

Modelagem em larga escala utilizando técnicas multi-declive em ambientes urbanos arborizados

Large-scale modeling using multi-declive techniques in urban wooded environments

DOI:10.34117/bjdv7n3-817

Recebimento dos originais: 28/02/2021

Aceitação para publicação: 31/03/2021

Flaviane L. Silva

Laboratório de Computação e Telecomunicações
Instituição: Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil
E-mail: flaviane.silva@itec.ufpa.br

Wirlan G. Lima

Laboratório de Computação e Telecomunicações
Instituição: Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil
E-mail: wyhlima@gmail.com

André A. P. Carvalho

Laboratório de Computação e Telecomunicações
Instituição: Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil
E-mail: andrepcarvalho@gmail.com

Fabrcio J. B. Barros

Laboratório de Computação e Telecomunicações
Instituição: Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil
E-mail: fbarros@ufpa.br

Jasmine P. L. Araújo

Laboratório de Computação e Telecomunicações
Instituição: Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil
E-mail: jasmine@ufpa.br

RESUMO

Há inúmeros desafios no planejamento de redes sem fio, visto que a predição da perda no percurso e consequentemente da potência recebida em um dado instante e local é complexo. Desse modo o sistema tem que ser projetado para funcionar sob condições de grande variabilidade, considerando as atenuações e interferências. E assim, a modelagem matemática do canal torna-se uma ferramenta eficiente nesse processo, uma vez que ela é prediz o nível médio do sinal recebido e as variabilidades em torno dele. Sabendo que o ambiente influencia diretamente a propagação do sinal e que modelos com vários expoentes de atenuação podem ser mais precisos frente aos modelos com apenas um expoente de atenuação (log-distance). Este trabalho propõe um modelo em larga escala ajustado com técnicas de multi-declive para ambientes urbanos arborizados, utilizando a cidade de Belém/Pa como cenário, com vias públicas potencialmente arborizadas como cidades amazônicas. Os resultados obtidos demonstram que o modelo proposto foi satisfatório para representar o ambiente em estudo, com RMSE no valor 2,93.

Palavras-Chave: Modelagem de Canal Sem Fio, Modelo de Atenuação Multi-Declive, Predição de Perda de Percurso, Ambiente Urbano Arborizado, RMSE.

ABSTRACT

There are numerous challenges in planning wireless networks, since predicting the path loss and hence the received power at a given instant and location is complex. Thus, the system has to be designed to operate under conditions of great variability, considering attenuations and interferences. And so, mathematical modeling of the channel becomes an efficient tool in this process, since it predicts the average received signal level and the variability around it. Knowing that the environment directly influences signal propagation and that models with multiple attenuation exponents can be more accurate than models with only one attenuation exponent (log-distance). This paper proposes a large-scale model fitted with multi-declivity techniques for urban forested environments, using the city of Belém/Pa as a scenario, with potentially forested public roads like Amazonian cities. The results obtained show that the proposed model was satisfactory to represent the environment under study, with RMSE in the value of 2.93.

Keywords: Wireless Channel Modeling, Multi-Declivity Attenuation Model, Path Loss Prediction, Urban Forested Environment, RMSE.

1 INTRODUÇÃO

Pesquisas apontam que as redes móveis serão cada vez mais densas [1], visto que pretendem dispor de maior largura de banda e baixa latência. Para alcançar esses objetivos, será necessário a implantação de células pequenas, que consistem em estações de base de baixa potência (BSs), usadas para cobrir locais de rádio especialmente difíceis, bem como para aumentar a capacidade de rede para pontos de acesso específicos[2].

Assim, o modelo com vários expoentes de atenuação torna-se mais preciso frente ao modelo com apenas um expoente de atenuação [3] [4]. Contudo sabe-se que o ambiente influencia diretamente a propagação do sinal, pois dependendo do ambiente há uma atenuação média prevista [5]. Em [6], por exemplo, foi realizada uma análise com pontos de quebra no modelo proposto, gerando uma regressão dupla, com dois coeficientes de atenuação (n_1, n_2) para a perda de percurso em larga escala em dois ambientes microcelulares na área da Baía de São Francisco, Oakland e São Francisco.

