



## PLANO DE ENSINO

### 1. IDENTIFICAÇÃO

Componente Curricular:	FUNDAMENTOS DE SEMICONDUTORES						
Unidade Ofertante:	FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA						
Código:	FEELT36104	Período/Série:	3º PERÍODO	Turma:	U		
Carga Horária:			Natureza:				
Teórica:	30	Prática:	00	Total:	30	Obrigatória( )	Optativa( )
Professor(A):	Davi Sabbag Roveri			Ano/Semestre:	2023/2		
Observações:							

### 2. EMENTA

Materiais condutores e isolantes, Introdução à Física Estatística, Semicondutores e Junção p-n.

### 3. JUSTIFICATIVA

Apresentar os processos físicos essenciais que governam a operação de dispositivos semicondutores é imprescindível para que os discentes entendam de maneira mais aprofundada o principal dispositivo semicondutor, o transistor, o qual está presente em inúmeros produtos eletrônicos com aplicações médicas, militares, de consumo, de telecomunicações, etc. Esta disciplina visa permitir assimilação mais robusta e ampla os conhecimentos que virão em disciplinas posteriores do PPC, como Eletrônica Analógica 1 e Eletrônica Digital. Ademais, fornece alicerce para projetos de circuitos integrados e uma visão mais abrangente da indústria de semicondutores e seus respectivos processos de fabricação.

### 4. OBJETIVO

Ao final da disciplina o estudante será capaz de:

1. Compreender os fundamentos dos diversos fenômenos físicos associados à materiais semicondutores;
2. Conhecer as diversas famílias de dispositivos utilizados em eletrônica e telecomunicações, discutindo os seus respectivos princípios de operação e propiciando uma introdução às técnicas de microeletrônica.

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

1. Ser capaz de modelar os fenômenos, os sistemas físicos e químicos, utilizando as ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais e de simulação, entre outras;
2. Prever os resultados dos sistemas por meio dos modelos;
3. Conceber experimentos que gerem resultados reais para o comportamento dos fenômenos e sistemas em estudo;

4. Projetar e determinar os parâmetros construtivos e operacionais para as soluções de Engenharia;
5. 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;
6. Ser capaz de assumir atitude investigativa e autônoma, com vistas à aprendizagem contínua, à produção de novos conhecimentos e ao desenvolvimento de novas tecnologias;
7. Aprender a aprender.

## 5. **PROGRAMA**

### **1. Materiais condutores e isolantes**

- 1.1. A condução de corrente em materiais segundo o modelo de bandas de energia
- 1.2. Efeito do campo elétrico estático e variante nos metais
- 1.3. Materiais de alta condutividade e aplicações.
- 1.4. Materiais de alta resistividade e aplicações.
- 1.5. Polarização de dielétricos e constante dielétrica.
- 1.6. Comportamento dos dielétricos.

### **2. Introdução à Física Estatística**

- 2.1. Equilíbrio térmico
- 2.2. Equilíbrio difusivo e potencial químico
- 2.3. Função de Partição
- 2.4. Energia e número de elementos em um sistema
- 2.5. Distribuição de Fermi-Dirac
- 2.6. Transporte
- 2.7. Relação entre corrente e densidade de portadores

### **3. Semicondutores**

- 3.1. Teoria de bandas
- 3.2. Elétrons e buracos
- 3.3. Concentração de elétrons livres
- 3.4. Densidade de estados
- 3.5. Concentração de buracos e nível de Fermi
- 3.6. Semicondutores extrínsecos (dopagem)

### **4. Junção p-n**

- 4.1. Junção p-n em equilíbrio
- 4.2. Sistemas fora do equilíbrio: níveis de quase-Fermi
- 4.3. Relação de tensão e corrente na junção p-n: a equação de Shockley
- 4.4. Transistores e efeito fotovoltaico

## 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): FS 2023/2 - FUNDAMENTOS DE SEMICONDUTORES

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

<https://teams.microsoft.com/l/team/19%3aV1yL0FH6LACd-enzjx1JqoqTV2rMXEK9561In6IOEdqs1%40thread.tacv2/conversations?groupId=388f0fa7-6578-4c11-83ac-699de2fa0a9b&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.

## • 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 16h, ou outro dia (presencialmente) desde que previamente agendado com o professor. Não será realizado atendimento de dúvidas sobre o conteúdo, 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 terças-feiras das 07h10min às 08h50min, no bloco G, sala 203-G.

