

## PLANO DE ENSINO

<b>Identificação da disciplina</b>	
Código e nome da disciplina: UFSM00269 COMUNICAÇÕES ESTRATÉGICAS	
Curso: Engenharia de Telecomunicações	
Turma: 10_316	
Docente responsável: Fernando Cesar Comparsi De Castro	
Ano/período: 2024/II	
Objetivos da disciplina (de acordo com o projeto pedagógico do curso):	
Sistemas de comunicações estratégicas são de fundamental interesse no âmbito de políticas de defesa, dado que tais sistemas transportam e processam informações que são cruciais para a defesa de um país no contexto geopolítico. Um aspecto fundamental de comunicações estratégicas no âmbito da guerra eletrônica é o fato de alvos estratégicos de um determinado país, mesmo em "tempos de paz", poderem ser tão vulneráveis quanto alvos de comando, controle e comunicações presentes em um cenário de guerra convencional. As tecnologias envolvidas se caracterizam por rápida e continuada evolução. Dentre o amplo espectro de tecnologias compreendidas em comunicações estratégicas, a presente disciplina dedica-se ao estudo e à compreensão dos conceitos e princípios fundamentais de guerra eletrônica, <i>array processing</i> e sistemas de radar.	
Carga horária: 60 horas – aula	
Conteúdo programático (de acordo com o projeto pedagógico do curso): Conceitos básicos de guerra eletrônica, detecção de sinais-ameaça ( <i>threat signals</i> ), sinais LPI ( <i>Low Probability of Intercept</i> ), localização de emissores, <i>jamming</i> , fundamentos de <i>array processing</i> , <i>phased arrays</i> , <i>beamforming</i> , DOA ( <i>Direction Of Arrival</i> ), MUSIC ( <i>Multiple Signal Classification</i> ), ESPRIT ( <i>Estimation of Signal Parameter via Rotational Invariance Technique</i> ), radar AESA ( <i>Active Electronically Steered Array</i> ), radar de abertura sintética (SAR – <i>Synthetic Aperture Radar</i> ), radar OTH ( <i>Over the Horizon</i> ), radar LPI ( <i>Low Probability of Intercept</i> ).	
<b>Bibliografia básica (de acordo com o projeto pedagógico do curso):</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manolakis, Dimitris G. <b>Statistical and adaptive signal processing : spectral estimation, signal modeling, adaptive filtering, and array processing</b>. Artech House, 2005.</li> <li>• Balanis, Constantine A. <b>Antenna theory : analysis and design 4th</b> , Wiley, 2016.</li> <li>• Cumming, Ian G. <b>Digital processing of synthetic aperture radar data : algorithms and implementation 2<sup>nd</sup></b> , Artech House, 2005.</li> </ul>	
<b>Bibliografia complementar (de acordo com o projeto pedagógico do curso):</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skolnik, Merril Ivan, <b>Introduction to radar systems 3<sup>rd</sup></b> , McGrawHill, 2001.</li> <li>• Ulaby, Fawwaz , <b>Microwave remote sensing : active and passive</b>, Artech House, 1986.</li> </ul>	
<b>Bibliografia auxiliar:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material didático disponibilizado em <a href="http://www.fccdecastro.com.br/download.html">http://www.fccdecastro.com.br/download.html</a> .</li> </ul>	
<b>Descrição do plano</b>	
Metodologia:	
Aulas expositivas com conteúdo ministrado através de texto didático em formato pdf disponibilizadas em <a href="http://www.fccdecastro.com.br/download.html">http://www.fccdecastro.com.br/download.html</a> . São apresentados conceitos teóricos e aplicações. Ao final de cada módulo relevante do conteúdo um conjunto de exemplos e exercícios é resolvido. Um conjunto adicional de exercícios e problemas é sugerido ao aluno como <i>homework</i> para serem resolvidos no âmbito do paradigma <i>computer-assisted problem solving</i> . Para a matéria de cada uma das duas provas P1 e P2 haverá um conjunto de exercícios e problemas a ser resolvido a título de <i>homework</i> . A solução dos referidos problemas e exercícios pelo aluno corresponderá à 10% do grau final.	
Cronograma <u>estimado</u> de atividades:	
	Atividade
11/09	Apresentação da disciplina UFSM00269 COMUNICAÇÕES ESTRATÉGICAS.
16/09	<b>(Capítulo I)</b> . Conceitos básicos de EW (EW – Electronic Warfare – guerra eletrônica ). Suporte Eletrônico (ES), Ataque Eletrônico (EA) e Proteção Eletrônica (EP). Metas e ações em um teatro de operações de guerra eletrônica (EW) . Efeitos a serem implementados em um teatro de operações de EW. Diagrama de blocos de um sistema básico de comunicações para EW. (IW- information warfare). O espectro eletromagnético em um cenário de operações de EW. Detecção de ameaças - sinais de radar. <i>Target range, maximum unambiguous range, minimum range</i> e <i>range resolution</i> . Exemplo 1.
18/09	Modulação LFM ( <i>Linear Frequency Modulation</i> ). Exemplo 2. Exemplo 3. Sinal de radares FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave). O espectro de sinais de radares pulsados e o espectro de sinais <i>chirp</i> . O

