



PLANO DE ENSINO

1. IDENTIFICAÇÃO

Componente Curricular:	SISTEMAS DE RADIOENLACE								
Unidade Ofertante:	FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA								
Código:	FEELT36803	Período/Série:	8º PERÍODO		Turma:	U			
Carga Horária:				Natureza:					
Teórica:	30	Prática:	15	Total:	45	Obrigatória:	(X)	Optativa:	()
Professor(A):	RENAN ALVES DOS SANTOS				Ano/Semestre:	2023-2			
Observações:									

2. EMENTA

Projetos e análises de radioenlaces digitais.

Esta disciplina oferece ao aluno os seguintes conhecimentos sobre radioenlaces digitais:

1. Atenuações em enlaces terrestres.
2. Atenuações em enlaces via satélite.
3. Parâmetros de desempenho em enlaces.

3. JUSTIFICATIVA

Além de novos conceitos, a disciplina utiliza diversos conteúdos já vistos anteriormente no curso (Linhas de Transmissão, Antenas, Comunicações Digitais e Dispositivos de Micro-ondas) com aplicação nas análises e projetos de radioenlaces digitais terrestres e via satélite. Assim, tem-se uma grande contribuição para a formação de engenheiros que irão atuar nos modernos sistemas de telecomunicações.

4. OBJETIVO

Ao final da disciplina o estudante será capaz de:

1. Analisar e identificar a qualidade de funcionamento de radioenlaces digitais já implementados.
2. Projetar radioenlaces digitais terrestres e via satélite.

Entre as competências a serem desenvolvidas no estudante destacam-se:

1. Ser capaz de utilizar técnicas adequadas de observação, compreensão, registro e análise das necessidades dos usuários e de seus contextos sociais, culturais, legais, ambientais e econômicos;
2. Formular, de maneira ampla e sistêmica, questões de engenharia, considerando o usuário e seu contexto, concebendo soluções criativas, bem como o uso de técnicas adequadas;
3. Ser capaz de modelar os fenômenos, os sistemas físicos e químicos, utilizando as ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais e de simulação, entre outras;
4. Prever os resultados dos sistemas por meio dos modelos;
5. Conceber experimentos que gerem resultados reais para o comportamento dos fenômenos e sistemas em estudo;
6. Verificar e validar os modelos por meio de técnicas adequadas;
7. Ser capaz de conceber e projetar soluções criativas, desejáveis e viáveis, técnica e economicamente, nos contextos em que serão aplicadas;
8. Projetar e determinar os parâmetros construtivos e operacionais para as soluções de Engenharia;
10. Ser capaz de expressar-se adequadamente, seja na língua pátria ou em idioma diferente do Português, inclusive por meio do uso consistente das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs), mantendo-se sempre atualizado em termos de métodos e tecnologias disponíveis;
11. Ser capaz de interagir com as diferentes culturas, mediante o trabalho em equipes presenciais ou a distância, de modo que facilite a construção coletiva;
13. Gerenciar projetos e liderar, de forma proativa e colaborativa, definindo as estratégias e construindo o consenso nos grupos;
14. Ser capaz de assumir atitude investigativa e autônoma, com vistas à aprendizagem contínua, à produção de novos conhecimentos e ao desenvolvimento de novas tecnologias;
15. Aprender a aprender.

5. PROGRAMA

1. Introdução à enlaces de telecomunicações

- 1.1 Definição de propagação terrestre (onda direta, onda refletida e onda de superfície).
- 1.2 Definição de propagação espacial.

2. Componentes de enlaces de telecomunicações

- 2.1 Enlace terrestre (moduladores, conversores de frequência, amplificadores de potência, amplificadores de baixo ruído e antenas).
- 2.2 Enlace espacial (moduladores, conversores de frequência, amplificadores de potência, amplificadores de baixo ruído, antenas e transponders).

3. Cálculo da atenuação no espaço livre

- 3.1 Aplicação em enlaces terrestre.
- 3.2 Aplicação em enlaces espaciais.

4. Cálculos das atenuações por chuva e gases da atmosfera

- 4.1 Aplicação em enlaces terrestre.
- 4.2 Aplicação em enlaces espaciais.

5. Análise de propagação na troposfera para enlaces terrestres

- 5.1 Atenuação por obstáculo.
- 5.2 Reflexão da onda no solo.

6. Cálculo de parâmetros de atenuação específicos para comunicações via satélite

- 6.1 Atenuação por desapontamento de antenas
- 6.2 Atenuação por erros de polarização.

7. Análise de balanço de potências e relação sinal-ruído:

- 7.1 Aplicação em enlaces terrestre.
- 7.2 Aplicação em enlaces espaciais.

