



PREDIÇÃO DA PERDA DE PERCURSO EM AMBIENTES COM FLORESTAS DENSAS E RIOS NA FAIXA DE UHF

Thiago Eleuterio da Silva (Bolsista/Apresentador)¹ – Unifesspa
thiago-eleuterio@hotmail.com

Diego Kasuo Nakata da Silva (Coordenador(a) do Projeto)² - Unifesspa
diegokasuo@unifesspa.edu.br

Agência Financiadora: FAPESPA

Eixo Temático/Área de Conhecimento: Telecomunicações

1. INTRODUÇÃO

O bom desempenho de um sistema de comunicação está interligado à predição de cobertura de campo elétrico em uma determinada área. Os modelos de propagação aparecem como uma ferramenta importante para o cálculo das variáveis que descrevem o processo. Os modelos de propagação foram estudados e desenvolvidos ao longo de aproximadamente 70 anos [1], os mesmos podem ser classificados como empíricos, determinísticos, estocásticos ou uma combinação deles. Seu uso e eficiência estão relacionados ao tipo de caminho, obstruções, links e precisão necessária ao modelo.

Introduzido no início do século passado, a propagação de onda superficial tem sido amplamente investigada a partir de Sommerfeld [2], que resolveu o problema geral do efeito da condutividade finita do solo por um dipolo elétrico vertical infinitamente plano localizado na superfície do plano. Norton [3], [4] apresentou fórmulas que representavam a intensidade do campo elétrico de ondas de superfície irradiadas a partir de uma antena vertical curta. Em seu estudo, Norton também mostrou que as ondas de superfície são importantes tanto de dia como de noite e sobre mar e terra. Ao considerar a propagação de onda terrestres através de caminhos mistos, em uma terra lisa não homogênea, Millington [5], [6] propôs uma abordagem de ajuste de curva que leva em consideração as variações de trajeto não-homogêneas. Este método teve a parte experimental realizada em trajetos mistos terra-mar nas bandas de frequência de HF e MF. Outros modelos clássicos de trajetos mistos podem ser observados nos estudos de Wait [7]–[9] e King [10]. Estes são os modelos clássicos que são citados e utilizados em vários trabalhos sobre o assunto. Ressalta-se que todos eles consideram um dipolo vertical devido às aplicações da época, que usavam ondas de rádio em baixas frequências. Nos últimos anos, os trabalhos atuais sobre propagação em trajetos mistos têm sido focados na construção de ferramentas que simulam essa propagação, modelos que incluem terrenos com montanhas, tipos de mar (liso e rugoso) e medidas na faixa de HF em comparação com modelos clássicos.

Uma análise mais abrangente e rigorosa para calcular o campo elétrico pode ser alcançada usando as Funções de Green Diádicas (FGD). Essas funções foram introduzidas por Hansen [11]. Mais tarde, elas foram usadas para analisar a propagação em guias de ondas, cavidades ressonantes e propagação em meios semi-infinitos ou em camadas [12]–[14]. O uso das FGD na análise da propagação de ondas eletromagnéticas em meios semi-infinitos ou em camadas foi feito por Tai [15], e um trabalho 5 semelhante foi feito por Cavalcante [16]. Existem alguns estudos [17], [18], que mostram a aplicabilidade das FGD para a propagação do sinal eletromagnético em baixas frequências, em grande parte para uso em serviços de propagação de rádio na faixa de frequência de 30 MHz a 200 MHz. Em trabalhos recente, as FGD foram utilizadas para calcular: impedância de meio plano [19]; expressões analíticas para FGD eletromagnético em grafeno [20] e em antenas impressas [21], [22].

O conhecimento das características da propagação eletromagnética é muito importante para fornecer qualidade e maior cobertura nos serviços dos sistemas de comunicação. Estes sistemas estão sempre



em desenvolvimento e mais presentes em todas as partes do mundo. Além dos sistemas de telefonia celular presentes em todo o mundo, existem serviços de TV digital, rádio Digital, serviços de radar e outros. Todos esses sistemas operam na faixa de frequência de VHF ou UHF, mostrando que neste século a faixa de frequência de interesse mudou. Portanto, há uma necessidade de modelos que contemplem essa faixa de frequência.