Aula	Data	Conteúdo Teórico
-	<b>08/01/2024</b>	<b>Início do período letivo 2023/2</b>
1-2	09/01/2024	Apresentação do plano de ensino, critérios de avaliação e cronograma.
3-4	16/01/2024	Conceitos de física estatística: ondulatória e poço quântico;
5-6	23/01/2024	Conceitos de física estatística: multiplicidade; entropia; equilíbrio térmico;

7-8	30/01/2024	Conceitos de física estatística: função de partição;
9-10	06/02/2024	Conceitos de física estatística: energia de um gás ideal; potencial químico; equilíbrio difusivo;
-	<b>13/02/2024</b>	<b>Feriado: carnaval</b>
11-12	20/02/2024	Conceitos de física estatística: função de partição para 2 variáveis (energia e número de elementos em um sistema);
-	17/02	** sábado ** Entrega de atividade (ver trabalho de AAE-1, abaixo)
13-14	27/02/2024	Conceitos de física estatística: distribuição de Fermi-Dirac; relação entre corrente e densidade de portadores;
-	<b>02/03/2024</b>	<b>PROVA P1</b> (Avaliação parcial, dissertativa, individual), com início as 8:30 no bloco ALFA. <b>** esta data é um sábado **</b> (Prova da Aline é dia 24/02) <b>** esta carga horária é contabilizada nas atividades AAE; ver abaixo.</b>
15-16	05/03/2024	Semicondutores: teoria de bandas; elétrons e lacunas; semicondutores intrínsecos e extrínsecos;
17-18	12/03/2024	Semicondutores: nível de Fermi; densidade de estados; concentração de elétrons livres;
19-20	19/03/2024	Semicondutores intrínsecos e extrínsecos; nível de Fermi;
21-22	26/03/2024	Condutores e isolantes: condução de corrente em materiais segundo o modelo de bandas de energia;
23-24	02/04/2024	Junção P-N em equilíbrio termodinâmico; Sistemas fora do equilíbrio termodinâmico; níveis de quase-Fermi;
25-26	09/04/2024	Relação entre corrente e tensão em uma junção P-N; equação de Shockley;
27-28	<b>16/04/2024</b>	<b>PROVA P2</b> (Avaliação parcial, dissertativa, individual)
29-30	<b>23/04/2024</b>	<b>Recuperação</b> (atividade avaliativa de recuperação de aprendizagem - Resolução CONGRAD nº 46/2022, Art.140)
-	<b>25/04/2024</b>	<b>Término do período letivo 2023/2 (90º dia letivo referente a 2023/2).</b>

- **Conteúdo Programático para as atividades acadêmicas extras (AAE):**

<b>Aula</b>	<b>Data</b>	<b>Conteúdo - Atividades Acadêmicas Extras (AAE)</b>
1-2	17/02/2024	<b>AAE-1:</b> Gravar uma vídeo-aula (individual) sobre análise combinatória (video + slides + resolver 1 exercício no vídeo)
<b>3-4</b>	<b>02/03/2024</b>	<b>PROVA P1</b> (Avaliação parcial, dissertativa, individual), com início as 8:30 no bloco ALFA.
5-6	06/04/2024	<b>AAE-2:</b> Estudo e <b>entrega de relatório</b> sobre a extração do silício; processo de Czochralski;

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

\* 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 feita pela apresentação de relatórios (em grupo) referente às atividades AAE e pela realização de provas presenciais (dissertativas e individuais). O cronograma de atividades avaliativas e a distribuição da pontuação é apresentada abaixo:

<b>DATA</b>	<b>ATIVIDADE AVALIATIVA</b>	<b>PONTUAÇÃO</b>
02/03/2024	<b>prova P1</b>	30 pontos
16/04/2024	<b>prova P2</b>	30 pontos
17/02/2024	<b>AAE-1</b>	25 pontos
06/04/2024	<b>AAE-2</b>	15 pontos

<b>Nota Parcial (NP):</b>	<b>Total = 100 pontos</b>
---------------------------	---------------------------

Os relatórios das atividades AAE deverão ser entregues 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 professor 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. PIERRET, R. F. **Advanced semiconductor fundamentals**. 2. ed. Pearson Education, 2002.
2. SWART, J. W. **Semicondutores: fundamentos, técnicas e aplicações**. 1 ed. Campinas: Ed. da UNICAMP, 2008.
3. SZE, S. M.; LEE, M. K. **Semiconductor devices, Physics and Technology**. 3rd ed. Wiley, 2016.
4. RAZEGUI, M. **Fundamentals of Solid State Engineering**. 4 ed. Springer International Publishing AG, 2019. ISBN 978-3-319-75707-0, ISBN 978-3-319-75708-7 (eBook), <https://doi.org/10.1007/978-3-319-75708-7>.

## **Complementar**

1. KITTEL, C. **Introdução à Física do Estado Sólido**. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
2. MULLER, R. S.; KAMINS, T. **Device Electronics For Integrated Circuits**. 3 ed. New York: J. Wiley, 2002.
3. STREETMAN, B. G; BANERJEE, S. K. **Solid state Electronic Devices, Global Edition**. 7th ed. Prentice Hall, 2015.
4. KASAP, S.O. **Principles of Electronic Materials and Devices**. 4th edition. McGraw-Hill Education, 2017
5. PIERRET, R. F. **Semiconductor device fundamentals**. 1 ed. Prentice Hall PTR, 1995.

## **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 10/02/2024, às 11:39, 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](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4943140** e o código CRC **75A0CB52**.