



## PLANO DE ENSINO

### 1. IDENTIFICAÇÃO

Componente Curricular:	ELETRÔNICA PARA RADIOFREQUÊNCIA						
Unidade Ofertante:	FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA						
Código:	FEELT36705	Período/Série:	7º PERIODO	Turma:	U		
Carga Horária:			Natureza:				
Teórica:	30	Prática:	15	Total:	45	Obrigatória (x)	Optativa: ( )
Professor(A):	Davi Sabbag Roveri			Ano/Semestre:	2026/1		
Observações:							

### 2. EMENTA

Componentes e os efeitos da frequência, Filtros passivos, Osciladores, Amplificadores, Mixers, Phase-locked loops (PLL) e Circuitos 'front end' para RF.

### 3. JUSTIFICATIVA

Este componente curricular trata de uma série de efeitos físicos de altas frequências em componentes elétricos (resistores, capacitores e indutores) e componentes eletrônicos (diodos, transistores) quando aplicados à área de circuitos para telecomunicações, ou de forma sinônima, área de circuitos para radiofrequência (RF). Ao longo deste componente curricular os discentes utilizarão conhecimentos e habilidades adquiridos em outras disciplinas deste curso de engenharia (como exemplos: Eletrônica Analógica 1, Princípios de Comunicações e Sinais e Sistemas) a fim de projetar circuitos e protótipos que envolvam algum tipo de comunicação sem fio, ou transferência de informações, no espectro de RF. Este componente curricular também se articula com o PPC vigente, fornecendo base para outras disciplinas mais avançadas a exemplo de Antenas, Projeto Integrador e Projeto Final de Curso.

### 4. OBJETIVO

Ao final da disciplina o estudante será capaz de:

- 1) Analisar, projetar e implementar circuitos voltados à transmissão e recepção de dados;
- 2) Compreender os principais efeitos da frequência em circuitos eletrônicos no espectro de radiofrequência;
- 3) Analisar, montar e testar circuitos eletrônicos em laboratório, com a utilização de diversos instrumentos.

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) Ser capaz de assumir atitude investigativa e autônoma, com vistas à aprendizagem contínua, à produção de novos conhecimentos e ao desenvolvimento de novas tecnologias;
  - 13) Aprender a aprender.

## 5. PROGRAMA

### 1. Componentes e os efeitos da frequência

- 1.1 Fios, cabos e conectores
- 1.2 Modelos para circuitos equivalentes de componentes discretos
- 1.3 Modelagem de indutores e capacitores para RF e efeito de Q
- 1.4 Transistores para RF e modelagem para análise em frequência
- 1.5 Visão geral sobre os elementos básicos que compõem um circuito de transmissão e recepção de dados

### 2. Filtros passivos

- 2.1 Circuitos de filtros passivos para RF
- 2.2 Circuito LC ressonante para sintonização e fator Q
- 2.3 Filtros Butterworth, Bessel e Chebyshev e similares
- 2.4 Conversão de filtros para passa-alta, passa-banda e rejeita banda
- 2.5 Práticas com simulação e montagem

### 3. Osciladores

- 3.1 Teoria básica de oscilação e realimentação
- 3.2 Principais osciladores (quase) senoidais e circuitos: sintonizados, Colpitts, Hartley, deslocamento de fase, Wien, piezoelétricos e transistorizados
- 3.3 Osciladores controlados por tensão ( $V_{co}$ ) e aplicações
- 3.4 Práticas com simulação e montagem de osciladores

### 4. Amplificadores

- 4.1 Revisão de amplificação e principais modelos de polarização de transistores TBJ e

