

5 - DESENVOLVIMENTO DO SIMULADOR

5.1 - Introdução

O simulador para sistemas de comunicação foi feito utilizando-se o *software* MatLab-Simulink. Este ambiente computacional, tem a característica de desenvolvimento de modelos matemáticos utilizando-se diagramas de blocos. Para isto, o *software* dispõe de várias bibliotecas específicas de blocos (Ex.: *toolboxe de controle*, *toolboxe de linear*, etc.), e além destes *toolboxes*, pode-se desenvolver os próprios blocos, e assim podendo-se criar uma biblioteca própria.

Existem duas formas de se criar blocos, uma é escrevendo o programa do próprio modelo e transferindo este modelo para um bloco através do S-Function do Simulink, e a outra forma é criando o modelo no próprio Simulink, em diagramas de blocos, e depois usando a função *Mask* do Simulink.

Foi através desta função *Mask* (mascaramento de blocos), que foram construídos os blocos do simulador para sistemas de comunicação, no total foram criados 59 blocos, alguns bem simples, e outros mais bem elaborados.[7],[8]

5.2 - Generalidades

Os blocos desenvolvidos foram classificados, primariamente, em três tipos:

- 1) Canais de Rádio;
- 2) Sistemas Analógicos;
- 3) Sistemas Digitais.

Nos Canais de Rádio, há uma outra subdivisão em modelos empíricos, determinísticos e estatísticos. Nos Sistemas Analógicos, a subdivisão é em sistemas AM e sistemas FM. E nos Sistemas Digitais a subdivisão é em modulação digital e modulação PAM.

No simulador, além dos blocos novos criados, foram incluídos também as ferramentas de simulação, por exemplo o blocos de Sources (fontes), e outros que são também bastante utilizados, como os de blocos lineares e não-lineares. Estes blocos, que são as ferramentas para uma simulação, foram todos organizados e renomeados da seguinte forma:

- 1) fontes de sinal;
- 2) análise de sinais;
- 3) linear;

- 4) não-linear;
- 5) conexões.

A figura abaixo mostra a tela principal do simulador

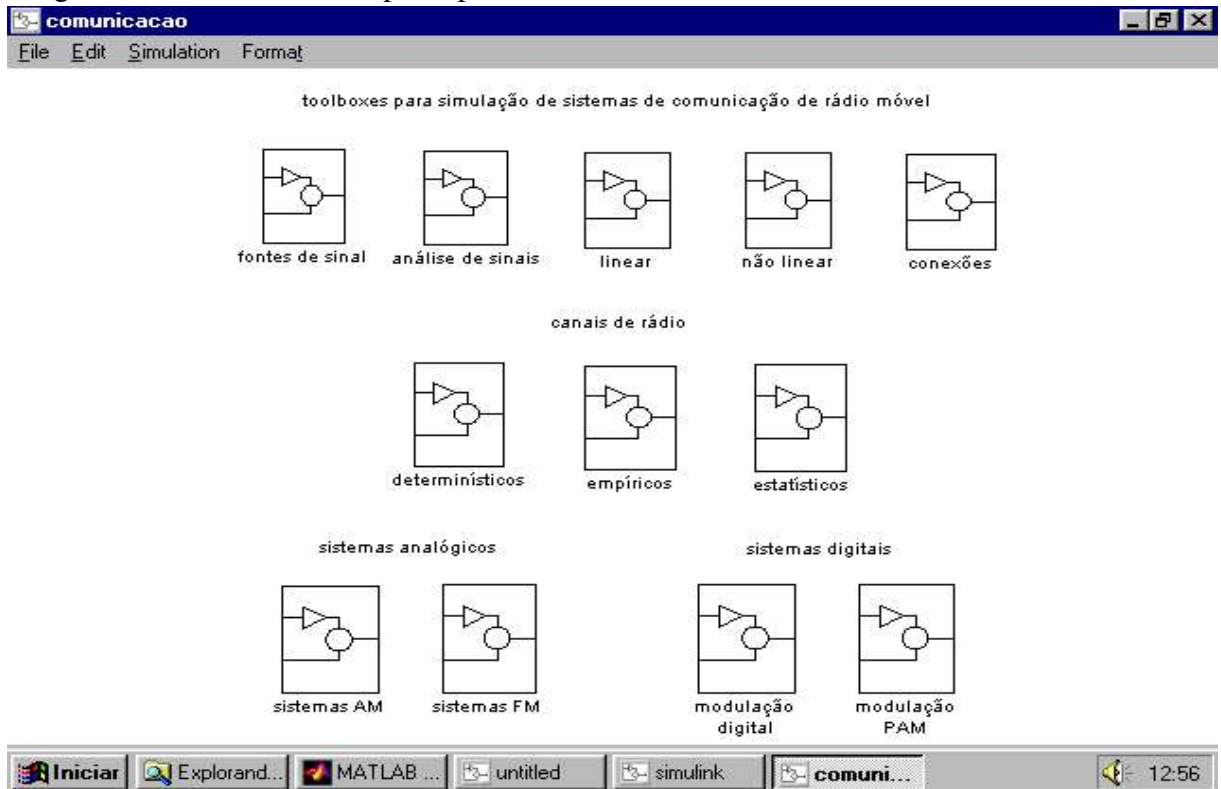


Figura 5.1: *Toolboxes* para simulação de sistemas de comunicação.

5.3 - Canais de rádio

A figura abaixo mostra os modelos de canais de rádio determinísticos.