6. METODOLOGIA

Disponibilização de materiais e dinâmica da disciplina:

As aulas teóricas (com carga de 2 aulas semanais) e práticas (com carga de 1 aula semanal) serão nos seguintes locais e horários:

1. As aulas teóricas serão ministradas na sala 403 do Bloco G da UNIPAM as segundas-feiras das 07:10 - 08:50.
2. As aulas práticas serão ministradas no laboratório de informática do Bloco Alfa da Unipam as sextas-feiras das 09:50 - 10:40.

Todo conteúdo utilizado na disciplina (slides, roteiros e códigos para as atividades práticas) é baseado na bibliografia prevista para a disciplina. Esses materiais serão disponibilizado para que o aluno possa ter como fonte de estudos na forma de postagens na sala virtual Sistemas de Radioenlace do Microsoft Teams (**os alunos serão adicionados na sala assim que for disponibilizado a lista de matriculados no portal docente**).

Caso necessário, os discentes terão acesso à materiais para complementares os estudos. Todo material extra utilizado na disciplina também será disponibilizado na forma de postagens na sala virtual Sistemas de Radioenlace do Microsoft Teams.

Controle de frequências:

É necessário obter ao menos 75% de presença na disciplina para aprovação. **O controle de frequência será realizado via chamada nas aulas.**

Atendimento:

O atendimento poderá ser realizado de forma presencial sala 312 do Bloco Alfa ou via chamada do Microsoft Teams as quartas-feiras das 08:50 - 11:00, ou outro dia desde que agendado com o professor previamente.

Dúvidas também poderão ser tiradas no chat do Microsoft Teams durante todo o período da disciplina.

Cronograma das partes teórica e prática:

A disciplina tem carga horária de 45 horas (30 horas de teoria e 15 horas de prática) ou 54 horas-aula (36 horas-aula de teoria e 18 horas-aula de prática).

O cronograma das aulas teóricas (dividido em aulas presenciais e reposições) dessas aulas é dado por:

Aulas	Data	Regime	Conteúdo
1-2	08/01	Presencial	Apresentação da disciplina - Conteúdo programático - Método de avaliação - Datas das provas Capítulo 1: Introdução aos sistemas de radioenlace - Motivações - Definições
3-4	15/01	Presencial	Capítulo 2: Atenuação em enlaces terrestres - Atenuação no espaço livre
5-6	22/01	Presencial	Capítulo 2: Atenuação em enlaces terrestres - Reflexão no solo (modelo de dois raios)
7-8	29/01	Presencial	Capítulo 2: Atenuação em enlaces terrestres - Difração em obstáculos
9-10	05/02	Presencial	Capítulo 2: Atenuação em enlaces terrestres - Atenuação por chuva
-	12/02	-	Recesso - Carnaval
11-12	19/02	Presencial	Prova 1
13-14	26/02	Presencial	Capítulo 3: Atenuação em enlaces via satélites - Atenuação no espaço livre
15-16	04/03	Presencial	Capítulo 3: Atenuação em enlaces via satélites - Atenuação por chuva
17-18	11/03	Presencial	Capítulo 3: Atenuação em enlaces via satélites - Atenuação por nuvens - Atenuação por oxigênio
19-20	18/03	Presencial	Capítulo 3: Atenuação em enlaces via satélites - Atenuação por desalinhamento de antenas
21-22	19/03	Reposição	Capítulo 3: Atenuação em enlaces via satélites - Atenuação por erros de polarização
23-24	25/03	Presencial	Prova 2
25-26	01/04	Presencial	Capítulo 4: Análise de desempenho - Balanço de potências
27-28	08/04	Presencial	Capítulo 4: Análise de desempenho - Relação sinal-ruído
29-30	15/04	Presencial	Capítulo 4: Análise de desempenho - Probabilidade de erros de bits sem códigos corretores de erro
31-32	16/04	Reposição	Capítulo 4: Análise de desempenho - Probabilidade de erros de bits com códigos corretores de erro
33-34	22/04	Presencial	Prova 3
35-36	25/04	Reposição	Prova de recuperação

* As reposições das aulas teóricas serão ministradas as 14:00 - 16:40 na sala 403 do Bloco G da UNIPAM.

A atividade prática da disciplina consistirá de análises de radioenlaces digitais terrestres e via satélite usando o programa Matlab. Após cada atividade os alunos deverão entregar um relatório (via chat do Microsoft Teams) com as análises previstas em roteiro. A avaliação da parte prática será via correção desses relatórios.