FET

4.2 Efeitos da frequência na amplificação

4.3 Casamento de impedância e carta de Smith

4.4 Amplificadores sintonizados

4.5 Amplificadores lineares de baixo ruído

4.6 Revisão de amplificadores de potência classe A, B e C para telecomunicações

4.7 Práticas com simulação e montagem de amplificadores

## 5. Mixers

5.1 Circuitos básicos e análise em frequência

5.2 Conversores de frequência usando Mixers e Vco

5.3 Modelo super heteródinos

5.4 Práticas com simulação

## 6. Phase-locked loops (PLL)

6.1 Componentes da malha e comportamento básico

6.2 Amarrar frequências

6.3 Multiplicadores de frequência

6.5 Sintetizadores de frequência

## 7. Circuitos 'front end' para RF

7.1 Níveis de integração e arquiteturas

7.2 Tecnologia de rádio definido por software

7.3 Exemplos de moduladores e demodulares

## 6. METODOLOGIA

### • Organização geral e dinâmica da disciplina

A disciplina utilizará a plataforma **Microsoft Teams** e demais aplicativos da suíte **Microsoft Office 365** como sala de aula virtual; para disponibilização de materiais pelo professor (e.g.: plano de ensino, notas, slides, listas de exercícios, vídeos etc.) e para envio de relatórios e outras atividades avaliativas por parte dos discentes. A inscrição na equipe da disciplina (ambiente de sala de aula virtual), no Teams, **é obrigatória** e deve ser realizada antes do início das aulas, preferencialmente.

Nome da disciplina (equipe): ERF 2026/1 - ELETRÔNICA PARA RADIOFREQUÊNCIA

Link da disciplina (equipe): [link](#) ou copiar abaixo:

<https://teams.microsoft.com/l/team/19%3AHZ4Fa4mSQFJOqWA7JdVwIbg28uZ4W13sDAY25eL7kCo1%40thread.tacv2/conversations?groupId=d991df52-1832-473f-8255-2a998b98a87b&tenantId=cd5e6d23-cb99-4189-88ab-1a9021a0c451>

Para avisos emergenciais e comunicação em geral entre discentes e docente, será utilizada a própria sala virtual da disciplina. Portanto, **é imperativo** que os discentes também instalem o **MS-Teams** em seus respectivos celulares e computadores.

A teoria e a prática da disciplina se complementam e são obrigatórias. Não serão aceitas as solicitações de dispensa "informal" da prática ou da teoria por aproveitamento parcial em períodos anteriores ou em outras disciplinas.

### • Atendimento

O atendimento aos alunos da disciplina será realizado apenas de forma presencial, na sala do docente (localizada no bloco Alfa, 3º andar, sala 301), de acordo com o seguinte planejamento: quintas-feiras entre 14h e 15h; ou outro dia (presencialmente) desde que previamente agendado com o professor. Não será realizado atendimento de forma

remota.

- **Direitos Autorais**

Todo o material produzido e divulgado pelo(@) docente, como vídeos, textos, arquivos de voz etc., está protegido pela Lei de Direitos Autorais, a saber, a lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, pela qual fica vetado o uso indevido e a reprodução não autorizada de material autoral por terceiros. Os responsáveis pela reprodução ou uso indevido do material de autoria dos(as) docentes ficam sujeitos às sanções administrativas e as dispostas na Lei de Direitos Autorais.

- **Conteúdo Programático para Atividades Teóricas Presenciais**

As aulas teóricas serão realizadas às quintas-feiras das 09h50min às 11h30min, sala 401-G (Bloco G "Unipam").