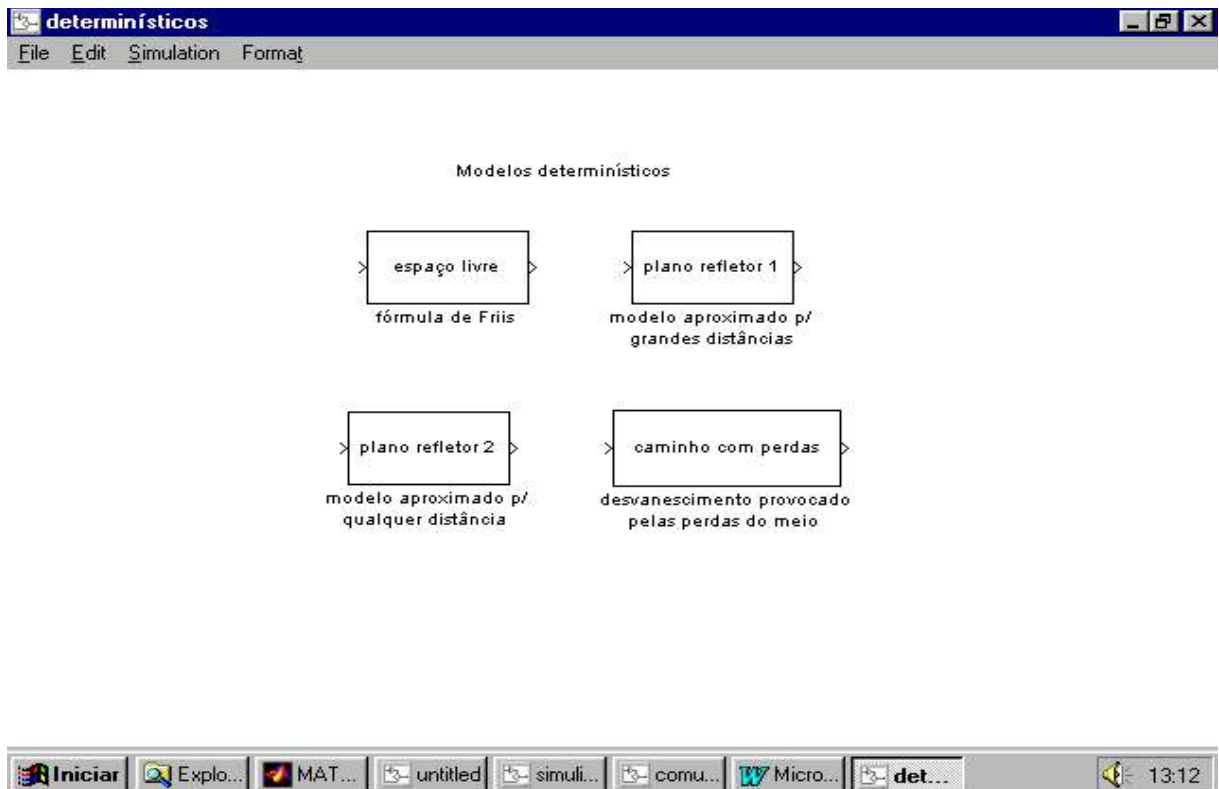


Figura 5.2: Modelos de determinísticos.

Estes modelos representam apenas um ganho que variam de acordo com os parâmetros do modelo matemático do canal.

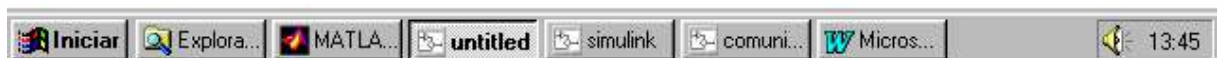
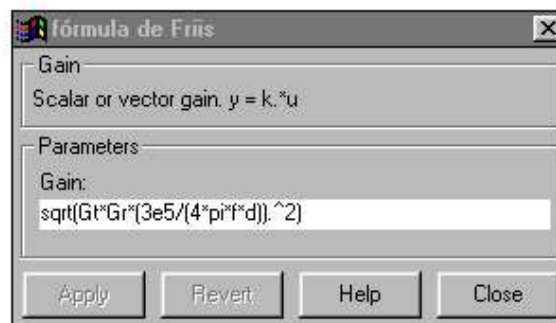
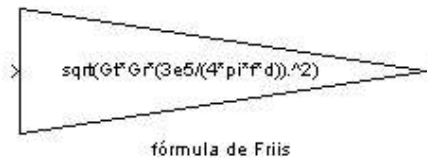
Assim o primeiro bloco foi feito da seguinte forma, primeiro utilizou-se um bloco de ganho do Simulink, depois o ganho do bloco foi substituído pela expressão do modelo, que no caso o primeiro foi a fórmula de Friis para o espaço livre.

Como a expressão é uma relação de potência, para se obter uma relação de sinais, é extraída a raiz quadrada da relação, assim a expressão do bloco é a seguinte

$$\text{sqrt}(G_t * G_r * (3e5 / (4 * \pi * f * d))^2) \quad (5.1)$$

A figura abaixo mostra o bloco de ganho com esta expressão

Figura 5.3: Modelo do espaço livre.



