

# Plataforma Computacional para Auxílio no Planejamento de Redes Celulares

Tales G. Fernandes; Renato A. Castellani e Ivan R. S. Casella

**Resumo**— Este trabalho apresenta uma ferramenta de simulação computacional com interface gráfica para auxílio no planejamento de redes celulares. A plataforma desenvolvida permite determinar a potência recebida e a relação sinal-interferência na unidade móvel em qualquer posição da região analisada, considerando diferentes tamanhos de *Clusters*, opções de relevo e modelos de propagação. Esta plataforma poderá ser utilizada para fomentar futuras pesquisas objetivando a melhoria da qualidade do sistema e o aumento da capacidade de usuários.

**Palavras-Chave**— Planejamento Celular, Comunicação Móvel.

**Abstract**— This work presents a graphical computational simulation tool to aid in the planning of cellular networks. The developed platform makes possible to determine the received power and the signal-to-interference ratio in any position of the analyzed region for different clusters, terrains and propagation models. This platform can be used to promote future research to improve system quality and to increase the capacity of users.

**Keywords**— Cellular Planning, Wireless Communication.

## I. INTRODUÇÃO

Atualmente, o aumento crescente do tráfego nos sistemas de telefonia móvel requer um planejamento preciso por parte das operadoras para oferecer um sinal de alta qualidade a todos os usuários. Este aumento se deve também a alta demanda por tráfego de dados, pois com o desenvolvimento das tecnologias GPRS (*General Packet Radio Services*), EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*) e WCDMA (*Wide Band Code Division Multiple Access*) [1], se conectar à Internet pelo celular se tornou prático, eficiente e imprescindível para os usuários. Deste modo, em função da importância do desenvolvimento de ferramentas para predição de cobertura do sinal para auxílio na otimização de redes celulares, é proposto neste trabalho uma plataforma computacional para a determinação da potência recebida e da relação sinal-interferência (SIR) na unidade móvel (UM) ao longo da região analisada, considerando diferentes tamanhos de *Cluster*, relevos e modelos de propagação. Adicionalmente, são apresentados alguns resultados na análise de uma região real.

## II. MODELOS DE CANAL DE PROPAGAÇÃO

No planejamento celular, é indispensável o uso de modelos de canais de radiopropagação adequados para obter uma estimativa precisa da distribuição de potências em torno das Estações Rádio Base (ERB). Neste trabalho, por simplicidade de apresentação, é discutido apenas o modelo COST 231 [1], mas outros modelos (e.g. Modelo de Espaço-Livre

Modificado, Modelo de Okumura-Hata) também foram integrados à plataforma [1, 2].

### A. Modelo COST 231

O modelo COST 231 é bastante utilizado para estudos na faixa de PCS (*Personal Communication Systems*). Para ambientes urbanos em grandes cidades, onde há linha de visada direta (LOS) entre a ERB e a UM, a perda de potência do sinal transmitido de uma ERB à UM pode ser obtida através da seguinte expressão [1, 2]:

$$L = 49.3 + 33.9 \log_{10} f + (44.9 - 6.5 \log_{10} h_b) \log_{10} d - 13.8 \log_{10} h_b - a(h_m) \quad (2)$$

Onde,  $d$  é a distância entre a ERB e a UM em km,  $f$  é a frequência em MHz,  $h_b$  é a altura da antena da ERB em metros,  $h_m$  é a altura da UM em metros e  $a(h_m)$  é dado por:

$$a(h_m) = 3.2 (\log_{10} 11.75 h_m)^2 - 4.97 \quad (3)$$

Para este cenário, quando não há linha de visada direta (NLOS) e as antenas das ERB estão acima do nível do telhado, tem-se que [1, 2]:

$$L = 69.5 + 26 \log_{10} f + 38 \log_{10} d - 10 \log_{10} w - 9 \log_{10} b + 20 \log_{10} \Delta h_m - 18 \log_{10} (1 + \Delta h_b) \quad (4)$$

Onde  $w$  é a largura das ruas,  $b$  é a separação entre prédios,  $h_b$  é a altura das antenas das ERB,  $h_m$  é a altura das antenas das UM,  $\Delta h_b$  representa quanto as antenas das ERB estão acima do telhado e  $\Delta h_m$  representa quanto as antenas das UM estão abaixo do telhado. Todas expressas em metros.

