

PLANO DE ENSINO

– Período normal de atividades didáticas e presenciais / 2º semestre de 2025 –

Linha de pesquisa: Telecomunicações – Microondas e Eletromagnetismo	
Disciplina: Métodos Avançados em Telecomunicações	Código: EELT 7026
Sub-título: Planejamento e Avaliação de Enlaces Ponto a Ponto	Nível: Mestrado e Doutorado
Carga horária: 60h	Créditos: 04
Professor: Horacio Tertuliano Filho	
Ementa: Estudo avançado do planejamento de enlaces ponto a ponto em sistemas de telecomunicações, com ênfase em faixas de frequência de até 15 GHz. Abordagem dos fundamentos teóricos e práticos para o projeto de enlaces considerando topografia, cobertura do solo, altura das torres, obstruções e difração de múltiplos gumes. Introdução aos modelos clássicos de cálculo de perda por difração, com destaque para o método de Picquenard (modelo de Deygout). Aplicação de critérios da ITU-R na avaliação da disponibilidade de sistemas e no dimensionamento de enlaces sob condições ambientais adversas, incluindo a atenuação por chuva nas diversas frequências. Estudo da análise de desempenho de enlaces com base em perfis de perda, zona de Fresnel, e interferência entre canais em diferentes configurações (copolar, crosspolar, cocanal e adjacente). Exploração de técnicas de mitigação de interferência e aprimoramento de desempenho por meio de dispositivos de contramedidas, como equalização, codificação e diversidade (espacial, espectral e híbrida). Utilização de ferramentas computacionais especializadas para análise, simulação e visualização de parâmetros críticos dos enlaces.	
Objetivos da Disciplina: Objetivo Geral: Capacitar o aluno para o planejamento, modelagem e avaliação de enlaces ponto a ponto de alto desempenho, considerando parâmetros físicos, ambientais e tecnológicos, com suporte em ferramentas computacionais avançadas e normas internacionais. Objetivos Específicos: Compreender os princípios físicos e matemáticos aplicados ao enlace ponto a ponto. Aplicar modelos de difração e perda de propagação, com ênfase no modelo de Deygout, Lee, Pompilio e Okumura. Analisar os efeitos de obstruções, zona de Fresnel e perfil do terreno. Avaliar a influência da chuva, das condições climáticas e de disponibilidade nos enlaces. Investigar arranjos de canais e os efeitos de interferência intersistêmica. Empregar contramedidas de melhoria de desempenho, como técnicas de diversidade e codificação. Utilizar ferramentas computacionais para simulação e verificação de conformidade com os padrões ITU-R.	
Conteúdo Programático: 1. Introdução aos Enlaces Ponto a Ponto • Classificação e aplicações • Especificações típicas e faixas de frequência 2. Modelagem de Propagação • Zona de Fresnel e obstruções • Modelos determinísticos e semiempíricos de interesse • Difração de múltiplos obstáculos: modelo de Deygout sendo utilizado como base 3. Planejamento com Base em Dados Reais	

- Topografia e cobertura do solo
- Representações visuais e perfil do terreno
- Requisitos mínimos de altura de torres, tipos de antenas, cabos e periféricos
- 4. Atenuação por Chuva e Fatores Ambientais
 - Cálculo de perdas para frequências de até 15 GHz
 - Parâmetros climáticos regionais
 - Avaliação segundo recomendações ITU-R
- 5. Arranjos de Canal e Interferência
 - Copolar, crosspolar, cocanal e adjacente
 - Degradação do canal útil e interferência
- 6. Contramedidas e Técnicas de Melhoria
 - Diversidade espacial, espectral e combinada
 - Codificação, equalização e mitigação de ruído
- 7. Estudos de Caso e Simulações Computacionais
 - Utilização de ferramentas como CellNetwork (se disponível) e SimCell
 - Avaliação de desempenho de sistemas reais

Atividades Didáticas: As atividades didáticas serão desenvolvidas por meio de encontros presenciais, realizados às segundas-feiras, das 07h30 às 11h30. Cada sessão será dividida em dois blocos: duas horas destinadas à exposição teórica dos conteúdos e duas horas voltadas à realização de simulações, comparações e discussões orientadas. Ao longo do curso, os alunos terão acesso a plataformas computacionais que servirão de apoio à aprendizagem e aprofundamento dos temas abordados. Entre essas ferramentas, destacam-se o *software* SimCell, desenvolvido pelos integrantes do Grupo Telecom, o Cellplanner, além de outros ambientes computacionais relevantes (*Radio Mobile* e *Radio Link*) para a análise e compreensão dos tópicos que compõem a disciplina.

Metodologia de Ensino:

- Aulas expositivas com recursos multimídia
- Estudos dirigidos e leitura de artigos técnicos
- Atividades práticas com *softwares* de simulação
- Apresentação de estudos de caso e seminários

Avaliação:

- Participação e exercícios em aula: 20%
- Trabalho prático com simulação: 30%
- Seminário técnico ou artigo aplicado: 20%
- Prova ou relatório final: 30%

Cronograma: Aulas presenciais de 03/07/2025 a 03/12/2025.

Bibliografia básica:

ITU-R Recommendation P.530 – Propagation data and prediction methods.
Rappaport, T. S. – Wireless Communications: Principles and Practice.
Tertuliano Filho, H., Bastos C. e Pompilio P. – Princípios para Desenvolvimento de Projetos de Enlaces de Rádio.
Freeman, R. – Radio System Design for Telecommunications.
Saunders, S. & Aragón-Zavala, A. – Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems.
Bertoni, H. – Radio Propagation for Modern Wireless Systems.

Bibliografia complementar:

David Parsons – The Mobile Radio Propagation Channel.
Papers técnicos recentes da IEEE, ITU-R e 3GPP.
Manuais e guias técnicos de softwares de simulação de enlaces.