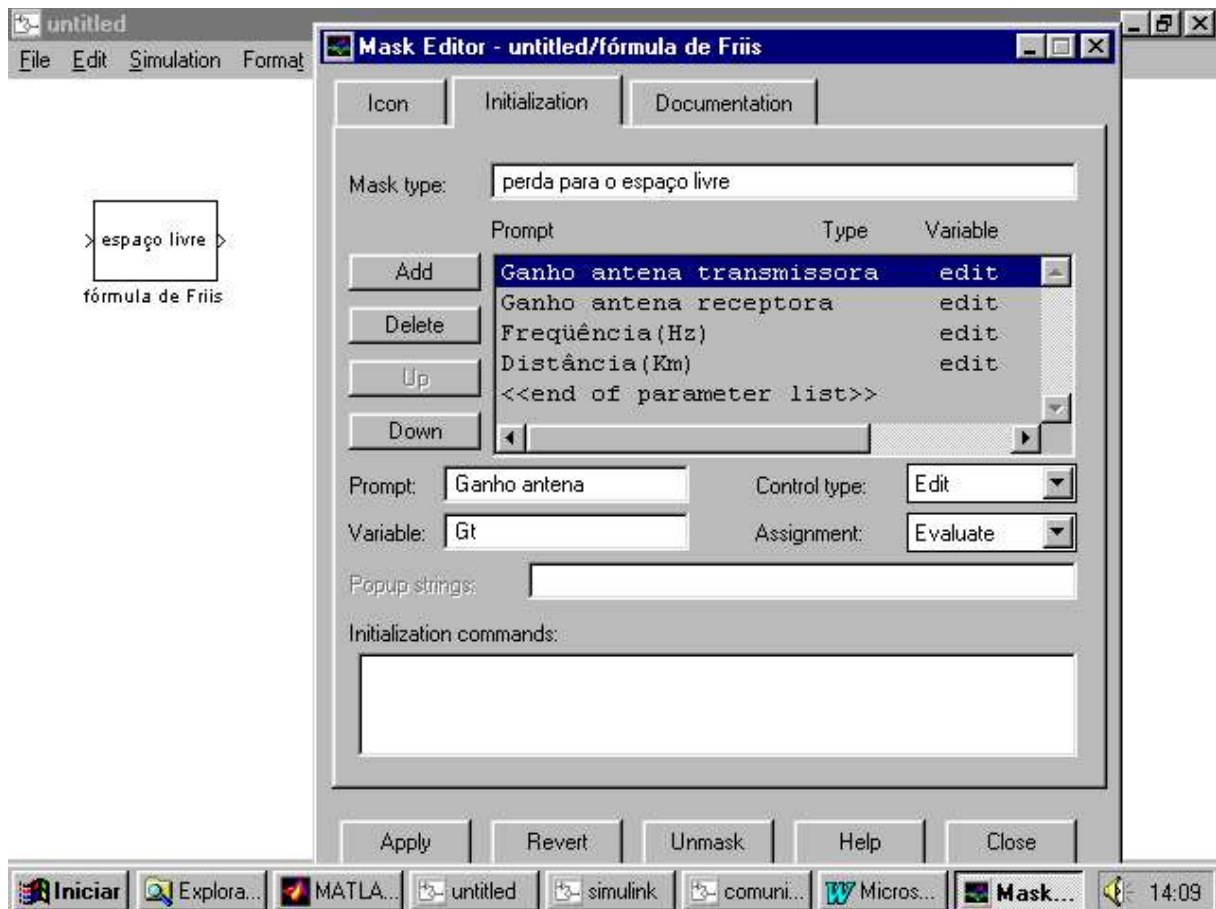
Feito este bloco de ganho, o próximo passo foi selecioná-lo e editar a função *Mask*. Editando esta função, é possível por um nome para o bloco, que no caso foi espaço livre, escrever o nome dos parâmetros com suas respectivas variáveis, por uma informação de ajuda para o bloco e colocar a descrição que resume suas características.

Observa-se que na expressão coloca-se as variáveis do modelo, e quando faz-se o *mascaramento* os parâmetros tem que ter as mesmas variáveis definidas no modelo.

Desta forma foi feito assim este primeiro bloco. Todos os outros foram feitos também deste mesmo jeito, a única diferença está no modelo, mas o mascaramento é feito da mesma forma, que é selecionar o modelo, o qual pode ser um diagrama de blocos, depois edita-se a função *Mask*, preenche os campos em branco necessários, e depois aplica e fecha o editor *Mask*.

A figura abaixo mostra o campo dos parâmetros de quando ser faz o mascaramento

Figura 5.4: Mask Editor para o modelo do espaço livre.



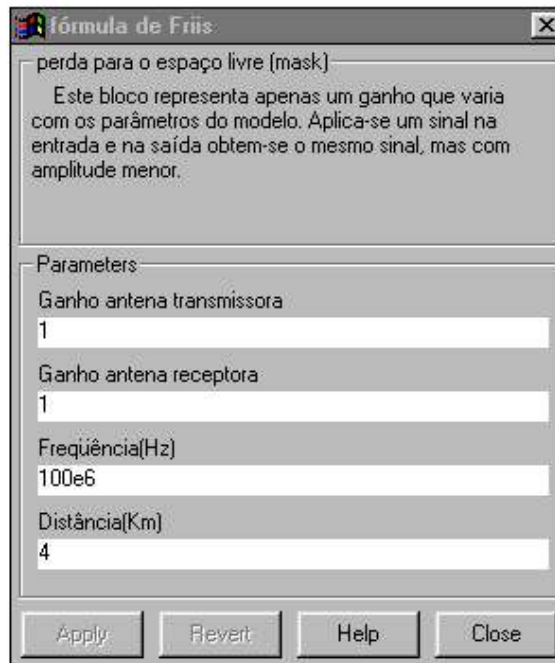
Feito este bloco, para utilizá-lo em uma simulação basta clicar em cima do bloco que se abrirá uma janela onde deve-se pôr os valores dos parâmetros e depois fechá-lo. Assim o bloco já está pronto para ser utilizado em uma simulação.

