



## PLANO DE ENSINO

### 1. IDENTIFICAÇÃO

Componente Curricular:	DISPOSITIVOS DE MICRO-ONDAS				
Unidade Ofertante:	FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA				
Código:	FEELT36805	Período/Série:	8º PERÍODO		Turma: U
Carga Horária:					Natureza:
Teórica:	45	Prática:	15	Total:	60
Professor(A):	Renan Alves dos Santos				
Observações:					

### 2. EMENTA

Projetos e análises de dispositivos que operam na faixa de frequências de micro-ondas.

A disciplina proporciona ao aluno conhecimentos fundamentais em engenharia de micro-ondas, abordando os seguintes tópicos:

1. Análise de redes de micro-ondas;
2. Estudo de guias de ondas metálicos;
3. Estudo de atenuadores;
4. Estudo de linhas de microfita;
5. Estudo de acopladores direcionais;
6. Estudo de divisores de potência;
7. Estudo de circuladores;
8. Estudo da amplificação linear com transistores em micro-ondas.

### 3. JUSTIFICATIVA

Além de introduzir novos conceitos, a disciplina retoma e aplica diversos conteúdos já abordados ao longo do curso, como circuitos elétricos, eletromagnetismo, ondas planas e linhas de transmissão, no contexto da análise e do projeto de dispositivos que operam na faixa de frequências de micro-ondas. Dessa forma, a disciplina contribui de maneira significativa para a formação de engenheiros aptos a atuar em sistemas de telecomunicações modernos, nos quais a tecnologia de micro-ondas desempenha um papel fundamental.

### 4. OBJETIVO

Ao final da disciplina, o estudante será capaz de:

1. Compreender e analisar os principais conceitos aplicados à engenharia de micro-ondas;
2. Projetar e analisar dispositivos que operam na faixa de frequências de micro-ondas;

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;
9. 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;
10. Ser capaz de interagir com as diferentes culturas, mediante o trabalho em equipes presenciais ou a distância, de modo que facilite a construção coletiva;
11. Gerenciar projetos e liderar, de forma proativa e colaborativa, definindo as estratégias e construindo o consenso nos grupos;
12. Aprender a aprender.

### 5. PROGRAMA

#### 1. Introdução a engenharia de micro-ondas

- 1.1 Ocupação do espectro eletromagnético
- 1.2 As frequências de micro-ondas.
- 1.3 Aplicações importantes para micro-ondas.
- 1.4 Limitações dos elementos de circuitos em micro-ondas.

#### 2. Ressonadores em micro-ondas

- 2.1 Características gerais das cavidades ressonantes
- 2.2 Cavidade retangular
- 2.3 Apresentação do fator de mérito nas cavidades ressonantes

### **3. Análises de redes de micro-ondas**

- 3.1 Matrizes impedância e admitância
- 3.2 Matriz de espalhamento
- 3.3 Matriz de transmissão (ABCD)
- 3.4 Gráfico de fluxo de sinais

### **4. Junções em micro-ondas**

- 4.1 Análise da junção de dois acessos
- 4.2 Análise da junção de três acessos
- 4.3 Análise da junção de quatro acessos

### **5. Acopladores direcionais**

- 5.1 Descrição do acoplador direcional
- 5.2 Acopladores em microfita

### **6. Componentes em guias de ondas**

- 6.1 Atenuadores
- 6.2 Divisores de potência
- 6.3 Filtros de micro-ondas

### **7. Dispositivos passivos não recíprocos**

- 7.1 Materiais ferromagnéticos
- 7.2 Comportamento da ferrita imantada
- 7.3 Circulador de micro-ondas

### **8. Diodos especiais para micro-ondas**

- 8.1 Díodo túnel
- 8.2 Díodo de capacidade variável
- 8.3 Díodo baseado no efeito Gunn

### **9. Amplificação linear com transistores**

- 9.1 Relações entre sinais de entrada e de saída
- 9.2 Estabilidade do amplificador
- 9.3 Conceitos de ruídos em amplificadores: Figura de Ruído e Temperatura de Ruído
- 9.3 Redes de adaptação de impedâncias

## **6. METODOLOGIA**

### **Disponibilização de materiais e dinâmica da disciplina:**

As aulas teóricas e práticas da disciplina serão distribuídas conforme descrito abaixo:

1. Aulas teóricas (3 aulas semanais): serão ministradas às quintas-feiras, das 07h10 às 09h40, na sala 403 do Bloco G da UNIPAM.
2. Aulas práticas (1 aula semanal): serão realizadas às terças-feiras, das 10h40 às 11h30, na sala 313 do Bloco ALFA.

