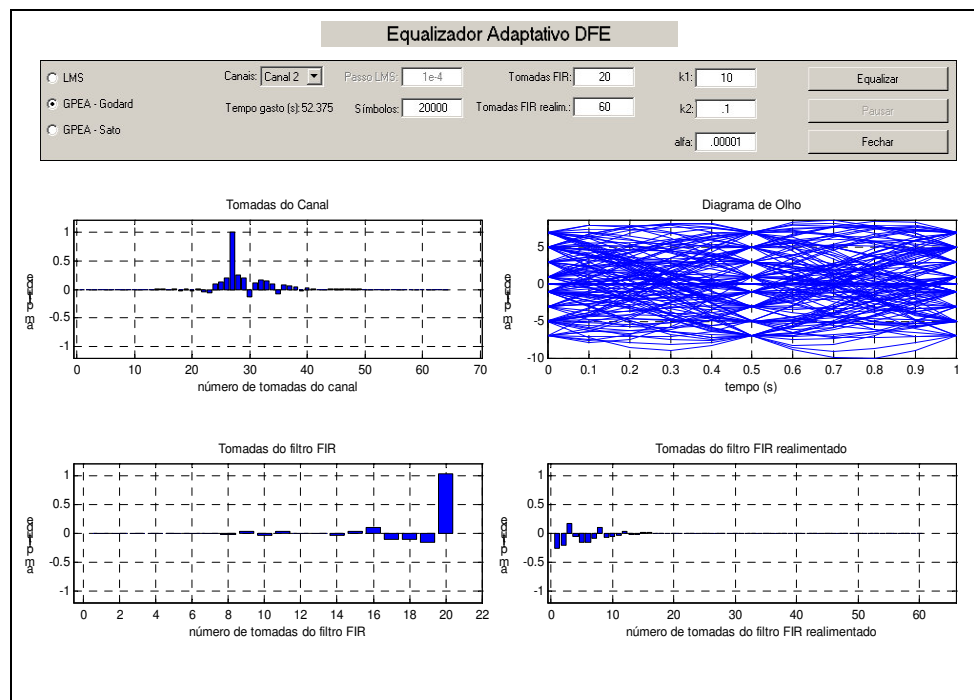


Figura 1- Simulador do equalizador adaptativo DFE.

simulação utilizando o algoritmo LMS, na seção 4 usa-se o algoritmo GPEA-Godard, na seção 5 é utilizado o algoritmo GPEA-Sato. Nessas seções pretende-se avaliar as possibilidades que o simulador oferece. O sucesso da equalização pode ser verificado quando a resposta impulsiva do equalizador [5] [6] for inversa à resposta impulsiva do canal de comunicação selecionado. Este resultado implicará na abertura do diagrama de olho.

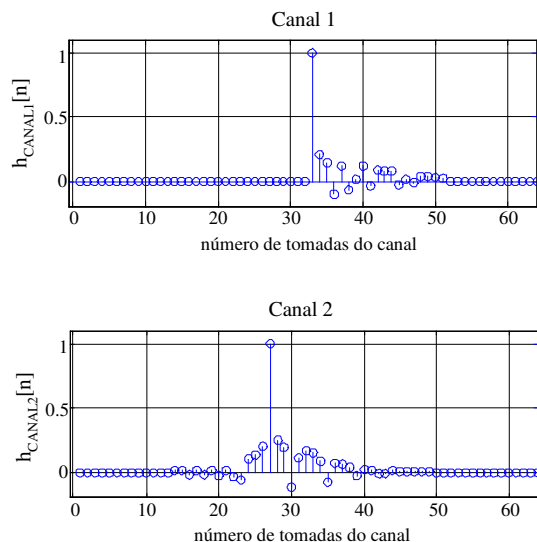


Figura 2 - Resposta impulsiva do canal de transmissão

2 – CANAIS DE COMUNICAÇÃO

A resposta impulsiva dos canais de comunicação utilizados na simulação está ilustrada na Figura 2. Os canais possuem 63 tomadas cada um. O canal 1 apresenta uma resposta impulsiva onde predomina interferência de natureza pós cursora também conhecida como pós eco, e o canal 2 uma resposta impulsiva com predominância de pré eco e pós eco. O eixo vertical fornece a informação sobre o ganho de tomada do canal.