A janela de diálogo, que contém os parâmetros ajustáveis do modelo, também contém uma breve descrição do modelo.

Agora, no caso que, se deseja conhecer melhor o modelo que tem por trás da "máscara", deve-se selecionar o bloco e editar a função *look under mask* (olhar por trás da máscara), feito isto, aparecerá o modelo original do bloco.

A figura abaixo mostra a janela de parâmetros do bloco espaço livre

Figura 5.5: Exemplo de valores dos parâmetros para o bloco espaço livre.



Os blocos de determinísticos plano refletor1 e caminho com perdas são dados pelas seguintes expressões abaixo, respectivamente

$$\sqrt{G_t \cdot G_r \cdot ((h_t \cdot h_r) / (d^2))^2} \quad (5.2)$$

$$\exp(-2 \cdot \pi \cdot f \cdot (((4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot u \cdot e) / 2) \cdot ((\sqrt{1 + (s / (2 \cdot \pi \cdot f \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot e))^2}) - 1))) \quad (5.3)$$

$$(1 + (s / (2 \cdot \pi \cdot f \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot e))^2) - 1)))$$

O bloco plano refletor2 foi feito através do seguinte diagrama de blocos

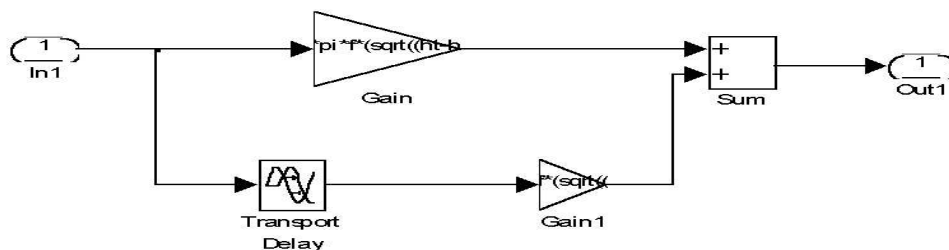


Figura 5.6: Modelo plano refletor para pequenas distâncias.

Foram feitos 13 modelos empíricos de canais de rádio, dentre os quais são: 9 de Okumura-Hata, 1 Modelo de Egli, 1 Ibrahim-Parsons e 2 modelos para florestas.