Todo o conteúdo utilizado na disciplina é baseado na bibliografia prevista. Esses materiais serão disponibilizados como fonte de estudo por meio de postagens na sala virtual Dispositivos de Micro-ondas, no 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 aos alunos poderá ser realizado de forma presencial, na sala 312 do Bloco ALFA, ou por chamada no Microsoft Teams, às quartas-feiras, das 14h00 às 17h00. Atendimentos em outros dias e horários poderão ser agendados previamente com o professor, conforme disponibilidade. Além disso, dúvidas poderão ser encaminhadas a qualquer momento por meio do chat da sala virtual no Microsoft Teams, durante todo o período da disciplina.

### **Cronograma das partes teórica e prática:**

A disciplina possui carga horária total de 60 horas, sendo 45 horas dedicadas à parte teórica e 15 horas à parte prática, o que corresponde a 72 horas-aula (54 horas-aula de teoria e 18 horas-aula de prática).

O cronograma das aulas, composto por aulas presenciais e eventuais reposições, está apresentado a seguir:

Aulas	Data	Regime		Conteúdo
1	21/10/25	Presencial	Prático	<b>Apresentação da parte prática da disciplina</b> - Conteúdo programático - Método de avaliação
2-4	23/10/25	Presencial	Teórico	<b>Apresentação da parte teórica da disciplina</b> - Conteúdo programático - Método de avaliação <b>Capítulo 1: Introdução a engenharia de micro-ondas</b> - Ocupação do espectro eletromagnético - Objetivos da disciplina
5	28/10/25	Presencial	Prático	<b>Apresentação da parte prática da disciplina</b> - Introdução ao simulador
6-8	30/10/25	Presencial	Teórico	<b>Capítulo 2: Análise de redes de micro-ondas</b> - Matrizes de impedância e admitância - Matriz de espalhamento
9	04/11/25	Presencial	Prático	<b>Relatório 1: Análises de redes de micro-ondas (Parte 1)</b> - Matriz de impedância para acessos casados - Matriz de admitância para acessos casados - Matriz de espalhamento para acessos casados