## III. DETERMINAÇÃO DAS FRONTEIRAS DAS CÉLULAS

As fronteiras das células são determinadas a partir dos pontos onde a potência recebida (obtida a partir da potência transmitida por cada ERB e das expressões apresentadas na seção anterior) é menor que a mínima potência necessária para uma correta operação das UM. Este procedimento possibilita, adicionalmente, identificar regiões sem cobertura de sinal.

Para o caso particular de um relevo plano, os pontos de fronteira podem ser usados para definir o raio da célula.

## IV. CÁLCULO DA SIR

A interferência das células cocanais (ICC), causada pelas ERB que operam na mesma frequência da célula onde se encontra a UM, é um dos principais fatores limitantes do desempenho das redes celulares. Analisando a ICC, é possível determinar a melhor topologia celular (i.e. tamanho do *Cluster*) para obter a máxima capacidade do sistema para uma dada qualidade de serviço (QoS) [1, 2]. O cálculo da SIR leva em consideração todas as células cocanais presentes na área

analisada. Desprezando-se o efeito de outras fontes de interferência, tem-se que [1]:

$$SIR = \frac{P_r}{\sum_{k=1}^{N_I} I_k} \quad (5)$$

Onde,  $N_I$  é o número de células interferentes,  $I_k$  é a potência recebida pela UM da  $k$ -ésima ERB interferente e  $P_r$  é a potência recebida pela UM da ERB onde ela se encontra.

V. ANÁLISE DE RESULTADOS

A plataforma desenvolvida, apresentada na Figura 1, permite escolher inicialmente o tamanho do Cluster dentre as opções  $K = 3, 4$  e  $7$ , e o relevo desejado, dentre as opções de relevo plano, aleatório ou real, cujos dados são obtidos com auxílio do *GPS Visualizer* [3].

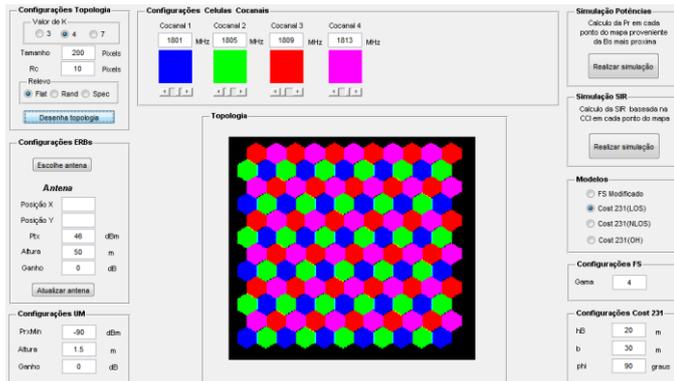


Figura 1. Plataforma para Planejamento Celular.

Na Figura 2, é apresentado o relevo topográfico escolhido nas análises apresentadas neste trabalho.

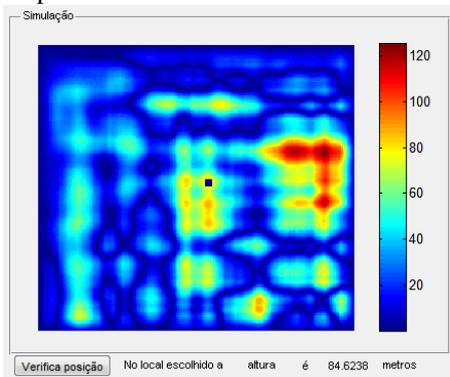


Figura 2. Representação do Relevo Analisado.

As ERB e a UM podem ser especificadas pela configuração de suas posições, alturas e ganhos de suas antenas e pelas potências de transmissão  $P_t$  de cada ERB. Por fim, o modelo de propagação desejado pode ser definido dentre as opções presentes na plataforma.