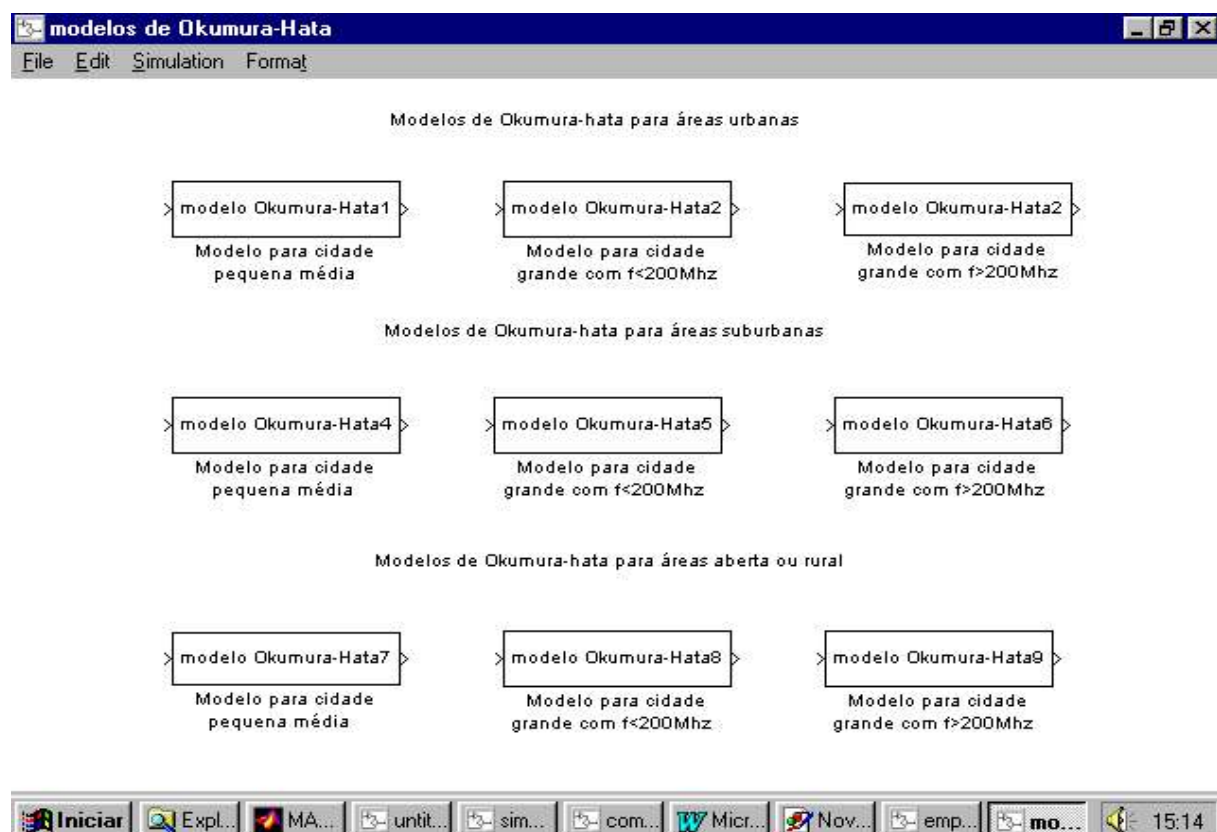
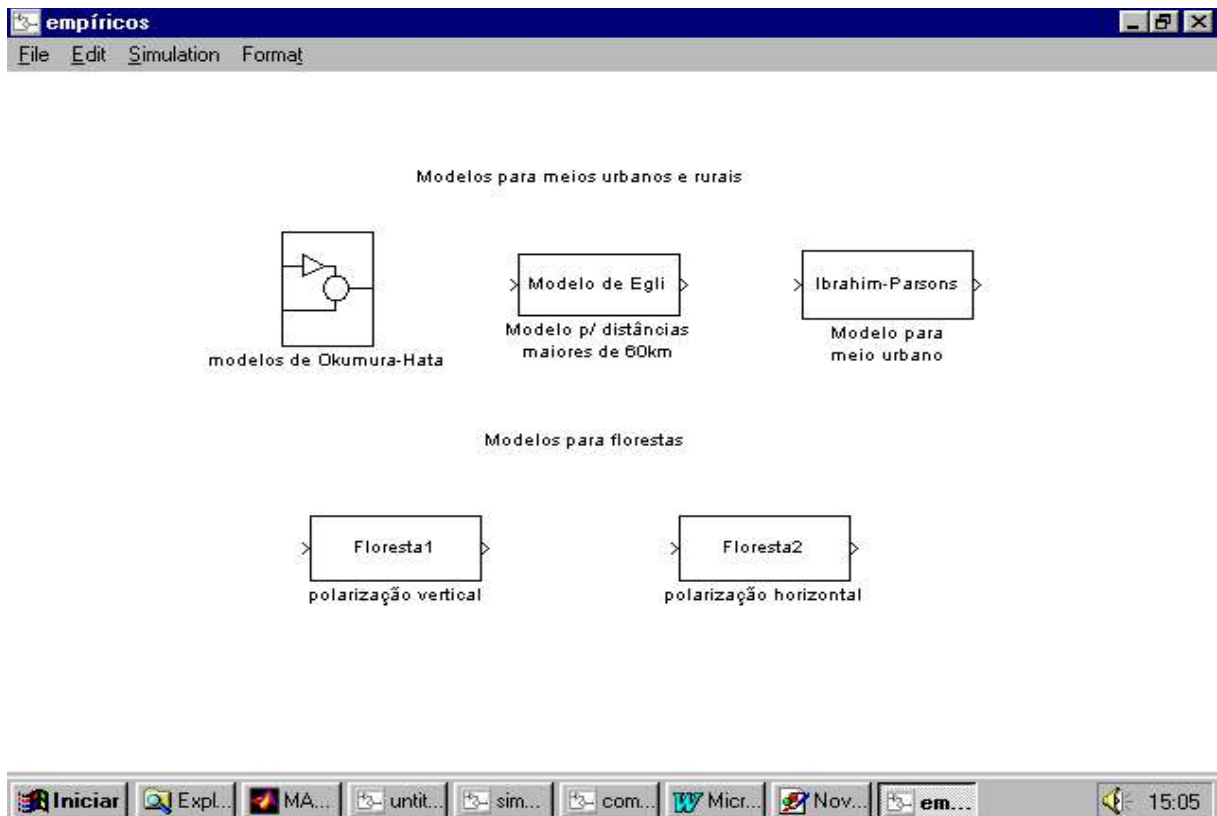


Figura 5.7: Modelos empíricos.

Figura 5.8: Modelos de Okumura-Hata.