10-12	06/11/25	Presencial	Teórico	<b>Capítulo 2: Análise de redes de micro-ondas</b> - Análise da matriz de espalhamento de dois acessos com impedâncias arbitrárias - Matriz de transmissão
13	11/11/25	Presencial	Prático	<b>Relatório 1: Análises de redes de micro-ondas (Parte 2)</b> - Matriz de impedância para acessos descasados - Matriz de admittância para acessos descasados - Matriz de espalhamento para acessos descasados
14-16	13/11/25	Presencial	Teórico	<b>Capítulo 3: Guia de ondas metálico retangular</b> - Definições - Princípio de funcionamento - Solução da equação de onda em coordenadas retangulares - Frequência de corte e comprimento de onda guiada - Descrição dos modos de propagação - Matriz de espalhamento
17	18/11/25	Presencial	Prático	<b>Relatório 2: Análises de guias de ondas metálico retangular</b> - Fator de propagação e frequências de corte - Distribuição de campos - Matriz de espalhamento
18-20	13/11/25	Reposição	Teórico	<b>Capítulo 4: Atenuadores</b> - Características gerais - Atenuador circuital em Pi - Atenuador circuital em T - Atenuador em guia de ondas
-	20/11/25	-	-	Feriado
21	25/11/25	Presencial	Prático	<b>Relatório 3: Análises de atenuadores</b> - Atenuador T - Atenuador Pi
22-24	<b>27/11/25</b>	<b>Presencial</b>	<b>Teórico</b>	<b>Prova 1</b>
-	02/12/25	-	-	Sem aula - Reposição em 19/02/26
25	03/12/25	Reposição	Prático	Entrega dos relatórios 1 a 3
26-28	04/12/25	Presencial	Teórico	<b>Capítulo 5: Linhas de microfita</b> - Características gerais - Relações de projeto - Matriz de espalhamento
29	09/12/25	Presencial	Prático	<b>Relatório 4: Análises de linhas de microfita</b> - Distribuição de campos - Matriz de espalhamento
30-32	11/12/25	Presencial	Teórico	<b>Capítulo 6: Acopladores direcionais</b> - Características gerais - Matriz de espalhamento - Projeto de acoplador direcional em microfita
33	16/12/25	Presencial	Prático	<b>Relatório 5: Análises de acopladores direcionais</b> - Distribuição de campos - Matriz de espalhamento
34-36	18/12/25	Presencial	Teórico	<b>Capítulo 7: Divisores de potência</b> - Descrição geral - Projeto do divisor de Wilkinson - Matriz de espalhamento do divisor de Wilkinson
-	21/12/25 a 31/01/26	-	-	Recesso
37	03/02/26	Presencial	Prático	<b>Relatório 6: Análises de divisores de potência</b> - Distribuição de campos - Matriz de espalhamento
38-40	05/02/26	Presencial	Teórico	<b>Capítulo 8: Circulador</b> - Descrição geral - Propriedades básicas dos materiais ferrimagnéticos - Relações de projeto - Matriz de espalhamento
41	10/02/26	Presencial	Prático	<b>Relatório 7: Análises de circuladores</b> - Distribuição de campos - Matriz de espalhamento
42-44	<b>12/02/26</b>	<b>Presencial</b>	<b>Teórico</b>	<b>Prova 2</b>
45	19/02/26	Reposição	Prático	Entrega dos relatórios 4 a 7
-	17/02/26	-	-	Recesso
46-48	19/02/26	Presencial	Teórico	<b>Capítulo 9: Amplificação linear com transistores</b> - Relações entre sinais de entrada e de saída em amplificadores
49-51	19/02/26	Reposição	Teórico	<b>Capítulo 9: Amplificação linear com transistores</b> - Estruturas de casamento de impedância na entrada e saída - Estabilidade
52	24/02/26	Presencial	Prático	<b>Relatório 8: Análises de amplificação linear em micro-ondas (parte 1)</b> - Análise de ganho
53-55	26/02/26	Presencial	Teórico	<b>Capítulo 9: Amplificação linear com transistores</b> - Descrição de ruídos em amplificadores
56	03/03/26	Presencial	Prático	<b>Relatório 8: Análises de amplificação linear em micro-ondas (parte 2)</b> - Análise do impacto de redes de casamento de impedâncias
57-59	05/03/26	Presencial	Teórico	<b>Capítulo 9: Amplificação linear com transistores</b> - Distorção não linear - Faixa dinâmica
60	10/03/26	Presencial	Prático	<b>Relatório 8: Análises de amplificação linear em micro-ondas (parte 3)</b> - Análise de ruído
61	10/03/26	Reposição	Prático	<b>Relatório 8: Análises de amplificação linear em micro-ondas (parte 2)</b> - Análise de distorção não-linear
62	13/03/26	Reposição	Prático	Entrega do relatório 8
63-65	<b>12/03/26</b>	<b>Presencial</b>	<b>Teórico</b>	<b>Prova 3</b>
66	17/03/26	Presencial	Prático	Vista de notas
67-69	<b>19/03/26</b>	<b>Presencial</b>	<b>Teórico</b>	<b>Prova de recuperação</b>
70-72	19/03/26	Reposição	Teórico	Vista de notas

As reposições das aulas teóricas serão ministradas das 14h00 às 16h30, na sala 403 do Bloco G da UNIPAM.  
As reposições das aulas práticas ocorrerão das 16h00 às 16h50, na sala 313 do Bloco ALFA.