2. MATERIAS E MÉTODOS

A metodologia usada começa pelo processamento dos dados medidos, obtidos em parceria com a UFPA e dos repositórios públicos. O processamento consiste em transformar a potência recebida em campo elétrico, calcular as distâncias, uniformizar as medidas fazendo o uso de anéis. Após isso, deve-se selecionar os modelos clássicos e mais novos da literatura para simular o campo elétrico em ambientes com florestas e rios. Em seguida, é importante verificar toda a informação das campanhas de medição, antenas, potência de transmissão, altura das antenas, perda de cabos, tipo de analisador de espectro, modelar o cenário, determinar as alturas e tipo de árvores e determinar a distância sobre o rio. Uma vez que os dados medidos têm sido organizados, procede-se a simular os modelos encontrados na literatura e comparar como os dados medidos para por meio do RMSE (Root Mean Square Error) e GRG-MAPE para determinar a performance dos modelos de propagação. Adicionalmente, com os dados medidos, utilizando-se regressão linear, será obtido o índice de perda de percurso próprio de florestas densas e rios da Amazônia. Finalmente, será proposto um modelo baseado em regressão linear usando o índice de perda de percurso para radio propagação quando se tem florestas e quando se tem rios.

A realização destas etapas será possível devido a parceria entre o coordenador deste projeto e a Coordenadora do LCT. Para a realização destas medições será necessário apenas de um notebook para armazenamento e tratamentos dos dados. Para as simulações, será utilizado o software Octave. O 7 Octave faz parte do projeto GNU, é um software livre sob os termos da licença GPL (General Public License).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados obtidos, foi possível a criação de uma equação que calcula o campo elétrico considerando o índice de perda de propagação gerado pelos rios, assim como calcular uma altura para a antena que melhor capture o sinal propagado com as menores perdas geradas pelos rios.

Com isso, foi possível a elaboração do artigo *“Radio propagation for the Amazon Region considering the river level”* e seu aceite no Workshop em Comunicação, Redes e Sistemas de Energia (WCNPS).

Além disso, com um estudo voltado para propagação sobre pontes, foi possível criar um modelo de propagação, usando redes neurais, para uma ponte sobre o Rio Tocantins localizada na cidade de Marabá, onde durante tratamento de dados se pode perceber dois momentos em que ocorre o fenômeno “Recovery effect”. Como um modelo apropriado de propagação da tecnologia LTE é de grande importância para fornecer um serviço eficiente, a rede conseguiu criar um modelo de propagação que supera os modelos Okumura Suburbano e Okumura Misto, geralmente utilizados em uma região de clima e características como as apresentadas.

Diante disso, os dados e resultados proporcionaram a criação do artigo *“Radio Propagação e Modelagem para uma Ponte sobre o rio Tocantins para LTE”*, recém aceite no MOMAG 2020.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Projeto atendeu a tríade proposta pelo PIBIC: ensino, pesquisa e extensão, já que por meio do ensino de técnicas de medição e do uso de modelos de propagação foi possível uma pesquisa que mostrou problemas a serem resolvidos, onde uma solução foi desenvolvida e apresentada para a população por meio de artigos criados e publicados, extendendo o conhecimento da nossa pesquisa para fora da universidade e colaborando com a região amazônica com melhores Modelos de Propagação a serem usados e formas mais eficazes e econômicas de melhor recepção de sinal em uma região com alta variação do nível dos seus rios.

[Type text]



REFERÊNCIAS (Conforme ABNT)