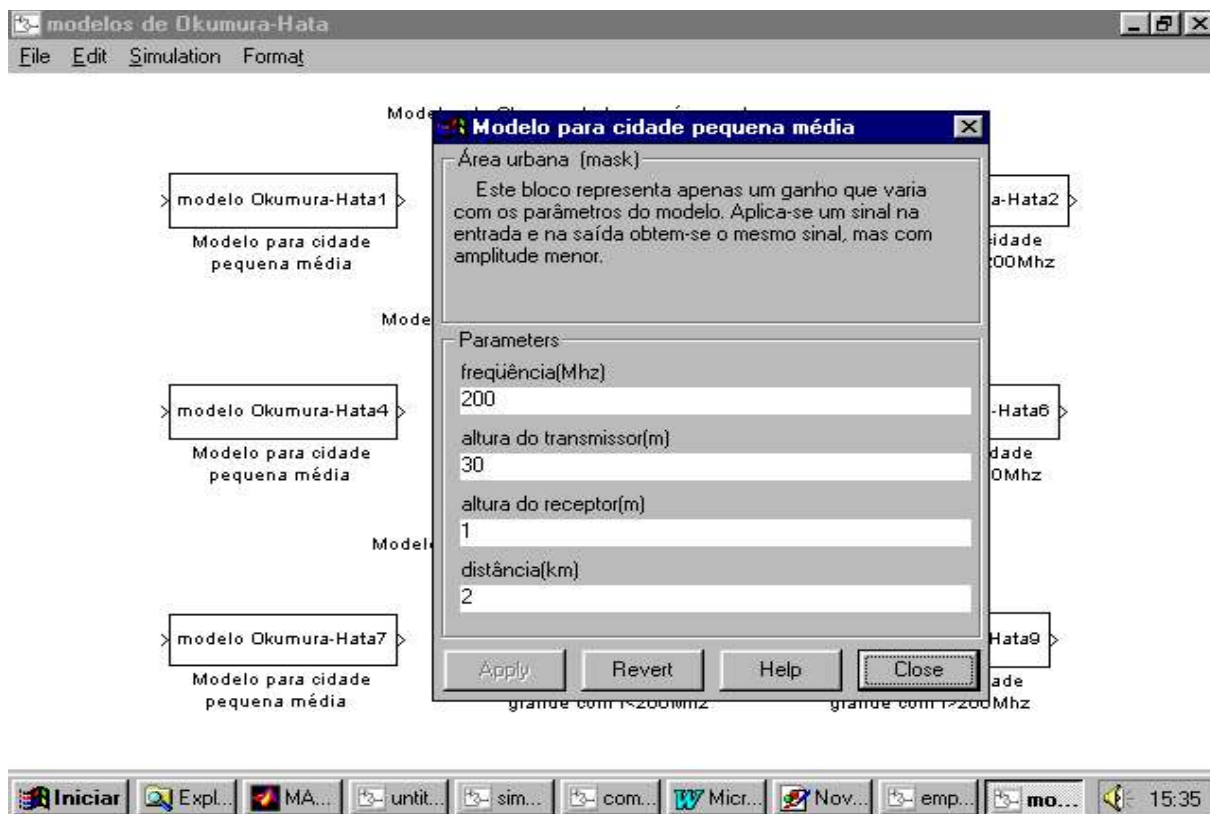
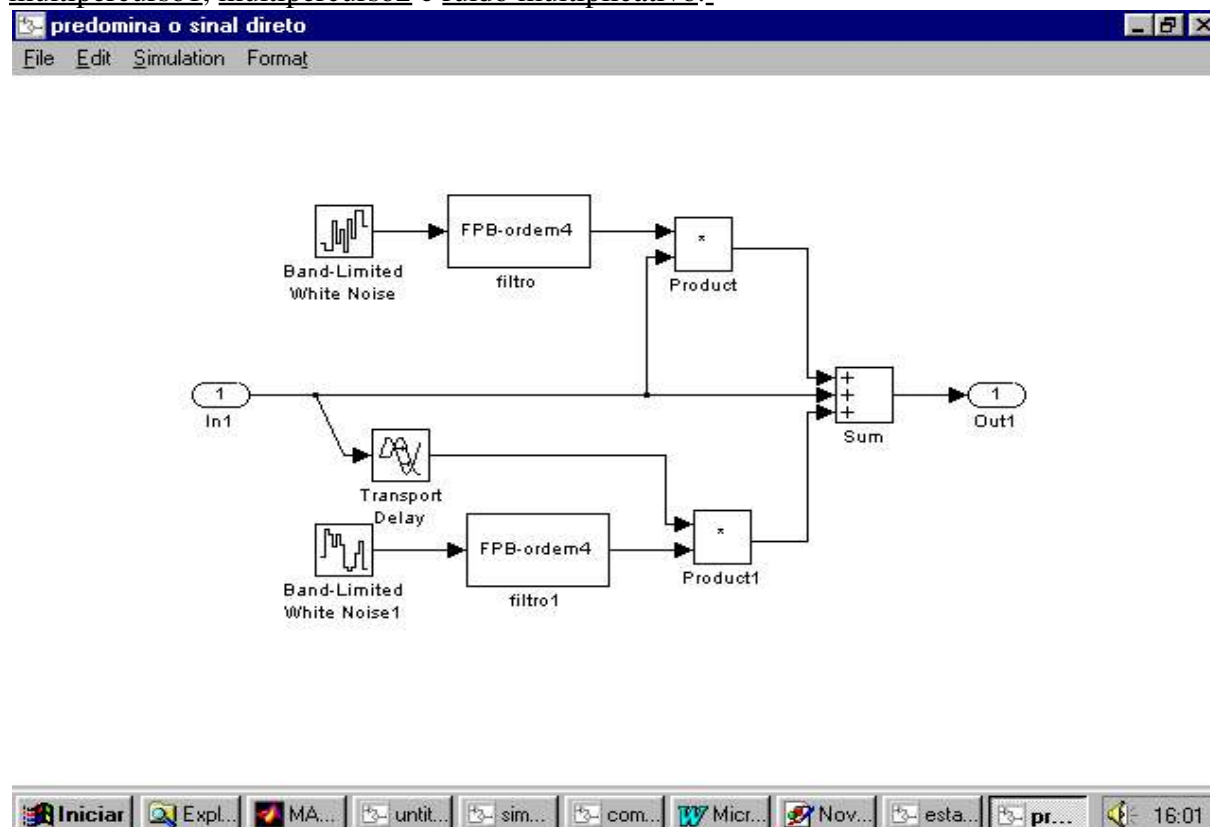


Figura 5.9: Exemplo dos parâmetros de Okumura-Hata1.

Os modelos estatísticos são: canal com perdas aleatórias, interferência, ruído aditivo, multipercurso1, multipercurso2 e ruído multiplicativo.