	espectro de radares FMCW. <i>Target range</i> de radares FMCW. Compensação do desvio Doppler. Exemplo 4. Exemplo 5.
23/09	Detecção de sinais de comunicações. Modulações digitais. Cenário de EW net-centric com nós da rede localizados em satélites LEO/MEO/geoestacionários. Enlaces com UAVs. Enlaces táticos. Triangulação de emissores de radiação eletromagnética (EM). Exemplo 6. Sinais LPI ( <i>low probability of intercept</i> ) – <i>Frequency Hopping</i> . <i>Slow Hopping</i> e <i>Fast Hopping</i> .
25/09	Sinais <i>chirp</i> . <i>Wide linear sweep</i> e <i>Chirp on Each Bit</i> . Detecção do sinal <i>chirp</i> através de filtro casado. Exemplo 7. Exemplo 8. Exemplo 9.
30/09	Sinais <i>Direct Sequence Spread Spectrum</i> (DS-SS). <i>Spreader</i> e <i>despreader</i> . Ganho de processamento. <i>Rake receiver</i> . Códigos PN ( <i>pseudo noise</i> ). Geradores da sequência de <i>chips</i> . Arquitetura de um TX-RX DS-SS. Detecção da sequência de <i>chips</i> . Exemplo 10.
02/10	Localização de emissores de radiação EM. Interferômetro. Exemplo 11. TDOA. Exemplo 12.
07/10	<i>Jamming</i> . A importância do padrão de irradiação e da polarização do sistema antenas. <i>Jamming-to-Signal Ratio</i> – <i>J/S</i> . <i>Stand-in Jamming</i> . <i>Jamming</i> de enlaces analógicos e digitais. <i>Jamming</i> de sinais <i>Spread Spectrum</i> (SS). Exemplo 13. <i>Jamming</i> em banda parcial. <i>Jamming</i> de sinais <i>Frequency Hopping</i> (FH). Exemplo 14. <i>Jamming</i> de sinais <i>chirp</i> . <i>Jamming</i> de sinais <i>Direct Sequence Spread Spectrum</i> (DS-SS).
09/10	<b>(Capítulos II.1 a II.5)</b> . Fundamentos de <i>array processing</i> . O dipolo como elemento de um <i>array</i> . Exemplo 1.
14/10	Exemplo 2. Determinando as correntes dos dipolos de um <i>array</i> . Diretividade e Ganho. Exemplo 3. Exemplo 4.
16/10	Área de Recepção. Enlace. Exemplo 5.
21/10	<i>Phased Arrays</i> . <i>Phased Arrays</i> com elementos do tipo dipolo. Exemplo 6.
23/10	Exemplo 7. Exemplo 8.
28/10	<b>FERIADO</b>
30/10	ULA – <i>Uniform Linear Array</i> . ULA de $K = 2$ dipolos com correntes defasadas de $90^\circ$ . ULA de $K = 4$ dipolos com correntes determinadas por beamforming. ULA binomial de $K = 7$ dipolos com correntes determinadas pelos coeficientes da Série Binomial. ULA broadside de $K = 20$ dipolos com distribuição de corrente uniforme. ULA endfire de $K = 40$ dipolos com distribuição de magnitude das correntes uniforme e fases em quadratura. <i>Electronic Steered Array</i> (= <i>Electronic Scanned Array</i> ).
04/11	Beamforming. Exemplo 9. Exemplo 10.
06/11	<i>Homeworks</i> p/ a prova P1.
11/11	Prova P1.
13/11	<b>(Capítulos II.6 a II.7)</b> . MUSIC - <i>MULTiple Signal Classification</i> . Onda EM incidente em um <i>array</i> de dipolos. Onda EM plana incidindo em um dipolo. Onda EM plana incidindo em um <i>array</i> de dipolos. A eigen-decomposição da matriz de covariância da sequência de vetores $VT[n]$ . A determinação do DOA ( <i>Direction Of Arrival</i> ) através do MUSIC. Exemplo 1.
18/11	Exemplo 2. ESPRIT - <i>Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariance Techniques</i> . Exemplo 3.
20/11	<b>FERIADO</b>
25/11	<b>(Capítulo III)</b> . Introdução a sistemas de RADAR. Range máximo em função da sensibilidade do RX. Exemplo 1. Compressão de pulso com códigos de Barker. Exemplo 2. Radar AESA ( <i>Active Electronically Steered Array</i> ).
27/11	Radar OTH ( <i>over the horizon</i> ). Área de cobertura. Características do sistema. Resolução e precisão. Características típicas. Geração do Waveform e HPA. RX – front end analógico (exemplo radar OTH Jindalee – Austrália). Fluxo de sinal básico efetuado no processamento digital do RX.
02/12	Radar de abertura sintética (SAR - <i>Synthetic Aperture Radar</i> ). Iluminação do swath. Formação da imagem – SAR sem focalização. Limitações do SAR sem focalização. SAR com focalização. SAR – Processamento Doppler.
04/12	Radar LPI ( <i>Low Probability of Intercept</i> ). <i>Jamming</i> de sinais de radar.
09/12	<i>Homeworks</i> p/ a P2.
11/12	P2
16/12	Dúvidas sobre a matéria do EXAME.
18/12	EXAME