Os principais resultados apresentados nesta seção foram obtidos considerando um sistema operando na faixa de 1.8 GHz,  $K=4$ , o relevo apresentado na Figura 2 e o modelo de propagação COST 231 (LOS). A  $P_t$  máxima é de 46 dBm, a  $P_r$  mínima deve ser de -90 dBm (definição das fronteiras das células), e as alturas das torres das ERB e da UM são, respectivamente, de 50.0 m e 1.5 m.

Na Figura 3, é apresentada a distribuição de potências da região analisada, onde o decaimento da potência pode ser visualizado pela redução da intensidade da cor à medida que a UM se afasta das ERB. A potência recebida na posição da UM indicada na figura é de -54.6 dBm.

Na Figura 4, é apresentada a distribuição da SIR ao longo da área analisada. Através deste resultado pode-se facilmente identificar as regiões com problemas de cobertura. A SIR na posição indicada na figura é de 14.5 dB.

Por fim, na Tabela 1 são apresentadas as  $P_r$  e SIR mínimas dentro da célula onde se encontra a UM empregando o modelo COST 231 (LOS) e um relevo plano para os diferentes Clusters disponíveis. Para efeito de comparação são mostrados adicionalmente os valores das SIR teóricas, empregando o modelo de Espaço-Livre Modificado com coeficiente de atenuação 4 ( $\gamma = 4$ ) para infinitos anéis de células cocanais, calculados em [2]. Pode-se verificar que os resultados obtidos são ligeiramente inferiores aos teóricos devido às características do modelo de propagação e das simplificações adotadas no modelo teórico.

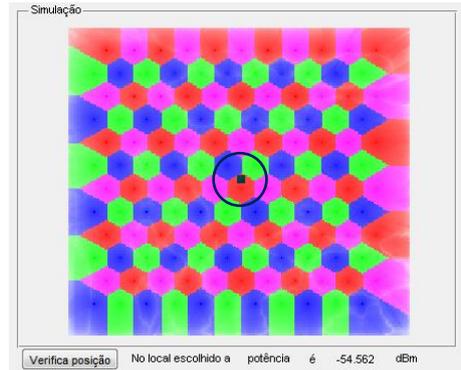


Figura 3. Representação das potências de recepção.

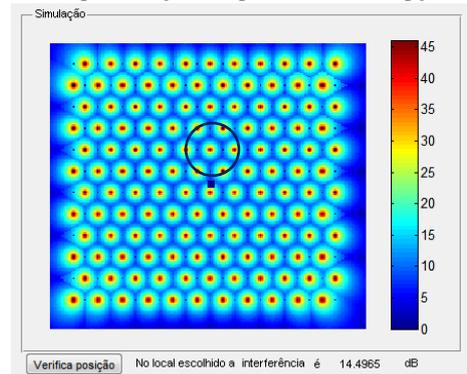


Figura 4. Representação das SIR.

TABELA I. SIR X TAMANHO DO CLUSTER

Tamanho do Cluster	$P_r$ Mínima (dBm)	SIR Mínima (dB)	SIR Mínima Teórica (dB)
3	-90,4	10,6	11,3
4	-90,4	12,8	13,9
7	-90,4	17,6	18,7

VI. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentada uma plataforma computacional para auxiliar o planejamento de redes celulares. A plataforma permite determinar a potência recebida e a SIR de uma dada UM para diferentes tamanhos de Cluster, modelos de propagação e parâmetros das ERB e da UM.

REFERÊNCIAS

[1] T. S. Rappaport, Wireless communication: Principles and Practice, 2 ed., Prentice Hall, 2009.  
 [2] J. S. Lee, L. E. Miller, CDMA Systems Engineering Handbook, 1 ed., Artech House, 1998.  
 [3] A. Schneider, GPS Visualizer. Disponível em: <http://www.gpsvisualizer.com>. Acessado em: 24/04/2013.