- [1] C. Phillips, D. Sicker, and D. Grunwald, "Bounding the error of path loss models," in 2011 IEEE International Symposium on Dynamic Spectrum Access Networks (DySPAN), 2011, pp. 71–82.
- [2] A. Sommerfeld, "Propagation of waves in wireless telegraphy," *Ann. Phys.*, vol. 28, pp. 665–736, 1909.
- [3] K. A. Norton, "The Propagation of Radio Waves over the Surface of the Earth and in the Upper Atmosphere - Part 1: Ground-Wave Propagation from Short Antennas," *Proc. Inst. Radio Eng.*, vol. 24, no. 10, pp. 1367–1387, 1936.
- [4] K. A. Norton, "The Propagation of Radio Waves over the Surface of the Earth and in the Upper Atmosphere - Part 2 : The Propagation from Vertical, Horizontal, and Loop Antennas over a Plane Earth of Finite Conductivity," *Proc. Inst. Radio Eng.*, vol. 23, no. 9, pp. 1203–1236, 1937.
- [5] G. Millington, "Ground-wave propagation over an inhomogeneous smooth earth," *J. Inst. Electr. Eng.*, vol. 1949, no. 3, pp. 77–78, Mar. 1949.
- [6] G. Millington and G. A. Isted, "Ground-wave propagation over an inhomogeneous smooth earth. Part 2: Experimental evidence and practical implications," *Proc. IEE - Part III Radio Commun. Eng.*, vol. 97, no. 48, pp. 209–221, Jul. 1950. 8
- [7] J. Wait and L. Walters, "Curves for ground wave propagation over mixed land and sea paths," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 11, no. 1, pp. 38–45, Jan. 1963.
- [8] J. R. Wait, "Analysis of v.l.f. propagation in the Earth-ionosphere waveguide over a mixed land/sea path. Part I," *IEE-IERE Proc. - India*, vol. 8, no. 4, p. 144, 1970.
- [9] J. R. Wait, "Analysis of v.l.f. propagation in the Earth-ionosphere waveguide over a mixed land/sea path. Part II," *IEE-IERE Proc. - India*, vol. 8, no. 5, p. 192, 1970.
- [10] R. J. King, S. W. Maley, and J. R. Wait, "Groundwave propagation along three-section mixed paths," *Proc. Inst. Electr. Eng.*, vol. 113, no. 5, p. 747, 1966.
- [11] W. W. Hansen, "A New Type of Expansion in Radiation Problems," *Phys. Rev.*, vol. 47, no. 2, pp. 139–143, Jan. 1935.
- [12] A. Fallahi and B. Oswald, "On the Computation of Electromagnetic Dyadic Green's Function in Spherically Multilayered Media," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 59, no. 6, pp. 1433–1440, Jun. 2011.
- [13] Y. Chen, L. Jiang, Z. Qian, and W. Chew, "An Augmented Electric Field Integral Equation for Layered Medium Green's Function," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 59, no. 3, pp. 960–968, Mar. 2011.
- [14] P.-P. Ding, C.-W. Qiu, S. Zouhdi, and S. P. Yeo, "Rigorous Derivation and Fast Solution of Spatial-Domain Green's Functions for Uniaxial Anisotropic Multilayers Using Modified Fast Hankel Transform Method," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 60, no. 2, pp. 205–217, Feb. 2012.
- [15] C.-T. Tai, *Dyadic Green Functions in Electromagnetic Theory* (IEEE Press Series on Electromagnetic Waves), 2nd ed. New York: IEEE Press, 1994.
- [16] G. P. S. Cavalcante, D. A. Rogers, and A. J. Giarola, "Analysis of electromagnetic wave propagation in multilayered media using dyadic Green's functions," *Radio Sci.*, vol. 17, no. 3, pp. 503–508, May 1982. [17]

[Type text]



The banner features a light green background with several icons: a lightbulb, a magnifying glass, a smartphone, a Wi-Fi symbol, a laptop, and a search icon. The text is centered and includes the event title, subtitle, dates, location, and the organizing institution's logo.

VI Seminário de Iniciação Científica

Pesquisa na Amazônia: Novos cenários

📅 27 a 29 de Outubro de 2020
📍 On-line pela plataforma Google Meet

UNIFESSPA | PROPIT

- L.-W. Li, C.-K. Lee, T.-S. Yeo, and M.-S. Leong, "Wave Mode and Path Characteristics in a Four-Layered Anisotropic Forest Environment," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 52, no. 9, pp. 2445–2455, Sep. 2004.
- [18] DaHan Liao and K. Sarabandi, "Near-Earth wave propagation characteristics of electric dipole in presence of vegetation or snow layer," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 53, no. 11, pp. 3747–9 3756, Nov. 2005.
- [19] I.-S. Koh and Y. Lee, "Complete Closed-Form Expression of Dyadic Green's Function and Its Far- and Near-Field Approximations for an Impedance Half-Plane," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 60, no. 8, pp. 3794–3801, Aug. 2012.
- [20] A. Y. Nikitin, F. J. Garcia-Vidal, and L. Martin-Moreno, "Analytical Expressions for the Electromagnetic Dyadic Green's Function in Graphene and Thin Layers," *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron.*, vol. 19, no. 3, pp. 4600611–4600611, May 2013.
- [21] Min Zhou, S. B. Sorensen, E. Jorgensen, P. Meincke, O. S. Kim, and O. Breinbjerg, "An Accurate Technique for Calculation of Radiation From Printed Reflectarrays," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 10, pp. 1081–1084, 2011.
- [22] M. N. M. Yasin and S. K. Khamas, "Measurements and Analysis of a Probe-Fed Circularly Polarized Loop Antenna Printed on a Layered Dielectric Sphere," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 60, no. 4, pp. 2096–2100, Apr. 2012.
- [23] "Rec. ITU-R P.1546-5: Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3000 MHz," *Int. Telecommun. Union*, 2013.
- [24] B. A. Witvliet et al., "Mixed-path trans-horizon UHF measurements for P.1546 propagation model verification," in *2011 IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications*, 2011, pp. 303–306.