Aula	Data	Conteúdo Teórico
-	<b>09/04/2026</b>	<b>Início do período letivo 2026/1</b>
1-2	23/04/2026	Apresentação do plano de ensino, critérios de avaliação e cronograma. Visão geral sobre os elementos básicos que compõem um circuito de transmissão e recepção de dados.
3-4	30/04/2026	Efeito pelicular e modelo de um condutor retilíneo. Modelos e circuitos equivalentes de componentes discretos (R, L e C) para operação em radiofrequências (RF).
5-6	07/05/2026	Filtros passivos: análise comportamental de reatâncias em função da frequência; circuitos de filtros passivos para RF. Circuito LC ressonante para sintonização e fator Q.
7-8	14/05/2026	Filtros passivos: respostas Butterworth, Bessel e Chebyshev; método de projeto de um FPB (filtro passa-baixa).
9-10	21/05/2026	Filtros passivos: conversão de filtros (FPB) para passa-alta, passa-banda e rejeita banda. Impactos do fator Q na resposta em frequência.
11-12	28/05/2026	Osciladores: teoria básica de oscilação e realimentação; critérios de Barkhausen; margem de ganho e margem de fase.
-	<b>04/06/2026</b>	<b>Feriado: Corpus Christi</b>
<b>13-14</b>	<b>11/06/2026</b>	<b>PROVA P1</b> (Avaliação parcial, dissertativa, individual)
15-16	18/06/2026	Osciladores: principais topologias para circuitos discretos (AmpOp ou transistorizados) e integráveis (CMOS). Osciladores controlados por tensão (VCO), relações de compromisso durante projetos e aplicações.
17-18	25/06/2026	Malhas RLC para casamento de impedâncias (topologias L, Pi e T).

19-20	02/07/2026	Carta de Smith (conversões Z-Y e Y-Z; casamento de impedâncias).
21-22	09/07/2026	Mixers: fundamentos dos conversores de frequência, topologias de circuitos. PLL ( <i>phase-locked loops</i> ).
23-24	16/07/2026	Amplificadores: principais polarizações de transistores TBJ e MOSFET. Efeitos da frequência no desempenho de amplificação.
25-26	23/07/2026	Amplificadores: sintonizados, de baixo ruído, de potência (classes A, B e C). Circuitos ' <i>front end</i> ' para RF.
<b>27-28</b>	<b>30/07/2026</b>	<b>PROVA P2</b> (Avaliação parcial, dissertativa, individual)
<b>29-30</b>	<b>06/08/2026</b>	<b>Recuperação</b> (atividade avaliativa de recuperação de aprendizagem - Resolução CONGRAD nº 46/2022, Art.140)
-	<b>08/08/2026</b>	<b>Término do período letivo (aulas) (90º dia letivo referente a 2026/1).</b>

#### • Conteúdo Programático para Atividades Práticas Presenciais

As aulas práticas serão realizadas às quintas-feiras das 11h30min às 12h20min no Laboratório de Eletrônica, no prédio dos laboratórios na Major Jerônimo, sala 404.

Aula	Data	Conteúdo Prático
-	<b>09/04/2026</b>	<b>Início do período letivo 2026/1</b>
1	23/04/2026	Apresentação do laboratório e orientação quanto aos cuidados e manuseio dos equipamentos.
2	30/04/2026	Roteiro 01 - Resposta em frequência de componentes passivos discretos.
3	07/05/2026	Roteiro 02 - Circuito ressonante LC paralelo: aferição das frequências de corte, freq. de sintonização
4	14/05/2026	Roteiro 02 - Circuito ressonante LC paralelo: aferição de largura de banda e fator Q.
5	21/05/2026	Roteiro 03 - Circuitos ressonantes: transformação de impedâncias; acoplamento em cascata de 2 sintonizadores.
6	28/05/2026	Roteiro 04 - Filtros passivos: aferição e caracterização de um filtro passa-baixas.
-	<b>04/06/2026</b>	<b>Feriado: Corpus Christi</b>
7	11/06/2026	Roteiro 04 - Filtros passivos- conclusão dos experimentos.