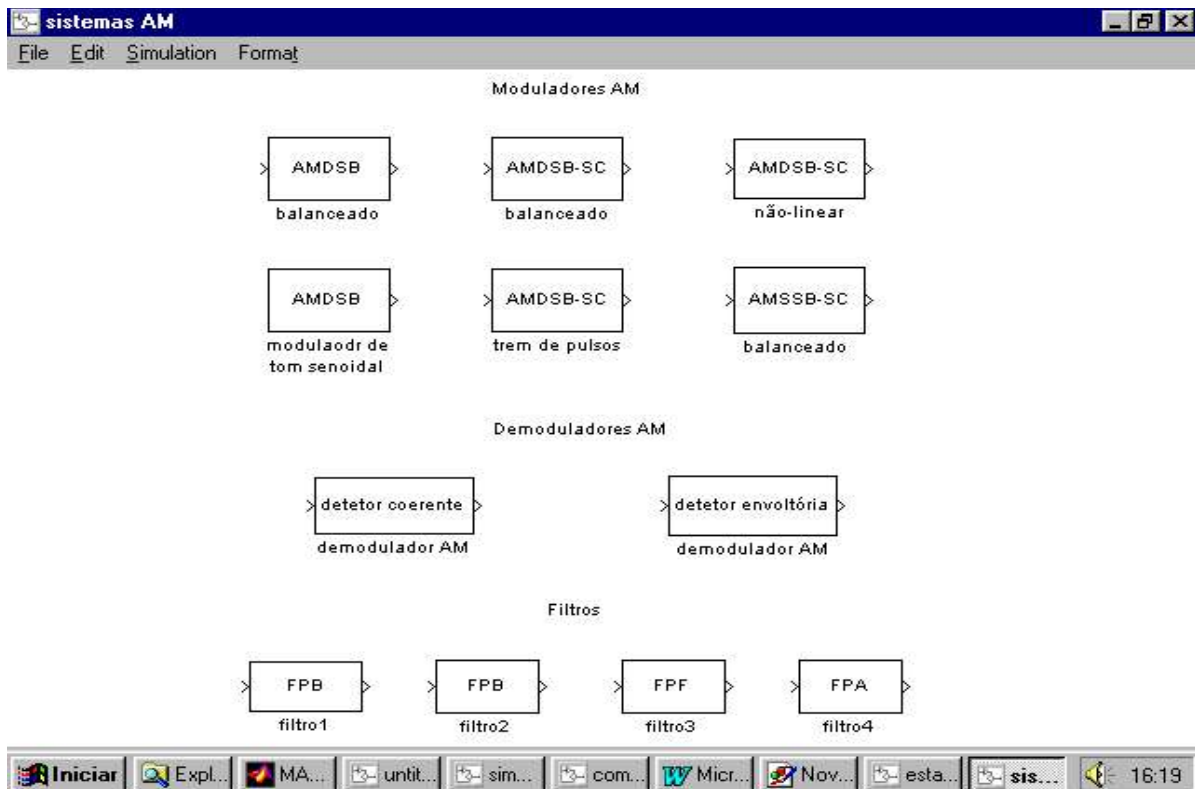


Figura 5.11: Modelos de sistemasAM.

Foram feitos 12 modelos de sistemasAM, sendo que 6 são moduladores, 2 demoduladores e 4 filtros.