3 – SIMULAÇÃO UTILIZANDO O ALGORITMO LMS

Nesta simulação foi usada a técnica LMS para equalizar o sinal recebido através do canal de transmissão. As Figuras 3 e 4 ilustram, respectivamente, o instante final da simulação da equalização do canal 1 e 2. Estas Figuras apresentam as tomadas dos filtros FIR direto, FIR de realimentação e o diagrama de olho. A simulação utilizou um gerador de números pseudo aleatórios que fornece os símbolos pertencentes à constelação 8VSB ($\pm 7, \pm 5, \pm 3, \pm 1$) [2]. O ruído do canal não foi considerado.

3.1 – Resultados obtidos na simulação

As Figuras 3 e 4 ilustram o resultado da equalização dos canais 1 e 2 respectivamente. A abertura do diagrama de olho da modulação 8VSB [2] proposta, demonstra o sucesso da equalização dos canais selecionados. O ganho das tomadas do filtro FIR direto e FIR de realimentação, mostra que ocorreu uma inversão com relação ao ganho das tomadas do canal de comunicação. Nas Tabelas 1 e 2 pode-se encontrar os parâmetros utilizados nas configurações de projeto do equalizador.

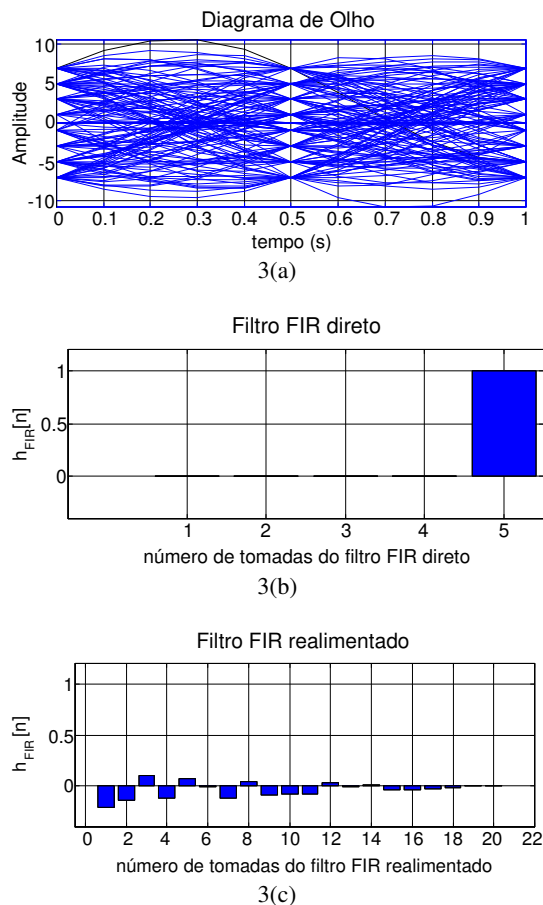


Figura 3 – Resultado da simulação usando o algoritmo LMS (Canal 1).

4 – SIMULAÇÃO UTILIZANDO O ALGORITMO GPEA-GODARD

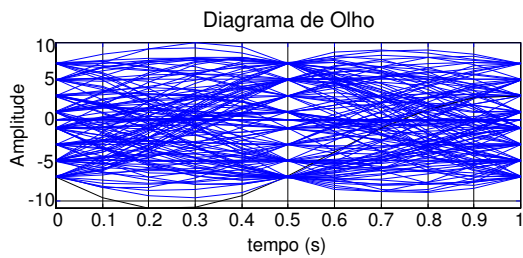
Foi utilizada nesta simulação a técnica GPEA-Godard [2]. Apresenta-se agora três novos parâmetros de projeto que são as constantes k_1 , k_2 e alfa (passo de adaptação). O objetivo foi o mesmo, ou seja, a abertura total do diagrama de olho, o que significa uma baixa interferência entre símbolos. Os canais ilustrados na Figura 2 e o sinal 8VSB [2] utilizados foram os mesmos em relação a simulação do LMS. Nas Tabelas 1 e 2 são mostrados todos os parâmetros de projeto usados em cada uma das simulações, pois os diferentes algoritmos exigem diferentes configurações para que o sinal recebido seja equalizado.

