



## PROGRAMA DE UNIDADE DIDÁTICA – PUD

Válido somente com assinatura e carimbo do IFCE

<b>DISCIPLINA</b>
<b>PROJETO DE SISTEMAS DE RÁDIO ENLACE</b>
<b>CURSO: BACHARELADO EM ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES – 01503</b>
<b>CÓDIGO DA DISCIPLINA:01.503.35</b>
<b>CARGA HORÁRIA: 80 HORAS</b> <b>TEÓRICA: 80 HORAS</b> <b>PRÁTICA: -</b>
<b>CRÉDITOS: 04</b>
<b>PRÉ-REQUISITO: ANTENAS</b>
<b>SEMESTRE: 08</b>
<b>NÍVEL: GRADUAÇÃO</b>
<b>EMENTA</b>
Unidades de medidas: dB, dBd, dBi, dBm, dBW. Propagação, frente de onda, polarização, meios de transmissão e mecanismos de propagação. Propagação por múltiplos percursos. Faixas de frequências: VHF, UHF, SHF e EHF. Refração atmosférica, análise da refatividade do fator K, zonas/elipsóide de Fresnel, efeitos do terreno na propagação, perdas no espaço livre, modelos de desvanecimento. Raio terrestre equivalente, dutos, difração, atenuação por difração, tipos de obstáculos e reflexão. Normas que permitam a realização de cálculos de altura de antenas, azimute, inclinação e distância entre estações através das respectivas coordenadas geográficas. Atenuação devido a chuvas, cálculo do percentual para o pior mês, probabilidade de desvanecimento plano e seletivo. Fatores de melhoria de diversidade de frequência e espaço, fator de melhoria composta e critérios de visibilidade. Dimensionamento de rádio enlaces, elaboração do plano de frequência, metodologia de cálculo de desempenho e disponibilidade, cálculo de interferências e dimensionamento de sobressalentes. Conceitos que permitam analisar curvas de assinatura de rádios fornecidas pelos fabricantes.
<b>OBJETIVO</b>
Apresentar uma visão sistemática das comunicações através de sistemas em radiovisibilidade e proporcionar um embasamento sobre sistemas e engenharia de sistemas de comunicações modernos envolvendo tecnologias já consolidadas, como as novas tecnologias de rádio comunicação com transmissão digital em banda passante. Introduzir conceitos que permitam cálculos de perdas em enlaces de rádio. Mostrar todos os procedimentos envolvidos no projeto de enlace de rádio. Introduzir métodos de análise de enlaces de rádio através de gráficos dos elipsóides de Fresnel. Mostrar como calcular potência de sistemas de rádio enlace, cálculos de tempo entre falhas em equipamentos, tempos de reparo e dimensionamento de sobressalentes. Introduzir normas que permitam a realização de cálculos de altura de antenas, azimute, inclinação e distância entre estações através das respectivas coordenadas geográficas. Introduzir conceitos que permitam analisar curvas de assinatura de rádios fornecidas pelos fabricantes. Ao final do curso o aluno está apto a compreender e projetar sistemas de rádio comunicações com transmissão digital em microondas para enlaces fixos.
<b>PROGRAMA</b>
<b>Unidade 1: Topografia Básica (Site Survey)</b> - Revisão unidades de medidas em Telecomunicações: dB, dBi, dBd, dBm, dBW e conversões entre unidades dBm-Watt, dBW-Watt e dBm-dBW. Mapas, escala de mapas, curvas de nível, altitude de pontos em um mapa, latitude e longitude, cálculo da distância entre dois pontos. Azimute de antenas, anti-azimute, azimute magnético, azimute geográfico, declinação magnética, utilização da bússola e cálculo da declinação magnética. Cálculo de azimutes através da utilização de coordenadas geográficas e ângulo de elevação. Determinação de localidades (survey) nos mapas para levantamento do perfil do relevo. <b>Unidade 2: Princípios básicos de propagação da onda eletromagnética</b> - Propagação. Frente de onda e meios de transmissão. Polarização. Mecanismos de propagação e faixas de frequências. <b>Unidade 3: Conceitos de Refratividade e Obstrução</b> - Refração Atmosférica. Análise da refatividade e do fator K. Raio