Nesse contexto, este trabalho visa propor um modelo de propagação ajustado com técnicas de multi-declive para a Cidade de Belém, que possui diversas vias públicas densamente arborizada, sendo características de cidades da região amazônica.

2 CAMPANHA DE MEDIÇÕES

O local escolhido para a realização deste estudo foi a Avenida Brás de Aguiar, localizada em um dos principais bairros da cidade de Belém do Pará. Na cidade existem diversas rotas com o cenário semelhante, porém optou-se por essa por apresentar características similares das ruas em cidades amazônicas.

2.1 CENÁRIO

O cenário escolhido possui alta densidade de árvores em seu trajeto, conforme demonstra a entrada da rua na Fig. 1, aumentando a ocorrência os mecanismos de propagação como: dispersão, difração e reflexão. Além do sinal sofrer o efeito de tunelamento, no qual o sinal fica confinado de baixo da copa das árvores. Os mecanismos de propagação influenciam na potência recebida do sinal fazendo com que o modelo possua algumas mudanças caracterizando inclinações diferentes ao longo do percurso. Para as campanhas de medições foram coletados dados de potência recebida cinco vezes ao longo do trajeto, para permitir uma base de dados capaz de extrair estatísticas sobre a potência recebida.

Fig. 1. Entrada da avenida Brás de Aguiar



2.2 EQUIPAMENTOS

As informações técnicas relacionadas às estações-base transmissoras foram fornecidas por uma operadora de telefonia móvel de domínio nacional. O transmissor possuem altura de 60 m, operam na frequência de 1.800 MHz, com potência de 43 dBm e ganho de 17,7 dBi.

As medições do nível de sinal foram feitas com auxílio de um smartphone com antena de ganho de recepção de 1 dBi, a 1,5 metro do solo, em média, utilizando o

aplicativo G-Net Track Pro, que funciona em conjunto com GPS (Global Positioning System) do smartphone exibindo instantaneamente o nível de sinal recebido pelo móvel em cada posição. Essa aplicativo foi configurado para coletar dados apenas na rede LTE a cada 5 segundos, em média 5 metros de distância entre as amostras.

3 MODELAGEM DE CANAL

Conforme descrito em [1] [2], modelo Multi-declive é uma generalização do modelo de propagação log-distance, dado pela equação (1), onde admite-se que a perda de potência recebida seja orientada por uma função linear por partes ao invés de uma taxa de decaimento constante para qualquer distância entre o transmissor e o receptor.

$$\bar{P}_r(dB) = \bar{P}_r(d_0) - 10 n \log(d/d_0) \quad (1)$$

Assim, em vez de um único expoente de atenuação, n , para todo o percurso, tem-se distintos expoentes n_1, n_2 , etc, para cada intervalo de separação entre os rádios.

Para definir os pontos de segmentação do percurso, utilizou-se técnicas de aproximações numéricas da derivadas para identificar a taxa de variação ponto a ponto, obtendo-se os pontos de máxima e mínima variação média do percurso.

$$bp = \Delta_p / \Delta_d \quad (2)$$

onde Δ_p é a variação da potência recebida entre os pontos e Δ_d é a distancia entre eles.

Neste trabalho o modelo proposto possui três declives e a potência média, em dBm, a uma distância do transmissor é dada por:

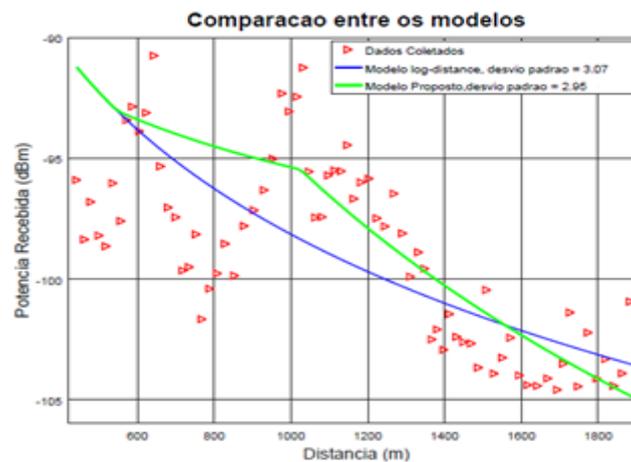
$$\bar{P}_r(d) = \begin{cases} \bar{P}_r(d_0) - 10 n_1 \log(d/d_0) & d \leq bp_1 \\ \bar{P}_r(d_0) - 10 n_2 \log(d/d_0) + \lambda_1 & bp_1 < d < bp_2 \\ \bar{P}_r(d_0) - 10 n_3 \log(d/d_0) + \lambda_1 + \lambda_2 & d \geq bp_2 \end{cases} \quad (3)$$

onde bp_1 e bp_2 , são os pontos de quebras, λ_1 e λ_2 , são fatores que garantem a continuidade da função (2).

A Fig.2, apresenta os dados coletados, o modelo log-distance e o modelo proposto. Devido o ambiente de estudo ser densamente arborizado, os dados coletados possuem variações súbitas em determinados perímetros, possivelmente causados pelo fenômeno da dispersão, no entanto, no decorrer do percurso essa densidade diminui e o sinal tende a manter o comportamento esperado. Nota-se que modelo proposto

apresentou melhores resultados, em virtude dos multi-declives causados pelos distintos coeficientes de atenuação, que proporcionaram ajuste do modelo aos dados coletados, conforme é possível aferir com a análise estatística dos resultados, erro médio quadrático (Root Mean Square Error - RMSE) e desvio padrão, apresentada na tabela I.

Fig. 2. Comparação entre os modelos



4 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado uma metodologia de modelagem do canal, baseado em ajuste do modelo log-distance a partir da utilização de técnicas de otimização por algoritmos matemáticos de regressão linear segmentada, através do método MMSE de mínimos erros quadráticos médios para a obtenção dos coeficientes de propagação. Alcançando resultados satisfatórios, proporcionando ao modelo proposto obter o melhor desempenho em comparação com o modelo de referência log-distance, através da comparação dos valores obtidos através de métricas de aferição de desempenho mostradas, de raiz do erro médio quadrático e desvio padrão, alcançando as menores taxas em ambas as métricas, apresentando valores de RMSE de 2.93 dB e desvio padrão de 2.95 dB para o modelo proposto.

Tabela I Análise Estatística do Desempenho dos Modelos

Modelo	RMSE (dB)	Desvio Padrão (dB)
Log-Distance	3,05	3,07
Multi-Declive	2,93	2,95

REFERENCES

- [1] INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. ITU home page, "World Telecommunication/ICT indicators database 2015".
- [2] L. L. de A. MAIA, (2017). "Plataforma para Simulação e Análise de Mecanismos de Propagação em Canais Rádio Móveis Externos". Dissertação (Mestrado em Telecomunicações) –Instituto Nacional de Telecomunicações de Santa Rita do Sapucaí.
- [3] L. L. de A. MAIA. "Caracterização da Atenuação Média em Área por Filtragem e por Regressão Multi-Declive" in SBrT, pp 72-76, Set. 2017.
- [4] Z. RAIDA, et al. "Communication subsystems for emerging wireless technologies," Radioengineering, vol. 21, no. 4, pp. 1036-1049, 2012.
- [5] T. S. RAPPAPORT, "Comunicações sem Fio: Princípios e Práticas", 2nd ed, 2009. São Paulo, Brasil: Pearson Prentice Hall, Brasil
- [6] M. J. FEUERSTEIN, et al. "Path Loss, Delay Spread, and Outage Models as Functions of Antenna Height for Microcellular System Design", in IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 43, pp. 487-498, Aug 1994.