4.1 – Resultados obtidos na simulação

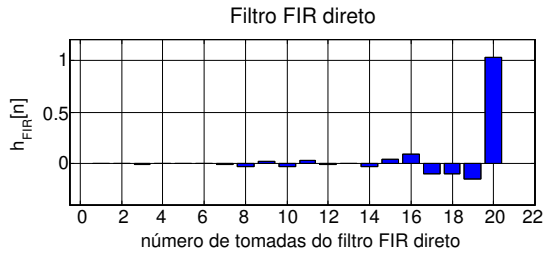
As Figuras 5 e 6 ilustram que a equalização do sinal foi obtida com sucesso. Observando os diagramas de olho abertos, e o ganho das tomadas dos filtros em uma condição de equalização, chega-se a esta conclusão.

5 – SIMULAÇÃO UTILIZANDO O ALGORITMO GPEA-SATO

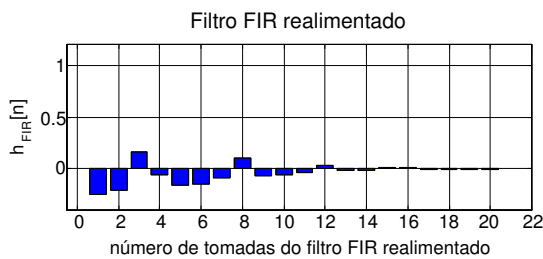
O algoritmo utilizado é denominado GPEA-Sato. As Tabelas 1 e 2 possuem os valores das configurações utilizadas no projeto desse equalizador.



4(a)

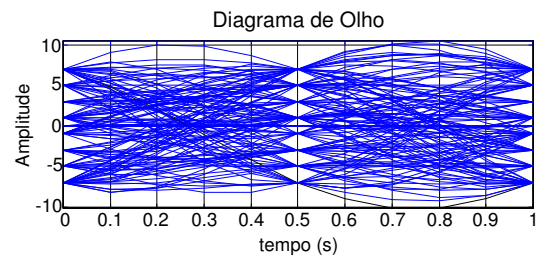


4(b)

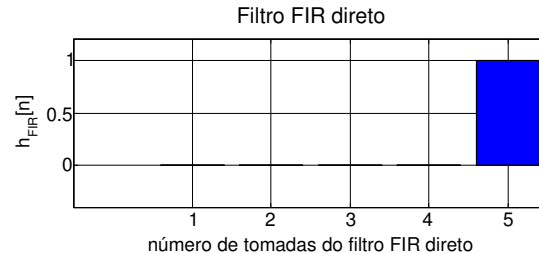


4(c)

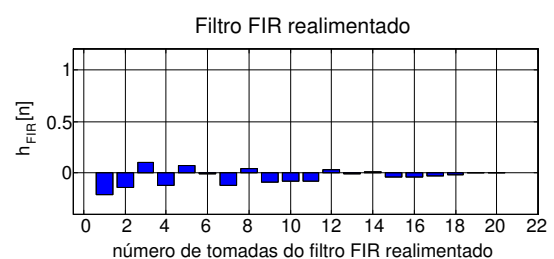
Figura 4 – Resultado da simulação usando o algoritmo LMS (Canal 2).



5(a)



5(b)



5(c)

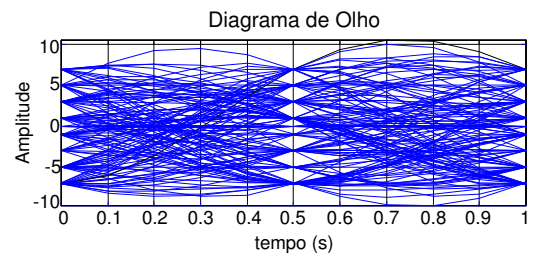
Figura 5 – Resultado da simulação usando o algoritmo de GPEA-Godard (Canal 1)