O cronograma das aulas práticas (dividido em aulas presenciais e reposições) é dado por:

Aulas	Data	Regime	Conteúdo
1	12/01	Presencial	Apresentação da parte prática da disciplina - Conteúdo programático - Método de avaliação
2	19/01	Presencial	Relatório 1: Análises de atenuação em enlaces terrestres (Parte 1) - Atenuação no espaço livre
3	19/01	Reposição	Relatório 1: Análises de atenuação em enlaces terrestres (Parte 2) - Atenuação no espaço livre
4	26/01	Presencial	Relatório 2: Análises de atenuação em enlaces terrestres (Parte 1) - Reflexão no solo (modelo de dois raios)
5	02/02	Presencial	Relatório 2: Análises de atenuação em enlaces terrestres (Parte 2) - Reflexão no solo (modelo de dois raios)
6	09/02	Presencial	Relatório 3: Análises de atenuação em enlaces terrestres (Parte 1) - Difração em obstáculos
7	09/02	Reposição	Relatório 3: Análises de atenuação em enlaces terrestres (Parte 2) - Difração em obstáculos
8	16/02	Presencial	Relatório 4: Análises de atenuação em enlaces terrestres (Parte 1) - Atenuação por chuva
9	23/02	Presencial	Relatório 4: Análises de atenuação em enlaces terrestres (Parte 2) - Atenuação por chuva
10	01/03	Presencial	Relatório 5: Análises de atenuação em enlaces via satélites (Parte 1) - Atenuação no espaço livre
11	01/03	Reposição	Relatório 5: Análises de atenuação em enlaces via satélites (Parte 2) - Atenuação no espaço livre
12	08/03	Presencial	Relatório 6: Análises de atenuação em enlaces via satélites - Atenuação por chuva
13	15/03	Presencial	Relatório 7: Análises de atenuação em enlaces via satélites - Atenuação por nuvens Relatório 8: Análises de atenuação em enlaces via satélites - Atenuação por oxigênio
14	22/03	Presencial	Relatório 9: Análises de atenuação em enlaces via satélites - Atenuação por desalinhamento de antenas Relatório 10: Análises de atenuação em enlaces via satélites - Atenuação por erros de polarização
15	05/04	Presencial	Relatório 11: Análise de desempenho - Balanço de potências
16	12/04	Presencial	Relatório 12: Análise de desempenho - Relação sinal-ruído
17	19/04	Presencial	Relatório 13: Análise de desempenho - Probabilidade de erros de bits sem códigos corretores de erro Relatório 14: Análise de desempenho - Probabilidade de erros de bits com códigos corretores de erro
18	19/04	Reposição	Vista de notas

** As reposições serão ministradas as 14:00 - 14:50 no laboratório de informática do Bloco Alfa da Unipam.

Em resumo, a carga horária da disciplina será dividida em:

Carga horária	Teórica	Prática
Presencial	30 horas-aula	14 horas-aula
Reposições	6 horas-aula	4 horas-aula
Total da disciplina	36 horas-aula	18 horas-aula

7. AVALIAÇÃO

O(a) discente necessita obter no mínimo, 60 pontos de 100 para obter aproveitamento na disciplina. A avaliação da disciplina será dividida em quatro partes:

Prova 1: Esta avaliação será os sobre o Capítulo 2 da parte teórica da disciplina com valor de 25% da nota final da disciplina. Consistirá de uma prova individual com duração de 100 minutos (horário da respectiva aula).

Prova 2: Esta avaliação será os sobre o Capítulo 3 da parte teórica da disciplina com valor de 25% da nota final da disciplina. Consistirá de uma prova individual com duração de 100 minutos (horário da respectiva aula).

Prova 3: Esta avaliação será os sobre o Capítulo 4 da parte teórica da disciplina com valor de 25% da nota final da disciplina. Consistirá de uma prova individual com duração de 100 minutos (horário da respectiva aula).

Atividades práticas: Esta avaliação será os sobre a parte prática da disciplina e terá o valor de 25% da nota final da disciplina. Ao longo do semestre os discentes deverão entregar 14 atividades e nota final da parte prática será dada pela média aritmética dessas atividades. Os relatórios deverão ser enviadas via chat do Microsoft Teams até as 23:59 da sexta-feira da respectiva aula prática (em caso de não entrega a nota será nula). O arquivo deverá ser enviado em formato pdf.

Assim, o cronograma de atividades avaliativas da disciplina é:

Avaliação	Valor	Data
Provã 1	25	19/02
Prova 2	25	25/03
Prova 3	25	22/04
Relatórios	25	Entrega até as 23:59 da sexta-feira da respectiva aula prática
Total	100,0	-

Os resultados das avaliações serão divulgados como postagem na sala virtual Sistemas de Radioenlace do Microsoft Teams, sendo que as notas serão apresentadas pelos números de matrícula dos alunos. A divulgação das notas deve acontecer em até 15 dias após a sua realização. As revisões de notas poderão ser feitas nos horários de atendimento.