<b>8</b>	<b>18/06/2026</b>	<b>Avaliação prática</b> - projeto e protótipo de um circuito sintonizador.
9	25/06/2026	Roteiro 05 - Oscilador por deslocamento de fase
10	02/07/2026	Roteiro 06 - Oscilador Colpitts
11	09/07/2026	Roteiro 07 - Mixers
12	16/07/2026	Roteiro 08 - Amplificadores em RF
13	23/07/2026	Roteiro 08 - Amplificadores em RF
<b>14</b>	<b>30/07/2026</b>	<b>Avaliação prática</b> - Apresentação do <b>Projeto final da disciplina</b> .
<b>15</b>	<b>06/08/2026</b>	<b>Recuperação</b> (atividade avaliativa de recuperação de aprendizagem - Resolução CONGRAD nº 46/2022, Art.140)
-	<b>08/08/2026</b>	<b>Término do período letivo (aulas) (90º dia letivo referente a 2026/1).</b>

• **Conteúdo Programático para Atividades Acadêmicas Extras (AAE)**

<b>Aula</b>	<b>Data</b>	<b>Conteúdo - Atividades Acadêmicas Extras (AAE)</b>
1-2- 3-4- 5-6	31/05/2026	<b>Teoria</b> - Projeto e simulação de filtro RLC.
1-2- 3-4	30/07/2026	<b>Prática</b> - Elaboração e realização do projeto final da disciplina.

	<b>Teórica</b>	<b>Prática</b>
<b>C.H Presencial Total</b>	30	15
<b>C.H. Atividades Acadêmicas Extras Total</b>	6	4
<b>C.H. Total da disciplina</b>	<b>36</b>	<b>19</b>

\* OBS: as cargas horárias estão em horas-aula.

**7. AVALIAÇÃO**

• **Aproveitamento**

O(a) discente necessita obter, no mínimo, uma Nota Parcial (NP) de 60 pontos, dentre 100, para obter aproveitamento na disciplina. Nesta situação, o discente será

considerado aprovado e sua nota NP será lançada no sistema acadêmico de registro de resultados.

A avaliação de desempenho dos discentes será realizada através de distintas atividades e estratégias (ver lista e quadro abaixo).

- Ocorrerão **experimentos semanais** em laboratório, os quais os(@s) discentes deverão reproduzir a montagem em bancada, realizar aferições e verificar o correto funcionamento do protótipo proposto.
- **Relatórios** (em grupo ou individuais) referentes às atividades experimentais da disciplina **poderão ser cobrados** à critério do docente.
- Ocorrerão **avaliações práticas** na forma de prova presencial, dissertativa e individual. Neste formato **serão enunciados** questões teóricas, problemas, montagens, projetos ou aferições, a fim de avaliar as habilidades d@s discentes em articular explicações científicas embasadas em teoria, com os resultados empíricos registrados em bancada.
- Ocorrerá a atividade intitulada "**projeto final**"; esta, será compreendida por algumas etapas comuns em projetos eletrônicos, como captura do esquemático de circuito, simulações SPICE, protótipo, construção de PCB (Placa de Circuito Impresso), montagem de protótipo final funcional e redação de documentos.

O cronograma de atividades avaliativas e a distribuição da pontuação são apresentados abaixo:

DATA	ATIVIDADE AVALIATIVA	PONTUAÇÃO
<b>11/06/2026</b>	Prova P1	35 pontos
<b>18/06/2026</b>	Avaliação prática individual	15 pontos
<b>30/07/2026</b>	Prova P2	35 pontos
<b>30/07/2026</b>	Avaliação prática individual	15 pontos
<b>Notal Parcial (NP):</b>		<b>Total = 100 pontos</b>

\* OBS: Os relatórios dos experimentos serão entregues ao longo do período letivo.

**Qualquer relatório** que venha a ser solicitado deverá ser entregue no **formato de arquivo PDF**; os discentes deverão fazer o upload do arquivo no ambiente da disciplina no Teams, em pasta e data definidos com o docente durante o período letivo.

Os resultados das avaliações serão divulgados no Teams, sendo que as notas serão apresentadas pelos números de matrícula dos alunos. A divulgação das notas deve acontecer em até 15 dias úteis após a sua realização e a vista de prova será marcada com os alunos, a partir da data de divulgação das notas, respeitando-se o prazo de no máximo 5 dias úteis, como previsto na Resolução do CONGRAD (Nº46/2022).