5.1 – Resultados obtidos na simulação

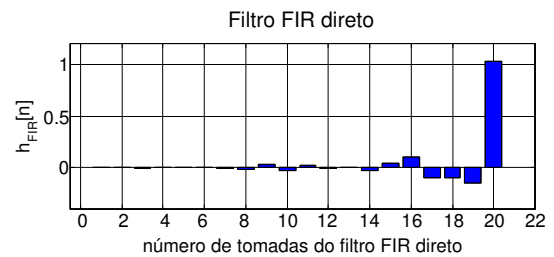
Diferente do ocorrido nas técnicas LMS e GPEA-Godard, quando foi usado o algoritmo GPEA-Sato, pôde ser visto pelo simulador que o diagrama de olho não se abriu. Não se obteve a eficiência necessária para diminuir a quantidade de interferência entre símbolos, como pode ser comprovado pelas Figuras 7 e 8. A escolha de parâmetros cujo resultado fosse a não equalização dos canais de transmissão foi proposital. Com isso, pôde-se verificar o que ocorre no simulador quando os parâmetros de equalização não forem selecionados corretamente.

6 – CONCLUSÕES

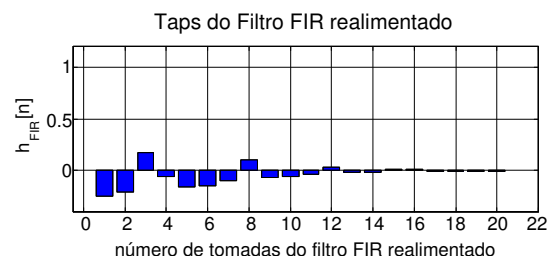
Este artigo apresentou um simulador, desenvolvido no programa MATLAB[®] [3], que auxilia o estudo da equalização em sistemas de televisão digital no padrão ATSC. O uso deste simulador, possibilita a realização de uma série de análises com relação ao comportamento do equalizador durante o processo de equalização. Exemplificando, pode-se variar as repostas impulsivas dos canais de comunicação verificando o desempenho de cada um dos algoritmos propostos (LMS, Gpea-Godard, Gpea-Sato). Pode-se ainda configurar o simulador para operar com um único canal e mudar os parâmetros do equalizador. Um dos fatores interessantes da interface gráfica, é que ela permite visualizar a qualquer instante de tempo o status da simulação, podendo o usuário acompanhar todos o processo. Desta forma, esta ferramenta computacional ajuda os usuários interessados no estudo de equalizadores para sistemas de televisão digital no padrão ATSC.



6(a)



6(b)



6(c)

Figura 6 – Resultado da simulação usando o algoritmo GPEA-Godard (Canal 2)

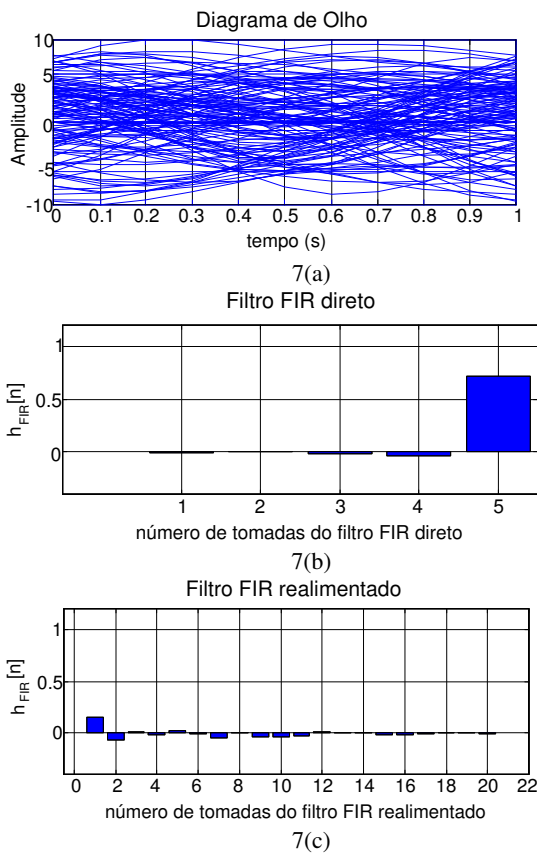


Figura 7 - Resultado da equalização usando o algoritmo GPEA-Sato (Canal 1).