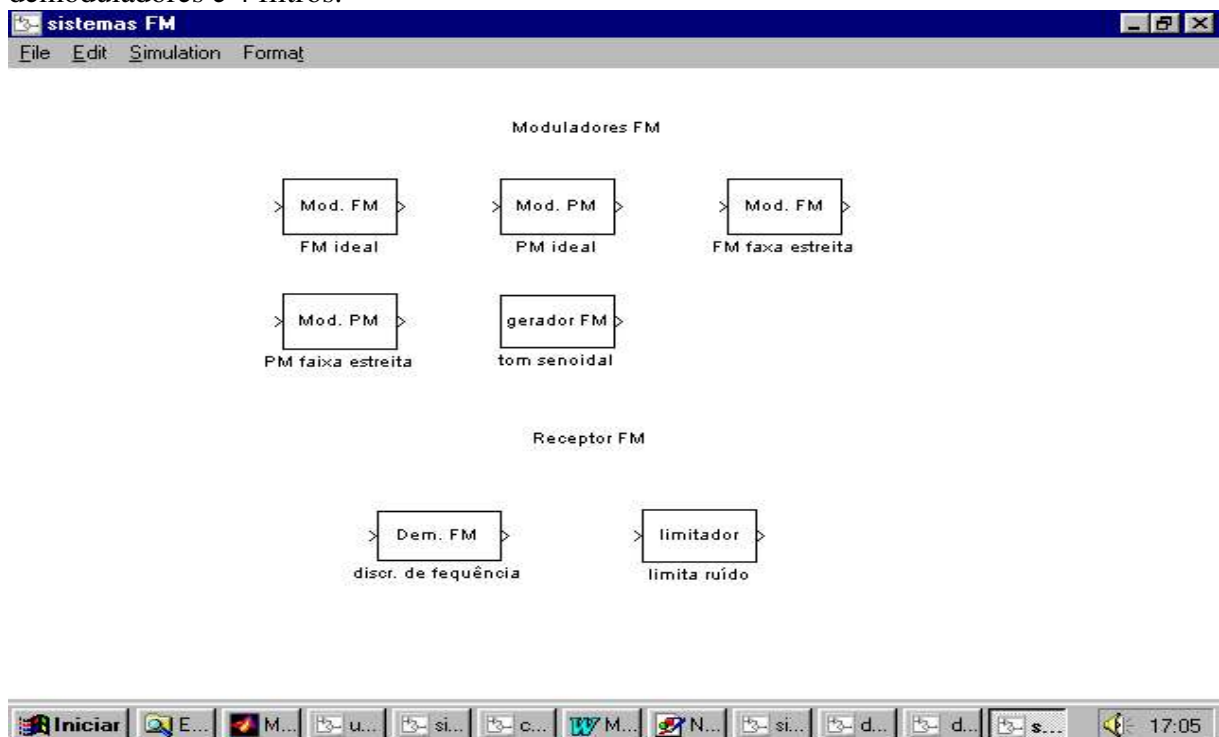


Figura 5.12: Tela dos moduladores e receptores FM.

5.5 - Sistemas digitais

Os sistemas digitais são os modulação digitais e os moduladores PM. Nos blocos de modulação digital, estão incluídos os moduladores digitais e os demoduladores digitais, e nos blocos de modulação PM estão incluídos os três tipos de amostragens, o filtro casado para pulso retangular, o correlator e o filtro casado para pulso senoidal.

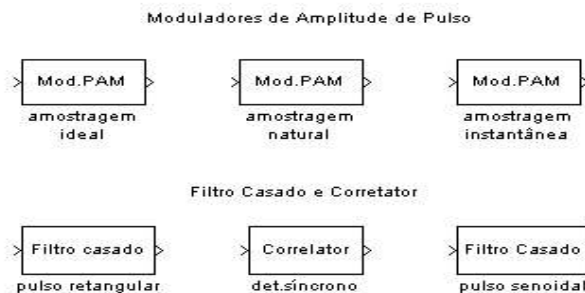


Figura 5.13: Moduladores e demoduladores digitais.

Figura 5.14: Moduladores PAM, Filtro Casado e Correlator.

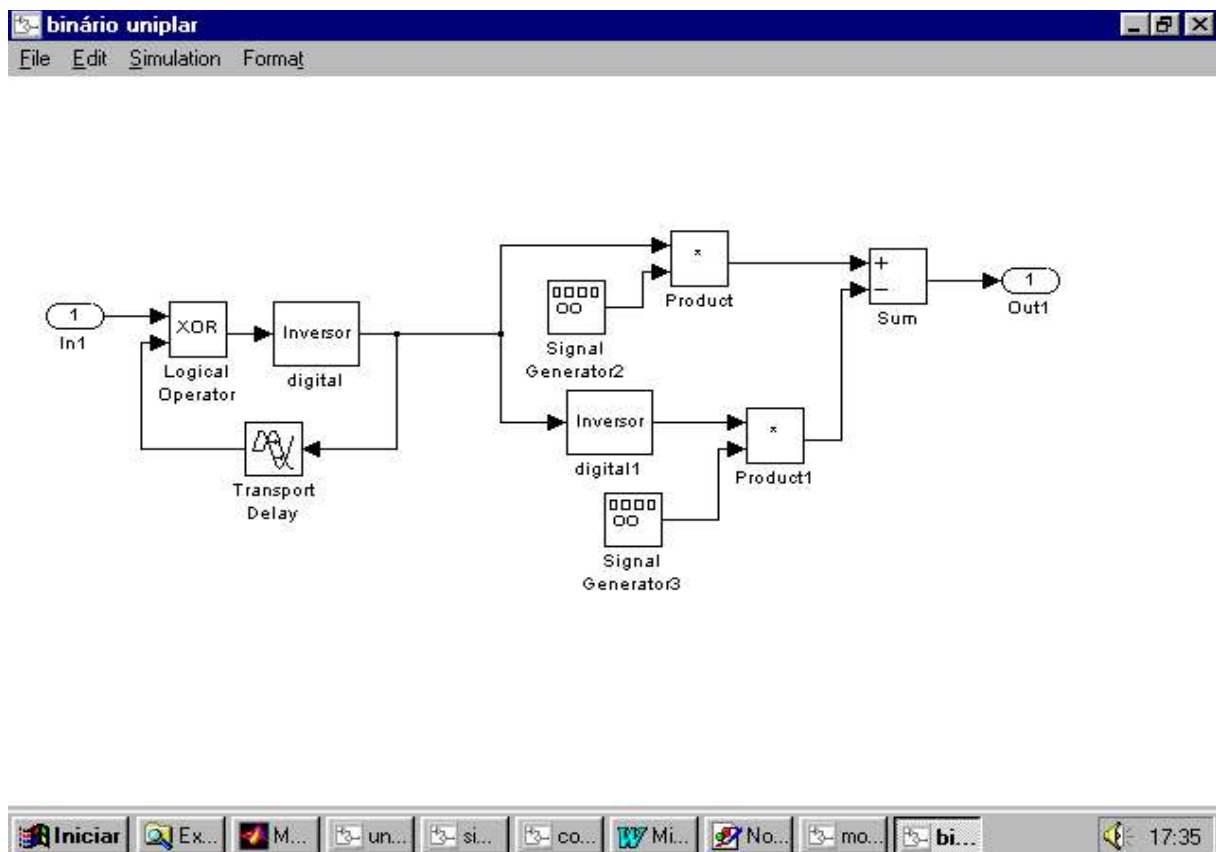


Figura 5.15: Modelo do modulador DPSK.