## • Frequência

A frequência será aferida pela presença na aula (chamada oral). E em relação às atividades AAE, pela entrega das respectivas atividades. O quantitativo de faltas nas atividades AAE correspondem ao valor de 01(uma) hora-aula nas tabelas de Conteúdo Programático. Caso o(@) discente não obtenha o mínimo de 75% de presença, ocorrerá a reprovação por faltas, ou seja, não obterá aproveitamento na disciplina perante o

sistema acadêmico.

### • **Recuperação / Exame (atividade avaliativa de recuperação de aprendizagem)**

É necessário ter no mínimo 75% de presença para ter direito a realizar a prova de recuperação e, adicionalmente, esta prova somente será aplicada para o aluno que não atingiu 60 pontos na Nota Parcial (NP). Conforme Resolução CONGRAD nº 46/2022, Art.140.

O exame ou a atividade de recuperação (**REC**) consistirá em uma prova escrita no valor de 100 pontos, presencial e individual. Esta prova irá contemplar todo o conteúdo da disciplina ministrado ao longo do período letivo. Será permitida a utilização de 1 folha de consulta (frente/verso) e apenas o uso de calculadoras científicas. Calculadoras gráficas e celulares deverão ser desligados durante a avaliação. Não haverá nenhum tipo de correção parcial de questões na recuperação. A recuperação não terá nenhuma questão que utilize simulação.

Considerando a **Nota Parcial (NP)** como a nota obtida no período letivo antes da recuperação e a **Recuperação (REC)** como acima descrita, a **Nota Final de Recuperação (NF)** será dada pela seguinte maneira:

$$NF = (NP*0,6) + (REC*0,4)$$

O discente em recuperação será aprovado na disciplina caso obtenha uma Nota Final de Recuperação **maior ou igual a 60 (NF ≥ 60 pontos)**. Observação: A nota final de aproveitamento do discente em recuperação, para efeito de lançamento no sistema acadêmico de registro de resultados, ficará limitada a 60 pontos, mesmo que a sua NF supere este valor.

## 8. **BIBLIOGRAFIA**

### **Básica**

- 1 - BOWICK, Chris. **RF circuit design**. 2nd ed. Amsterdam; Boston: Elsevier, Newnes, 2008.
- 2 - YOUNG, Paul H. **Técnicas de comunicação eletrônica**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2006.
- 3 - FRENZEL, Louis E. **Fundamentos de comunicação eletrônica: modulação, demodulação e recepção**. Porto Alegre: AMGH 3rd Ed., 2013.

### **Complementar**

- 1 - VIZMULLER, P. **RF Design Guide: systems, circuits, and equations**. Boston: Artech House, 1995
- 2 - HICKMAN, Ian. **Practical radio-frequency handbook**. 4th ed. Amsterdam; Boston: Newnes, 2007.
- 3 - SORRENTINO, R.; BIANCHI, G. **Microwave and RF engineering**, 1. ed. New Jersey: J. Wiley, 2010.
- 4 - ABRIE, P. L. D. **Design of RF and microwave amplifiers and oscillators**. Boston: Artech Print on demand, 1999.
- 5 - WALKER, J. L. B. **Handbook of RF and microwave power amplifiers**. 1. ed. New York: Cambridge University Press, 2010.
- 6 - FRENZEL, Louis E. **Experiments and activities manual for principles of electronic communication systems**. 4th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2016.
- 7 - DAVIS, W. Alan. **Radio frequency circuit design**. 2nd ed. Piscataway: John Wiley & Sons: 2011.
- 8 - RAZAVI, Behzad. **RF microelectronics**. 2nd ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2012.

## 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 **Davi Sabbag Roveri, Professor(a) do Magistério Superior**, em 26/05/2026, às 09:43, 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 29/05/2026, às 07:32, 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 **7022142** e o código CRC **B3BD3B9F**.