7 – REFERÊNCIAS

- [1] Chiquito, José Geraldo; “Parte de RF do Sistema HDTV”, **Publicação FEEC 008/96**, Universidade Estadual de Campinas, SP, Abril de 1997.
- [2] Fasolo, Sandro Adriano; ”Equalização Em Receptores de Televisão Digital De Alta Definição Utilizando Modulação 8 VSB”, **Tese de Doutorado, DECOMFEEC\UNICAMP, Março de 2001**”.
- [3] Matsumoto, Élia Yathie; “**MATLAB 6 – Fundamentos de Programação**”, Editora Érica, São Paulo, 2001.

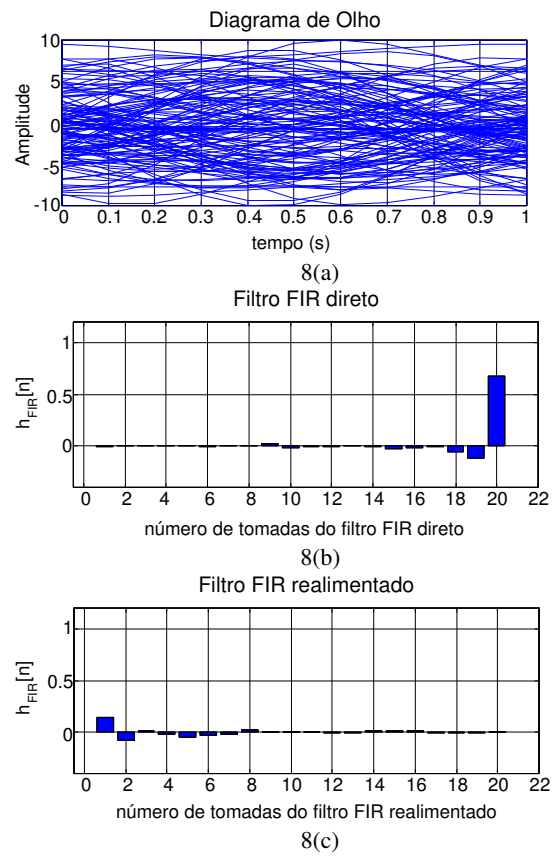


Figura 8 - Resultado da equalização usando o algoritmo GPEA-Sato (Canal 2).

- [4] Johnson JR, C. Richard; Scheniter, Philip, Endres, Thomas J; Behm, James D.; Brown, Donald R.; Casa, Raúl A.; “*Blind Equalization Using the Constant Modulus Criterion: A review*”, **Proceedings of the IEEE**, vol. 86, n° 10, pág. 1927-1950. Outubro 1998.
- [5] Widrow, Bernard e Stearns, Samuel D.; “**Adaptive Signal Processing**”, Prentice-Hall, New Jersey, 1985.
- [6] Alexander, S Thomas; “**Adaptive Signal Processing**”, Springer-Verlag, New York, 1996.

	LMS	GPEA-Godard	GPEA-Sato
Diagrama de olho	Aberto	Aberto	Fechado
Canal	Canal 1	Canal 1	Canal 1
Número de símbolos	5000	15000	50000
Tamanho FIR	5	5	20
Tamanho IIR	20	20	20
Passo LMS	$1e^{-4}$	-----	-----
k1	-----	10	10
k2	-----	0.1	0.1
alfa	-----	$10e^{-5}$	$10e^{-5}$
Tempo simulação (s)	9	30	189.68

Tabela 1 – Configurações de projeto para as simulações utilizando o Canal 1.

	LMS	GPEA-Godard	GPEA-Sato
Diagrama de olho	Aberto	Aberto	Fechado
Canal	Canal 2	Canal 2	Canal2
Número de símbolos	5000	20000	50000
Tamanho FIR	20	20	20
Tamanho IIR	20	20	20
Passo LMS	$1e^{-4}$	-----	-----
k1	-----	10	10
k2	-----	0.1	0.1
alfa	-----	$10e^{-5}$	$10e^{-5}$
Tempo simulação (s)	8	48	189.68

Tabela 2 – Configurações de projeto para as simulações utilizando o Canal 2.