terrestre equivalente. Zonas/Elipsóides de Fresnel. **Unidade 4: Efeitos do terreno na propagação** - Efeitos de obstáculos nas ligações via rádio. Critérios de desobstrução. Aplicação dos critérios de desobstrução no dimensionamento da altura mínima aplicável para as antenas. Cálculos de altura de antenas, azimute e inclinação. Obstáculo Gume de Faca. Difração média e obstáculo isolado. Estimativa de perda por difração. Obstáculo irregular e maciço e perdas adicionais. **Unidade 5: Reflexões no solo** - Coeficientes de reflexão. Parâmetros que influem na reflexão do feixe de microondas. Cálculo do ponto de reflexão. Cálculo da área de reflexão. Cálculo do coeficiente de rugosidade do terreno. **Unidade 6: Atenuações (Espaço Livre e suplementares):** Atenuação de espaço livre. Perdas de percurso. Dutos: Superficial e elevado. Regiões de atenuação e interferência devido a dutos. Análise da atenuação pluviométrica. Caracterização da estrutura da chuva. Métodos para estimativa do efeito da chuva: Método UIT-R 838 e 530-7. Cálculo de indisponibilidade total. **Unidade 7: Cálculo do desempenho do sistema de rádio digital** - Objetivos de desempenho. Desvanecimentos: metodologias de cálculo, desvanecimento plano, desvanecimento seletivo. Modelo para canal de RF. Distribuições estatísticas: Amplitude relativa de Eco, Diferença de Retardo, Deslocamento de frequência de NOTCH. Influência da curva de assinatura na probabilidade de desvanecimento seletivo. Diversidade: Espaço, frequência, híbrida e quádrupla. Cálculo da altura da antena de diversidade. Fatores de melhoria: Devido a inclinação da trajetória, devido a diversidade de espaço e devido a diversidade de frequência. Planejamento de frequências. Metodologia de cálculo de desempenho e disponibilidade. Cálculo de interferências. Dimensionamento de sobressalentes. **Unidade 8: Sistema aéreo** - Antenas, guias de onda, cabo coaxial, torres (autoportante e estaiada), componentes adicionais do sistema aéreo. VSWR do sistema aéreo. Tipos de rádio ponto a ponto, topologia de rede, composição do sistema de rádio, configurações e parâmetros sistêmicos dos equipamentos de rádio e introdução a gerência de rede. **Unidade 9: Legislações Vigentes** - Principais organismos nacionais e internacionais, principais normas vigentes da Anatel: definições dos tipos de serviço; normas para instalação e alteração de características técnicas de estação de telecomunicações; formulários de projeto.

#### **METODOLOGIA DE ENSINO**

Através de aulas teórico/práticas será apresentado, passo a passo, todo o procedimento necessário para o cálculo de enlaces de rádio digitais. À medida que o conteúdo for ministrado, os educandos farão o projeto de um enlace de rádio seguindo normas e procedimentos técnicos apresentados. Para complementar as aulas teóricas, os educandos farão simulações computacionais utilizando planilhas de cálculo, visitas técnica e trabalhos em grupo, além da montagem de enlaces de rádio nas faixas de 2,4 GHz, 5 GHz, 7 GHz e 23 GHz.

#### **AVALIAÇÃO**

A avaliação é realizada de forma processual e cumulativa através da análise da viabilidade técnica dos projetos de rádio enlace, para diversos perfis de terreno, realizados pelos educandos. Participação em laboratórios, relatórios de visitas técnicas e participação em sala de aula. Avaliações escritas e trabalhos extra-sala de aula. A frequência é obrigatória, respeitando os limites de ausência previstos em lei.

#### **BIBLIOGRAFIA BÁSICA**

GOMES, G. G. R. Sistemas de Rádio Enlaces Digitais: Terrestres e por Satélites. 1ª Ed. São Paulo. Editora Érica, 2013.

MIYOSHI, E., M., SANCHES, C., A. Projetos de Sistemas de Rádio. 1ª ed. São Paulo: Érica, 2002.

SOARES, V., N., PETRUCCI, L., A., TEIXEIRA P., S. Telecomunicações Sistemas de Propagação e Rádio Enlace. Editora Érica Ltda. São Paulo, 1999.

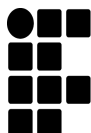
#### **BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR**

RIBEIRO, J. A. J. Engenharia de Antenas, 2a ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

SADIKU, MATTHEW N. O. Elementos de Eletromagnetismo, 3ª ed. Porto Alegre, 2004

BARRADAS, O., SILVA, G. Sistemas Radio visibilidade. Livros Técnicos e Científicos S.A., 2ª Edição, Rio de Janeiro, 1978;

BERTONI, HENRY L. Radio Propagation for Modern Wireless Systems, Prentice-Hall, 1999.



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ - IFCE  
CAMPUS FORTALEZA  
DEPARTAMENTO DE TELEMÁTICA  
COORDENADORIA DO CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

## PROGRAMA DE UNIDADE DIDÁTICA – PUD

**Válido somente com assinatura e carimbo do IFCE**

B. PATTAN – SATELLITE-BASED CELLULAR COMMUNICATIONS – McGraw Hill -1998.

R. E. COLLIN, Foundations for Microwave Engineering, 2nd.ed., McGraw-Hill, 1992.

I. A. GLOVER, et al., Microwave Devices, Circuits and Subsystems, J. Wiley, 2005.

M. GOLIO, (Ed.), The RF and Microwave Handbook, CRC Press, 2001.

\_\_\_\_\_  
**Coordenador do Curso**

\_\_\_\_\_  
**Setor Pedagógico**