#### Atividades práticas:

Simulação e análise de aplicações e situações operacionais de comunicações estratégicas utilizando o software MathCad e/ou o software Matlab. Estas atividades referem-se aos *homeworks* a serem resolvidos no âmbito do paradigma *computer-assisted problem solving* – vide seção “Metodologia”.

## Critérios de avaliação:

$$\text{GrauFinal} = \frac{4.5P1 + 4.5P2 + H}{10}$$

onde

o valor do GrauFinal será atribuído ao valor do grau da “Primeira Avaliação” e simultaneamente ao valor do grau da “Segunda Avaliação” no sistema de registro de notas da UFSM.

**Graus P1 e P2:** Graus respectivamente referentes à solução das provas P1 e P2, provas que serão resolvidas de forma **individual** no domicílio do aluno.

**Diretrizes p/ as provas P1 e P2:** O enunciado da prova será enviado ao e-mail do aluno registrado no sistema da UFSM, a partir do e-mail [fccdecastro@outlook.com](mailto:fccdecastro@outlook.com). A data da entrega da solução da prova estará especificada no enunciado da mesma e a solução deverá ser enviada para o e-mail [fccdecastro@outlook.com](mailto:fccdecastro@outlook.com) a partir do e-mail do aluno registrado no sistema da UFSM.

A solução das questões deve ser feita de forma **manuscrita**, exceto os gráficos. **Cada gráfico (se houver), deve ser plotado (não serão aceitos gráficos desenhados à mão). A avaliação da solução da prova será baseada no que for explicitado de forma manuscrita na solução da prova e no que for expresso e contextualizado nos gráficos (se houver gráfico).**

A solução da prova deve ser enviada em arquivo formato .pdf, .jpg, .png ou .tif. Atentar para a iluminação, contraste e resolução da solução, para efeito de ser garantida a legibilidade da mesma. Em sendo recebido o e-mail do aluno referente à solução da prova, um *reply* de confirmação do recebimento será enviado ao e-mail do aluno a partir do e-mail [fccdecastro@outlook.com](mailto:fccdecastro@outlook.com).

**Ordenar sequencialmente os procedimentos/resultados parciais de forma coerente**, mantendo a relação causa–consequência no encadeamento sequencial das ideias expressas na escrita da solução da prova. Cada resultado/valor numérico deve ser acompanhado da respectiva unidade dimensional (se houver), e deve ser precedido da equação analítica/algébrica que deu origem ao resultado. Cada equação analítica/algébrica deve ser precedida da identificação dos valores numéricos que foram utilizados na equação. **Não serão pontuadas as soluções parciais e/ou globais que apresentarem somente o resultado sem o devido desenvolvimento analítico/algébrico.** Cada gráfico (se houver) deve ser apresentado com uma legenda descrevendo o seu significado e a sua interpretação no contexto da solução do item da questão.

Deve ser entregue juntamente com a solução de cada questão o **arquivo original** do *script*, *workspace*, código fonte, etc. do software utilizado para solucionar a questão. **Não será pontuada a solução de questão em que for entregue somente o *script*, *workspace*, código fonte, etc., sem incluir o devido desenvolvimento referido nas diretrizes acima.**

Atentar para a individualidade da solução da prova: Itens da solução da prova que forem absolutamente idênticos em duas provas não serão pontuados em ambas.

A correção/avaliação das provas será enviada em formato pdf ao e-mail do aluno registrado no sistema da UFSM.

**Grau H - Homeworks:** Grau referente à média aritmética obtida na solução do conjunto de todos os exercícios e problemas propostos em aula como *homeworks*, exercícios e problemas que são pertinentes e respectivos à matéria ministrada para as provas P1 e P2.

O enunciado de cada *homework* será enviado por e-mail aos alunos em momentos oportunos ao longo do semestre letivo. A solução do *homework* deverá ser entregue na data indicada no enunciado do mesmo e deve seguir as mesmas diretrizes para a solução e entrega das provas P1 e P2 explicitadas em “**Diretrizes p/ as provas P1 e P2**” acima.

**Homework, prova e/ou exercício entregue fora do prazo:** Será aplicado o fator  $0.8^d$  à nota final do mesmo, sendo  $d$  o número de dias de atraso na entrega, incluindo dias úteis e não-úteis transcorridos até a entrega.

## Informações complementares:

O docente responsável está à disposição dos alunos através do e-mail [fccdecastro@outlook.com](mailto:fccdecastro@outlook.com).

Página para download de material didático: <http://www.fccdecastro.com.br/download.html>