Resolução CONGRAD nº 46/2022, o discente que não obtiver média final igual ou superior a 60 pontos **etiver uma frequência de no mínimo 75% da carga horária da disciplina** terá direito a uma atividade avaliativa de recuperação de aprendizagem. Tal atividade consistirá de uma prova em que será cobrada **toda a matéria do semestre**. A média final do aluno será:

$$MF = (\text{Média final da disciplina}) * 0,6 + (\text{Prova final}) * 0,4,$$

sendo limitado em 60 o valor máximo de MF obtido pelo aluno em recuperação.

8. BIBLIOGRAFIA

Básica

RAPPAPORT T. S. **Wireless communications: principles and practice**, 2nd ed., Prentice-Hall, 2002.
SEYBOLD J. S. **Introduction to RF propagation**, John Wiley & Sons, Inc, 2005.
RIBEIRO, J. A. J. **Propagação das ondas eletromagnéticas: princípios e aplicações**, Érica, 2008.
IPPOLITO, L. J. **Radiowave propagation in satellite communications**, Van Nostrand Reinhold Company Inc, 1986.
KOLAWOLE M. O. **Satellite communication engineering**, Marcel Dekker, Inc., 2002.
MAINI, A. K., AGRAWAL, V. **Satellite technology: principles and applications**, 3rd ed., John Wiley & Sons, 2014.

Complementar

RIBEIRO, J. A. J. **Engenharia de antenas: fundamentos, projetos e aplicações**, Érica, 2012.
BALANIS, C. A. **Antenna theory: analysis and design**, 3rd ed., John Wiley and Sons, Nova York, 2005.
RODDY, D. **Satellite communications**, 4th ed., McGraw-Hill, 2006.
MARAL, G. BOUSQUET M. **Satellite communications systems**, 5th ed., John Wiley & Sons Ltd, 2002.
ALLNUTT, J. E. **Satellite-to-ground radiowave propagation**, The Institution of Engineering And Technology, 2011.
KRAUS, J. **Radio astronomy**, McGraw Hill, 1966.
GUIMARÃES, D. A. **Digital transmission: a simulation-aided introduction with vissim/comm**, Springer, 2009.
POZAR, D. M. **Microwave engineering**, 4th ed., JohnWiley & Sons, Inc, 2012

Recomendações da União Internacional de Telecomunicações (ITU)

Recommendation ITU-R P.838-3: **Specific attenuation model for rain for use in prediction methods**, International Telecommunications Union (ITU), 2005.
Recommendation ITU-R P.530-15: **Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line-of-sight systems**, International Telecommunications Union (ITU), 2013.
Recommendation ITU-R P.837-7: **Characteristics of precipitation for propagation modelling**, International Telecommunications Union (ITU), 2017.
Recommendation ITU-R P.525-4: **Calculation of free-space attenuation**, International Telecommunications Union (ITU), 2019.
Recommendation ITU-R P.839-4: **Rain height model for prediction methods**, International Telecommunications Union (ITU), 2013.
Recommendation ITU-R P.618-11: **Propagation data and prediction methods required for the design of Earth-space telecommunication systems**, International Telecommunications Union (ITU), 2013.
Recommendation ITU-R P.840-4: **Attenuation due to clouds and fog**, International Telecommunications Union (ITU), 2009.
Recommendation ITU-R P.836-3: **Water vapour: surface density and total columnar content**, International Telecommunications Union (ITU), 2001.
Recommendation ITU-R P.676-12: **Attenuation by atmospheric gases**, International Telecommunications Union (ITU), 2019.
Recommendation ITU-R S.1064-1: **Pointing accuracy as a design objective for earthward antennas on board geostationary satellites in the fixed-satellite service**, International Telecommunications Union (ITU), 1995.
Recommendation ITU-R P.531-14: **Ionospheric propagation data and prediction methods required for the design of satellite networks and systems**, International Telecommunications Union (ITU), 2019.

9. APROVAÇÃO

Aprovado em reunião do Colegiado conforme Decisão Administrativa do Colegiado anexada ao processo referenciado.

Coordenação do Curso de Graduação: _____



Documento assinado eletronicamente por **Renan alves dos Santos, Professor(a) do Magistério Superior**, em 02/02/2024, às 08:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Daniel Costa Ramos, Coordenador(a)**, em 15/02/2024, às 08:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4943201** e o código CRC **6BD0EDAC**.