Em resumo, a carga horária da disciplina será distribuída da seguinte forma:

Carga horária	Teórica	Prática
---------------	---------	---------

Presencial	45 horas-aula	14 horas-aula
Reposições	9 horas-aula	4 horas-aula
<b>Total da disciplina</b>	<b>54 horas-aula</b>	<b>18 horas-aula</b>

## 7. AVALIAÇÃO

Para obter aproveitamento na disciplina, o(a) discente deverá alcançar nota mínima de 60 pontos em 100 pontos. A avaliação será composta por quatro partes, distribuídas da seguinte forma:

Prova 1 (25%) – Avaliação referente aos Capítulos 2 a 4 da parte teórica da disciplina. Consistirá em uma prova individual, com duração de 150 minutos, aplicada no horário regular da aula.

Prova 2 (25%) – Avaliação referente aos Capítulos 5 a 8 da parte teórica da disciplina. Consistirá em uma prova individual, com duração de 150 minutos, aplicada no horário regular da aula.

Prova 3 (25%) – Avaliação referente ao Capítulos 9 da parte teórica da disciplina. Consistirá em uma prova individual, com duração de 150 minutos, aplicada no horário regular da aula.

Atividades Práticas (25%) – Avaliação referente à parte prática da disciplina. Ao longo do semestre, os(as) discentes deverão entregar 12 atividades práticas, cuja nota final será calculada pela média aritmética das notas obtidas. Os relatórios deverão ser enviados em formato PDF, por meio do chat do Microsoft Teams, nas datas previamente estabelecidas. Atividades não entregues receberão nota zero.

Assim, o cronograma de atividades avaliativas da disciplina é:

Avaliação	Valor	Data
Prova 1	25	27/07
Prova 2	25	12/02
Prova 3	25	12/03
Relatórios	25	Entrega nas datas definidas no cronograma
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	-

Os resultados das avaliações serão divulgados por meio de postagens na sala virtual Dispositivos de Micro-ondas, no Microsoft Teams, e as notas serão apresentadas utilizando os números de matrícula dos(as) alunos(as), a fim de preservar a identificação individual. A divulgação das notas ocorrerá em até 15 (quinze) dias após a realização de cada avaliação. As revisões de notas poderão ser solicitadas durante os horários de atendimento ao aluno.

Conforme estabelece a Resolução CONGRAD nº 46/2022, o(a) discente que não alcançar média final (NFSR) igual ou superior a 60 pontos, mas que apresentar frequência mínima de 75% da carga horária da disciplina, terá direito a realizar uma atividade avaliativa de recuperação de aprendizagem. Essa atividade consistirá em uma prova final (PF) abrangendo todo o conteúdo do semestre. A média final (MF) do(a) discente, após a prova de recuperação, será calculada da seguinte forma:

$$MF = (NFSR)*0,6 + (PF*0,4),$$

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

## 8. BIBLIOGRAFIA

### BÁSICA

- POZAR, D. M. **Microwave engineering**, 4<sup>th</sup> ed., John Wiley & Sons, 2012.  
 RIBEIRO, J. A. J. **Engenharia de micro-ondas: fundamentos e aplicações**, Érica, 2008.  
 COLLIN, R. E. **Foundations for microwave engineering**, 2<sup>nd</sup> ed., John Wiley & Sons, 2001.  
 GUSTRAU, F. **RF and microwave engineering: fundamentals of wireless communications**, John Wiley & Sons, 2012.  
 DAS, S. K. **Microwave engineering**, 3<sup>rd</sup> ed., McGraw Hill, 2015.

### COMPLEMENTAR

- BALANIS, C. A. **Advanced engineering electromagnetics**, John Wiley, 1989.  
 STEER, M. **Microwave and RF design: a systems approach**, SciTech Publishing, 2010.  
 CHATURVEDI, P. K. **Microwave, radar & RF engineering**, Springer, 2018.  
 RIBEIRO, J. A. J. **Propagação das ondas eletromagnéticas: princípios e aplicações**, Érica, 2008.

## 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 13/11/2025, às 07:08, 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 02/12/2025, às 10:11, 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](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **6666213** e o código CRC **17EA3BE1**.