

## FICHA2 - PLANO DE ENSINO

CÓDIGO: TE935	DISCIPLINA: SEMICONDUCTORES		TURMA: DA			
NATUREZA: Optativa		REGIME: Semestral	MODALIDADE: Presencial			
CH TOTAL: 60h		CH SEMANAL: 0h	CH Prática como Componente Curricular (PCC): 0h		CH Atividade Curricular de Extensão (ACE): 0h	
Padrão (PD): 60h	Laboratório (LB): 0h	Campo (CP): 0h	Orientada (OR): 0h	Estágio (ES): 0h	Prática Específica (PE): 0h	Estágio de Formação Pedagógica (EFP): 0h
FICHA 2 PREENCHIDA PELO DOCENTE: CÉSAR AUGUSTO DARTORA						

### EMENTA

Física básica de semicondutores. Transporte e equilíbrio em semicondutores. Junções p-n, metal semicondutor, metal-óxido-semicondutor. Diodos e transistores bipolares. Transistores de efeito de campo. CMOS. Foto detetores. Diodos emissores de luz. Cavidades ressonantes. Laser de semicondutor. Fotônica.

### PROGRAMA

- 1. Introdução:** História da Eletrônica, Classificação dos Materiais por sua Condutividade; Principais Materiais Semicondutores e Perspectivas;
- 2. Fundamentos da Mecânica Quântica:** Dualidade Onda-Partícula, Incerteza; Equação de Schroedinger; O Poço de Potencial e o Poço Duplo: Lições Importantes; Princípio de Exclusão de Pauli, Férmions, Bósons, Estatística Quântica; Orbitais Atômicos, Hibridização, Tabela Periódica; Teoria do Estado Sólido: De Átomos e Moléculas ao Sólido, Efeitos de Interações e Simetrias, Teorema de Bloch, Modelo de Kronig-Penney, Estrutura de Bandas, Energia e Nível de Fermi, Densidades de Estados, Definição de Massa Efetiva; O gás de elétrons e os metais;
- 3. Física dos Semicondutores:** Bandas de Valência e Condução, Massa Efetiva, Elétrons e o Conceito de Lacunas; Lei de Ação de Massas, Efeitos de Dopagem, Dopagem tipo P e tipo N; Condutividade em Semicondutores Homogêneos, Efeito Hall, Coeficiente de Hall, Magnetorresistência; Transporte e equilíbrio em semicondutores: Processos difusivos, Relação de Einstein, Efeitos Termoelétricos; Junção P-N: análise eletrostática, difusão de portadores e equações de corrente, efeito de retificação; Junção Metal-Semicondutor; Metal-óxido-semicondutor. Dispositivos Semicondutores: diodos e transistores bipolares, transistor de efeito de campo, CMOS. Tunelamento quântico;
- 4. Processos Ópticos e Dispositivos:** Diodos Emissores de Luz, Cavidade Ressonante e LASERS Semicondutores, Foto-detetores. Fotônica.



**5. Aplicações Modernas:** Efeito de Dimensionalidade na Densidade de Estados: simples considerações; Da micro para a nanoeletrônica; Spintrônica e Novos Materiais: nanotubos, nanofios, dispositivos orgânicos, grafeno e potenciais aplicações.

## OBJETIVO GERAL

Familiarizar o aluno com os materiais semicondutores e os princípios físicos básicos que governam os dispositivos semicondutores, visando as suas aplicações em engenharia. O estudante deverá ser capaz de compreender com base nos fundamentos da mecânica quântica e da física do estado sólido, o comportamento dos semicondutores, formação de heteroestruturas como junções pn e metal-semicondutor, bem como os processos físicos envolvidos, com aplicações, em particular para dispositivos.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar ao com base nos fundamentos da mecânica quântica os princípios da física do estado sólido, com especial atenção às aplicações em física dos semicondutores
- Estudar o comportamento dos semicondutores por efeito de dopagem e seus efeitos nas bandas de energia e condutividade do material
- Estudar a formação de heteroestruturas como junções p-n e metal-semicondutor, bem como os processos físicos envolvidos, com aplicações, em particular para dispositivos.
- Apresentar os principais dispositivos semicondutores e suas aplicações, indo desde os transistores e diodos bipolares, passando pelos dispositivos opto-eletrônicos e chegando até o campo da fotônica.
- Apresentar novas perspectivas no campo da eletrônica, com os novos materiais e escalas reduzidas de dimensões.

## PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS

A proposta metodológica para esta disciplina baseia-se no conceito de aprendizagem ativa e enfatiza buscar a construção do conhecimento do graduando que deverá aliar a teoria às aplicações práticas voltadas ao contexto da Engenharia Elétrica e suas competências. Os principais conceitos teóricos e demonstrações são expostos pelo professor em sala de aula, e também será solicitada a leitura prévia dos assuntos a serem abordados, para posterior discussão em sala de aula e esclarecimento de dúvidas pertinentes. O discente recebe tarefas (listas de exercícios, textos, artigos) disponibilizadas em Ambiente Virtual (como o Moodle ou página do professor), revê com o professor as informações e dúvidas em sala de aula, com o objetivo de estimular o aluno a compreender conceitos e interagir com os colegas de forma participativa na solução de problemas, e depois, resolve uma série de exercícios em grupos. Serão utilizadas diferentes técnicas de ensino, como aulas expositivas dialogadas, estudos dirigidos, além de outras a pedido dos alunos. O uso do software Matlab poderá ser necessário em alguns tópicos. Serão propostas listas de exercícios para os alunos resolverem em horário extra-classe, como forma de fixação e



aprendizado do conteúdo.

**Aulas expositivas:** apresentação da teoria, conceitos, propriedades, simulações, exemplos e aplicações.

**Avaliação teórica:** avaliação teórica do conteúdo exposto em sala de aula.

**Recursos:** Quadro branco, recursos de multimídia e computador.

## FORMAS DE AVALIACAO

O aproveitamento será realizado através de duas avaliações escritas P1 e, P2, e a média final do semestre MF corresponderá a média simples,  $MF = (P1+P2) / 2$ . Listas de Exercícios e/ou Trabalhos teórico-experimentais, ou com o uso do software Matlab, poderão se tornar parte constituinte das notas P1 e P2. O aluno que obtiver o aproveitamento igual ou acima de 70,0 nas provas do semestre estará aprovado e aqueles que obtiverem aproveitamento inferior a 40,0 estarão automaticamente reprovados. Para os que ficarem entre 40,0 e 70,0 há ainda a possibilidade de aprovação através do exame final, onde a média simples entre a nota final do semestre e da prova de Exame Final deve ser maior ou igual a 50,0 para aprovação. As datas das avaliações são propostas na primeira aula:

**-Prova P1: 03/05/2023 – Quarta-Feira 15h:30min às 17h:30min**

**-Prova P2: 28/06/2023 - Quarta-Feira 15h:30min às 17h:30min**

**-Exame Final: 03/07/2023 – Segunda-Feira 15h:30min às 17h:30min**

\*Todas as datas seguem rigorosamente o calendário estipulado pela Res. Do CEPE vigente para os cursos de 15 semanas. Eventuais mudanças de datas serão informadas em sala de aula, via Plataforma TEAMS e/ou página da disciplina.

\*\*Comunicações e materiais didáticos são disponibilizados aos alunos através da Internet (Página da disciplina ou Plataforma TEAMS).

<http://www.eletrica.ufpr.br/cadartora/TE935.htm>

## BIBLIOGRAFIA BÁSICA

- REZENDE, Sergio Machado. Materiais e dispositivos eletrônicos, 2.ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004, 547p., il. Apêndice e índice. ISBN 85-88325-27-6 (broch..).**
- MELLO, Hilton Andrade de; DE BIASI, Ronaldo Sergio. Introdução à Física dos semicondutores. São Paulo; Brasília, DF: E. Blucher: INL, c1975. 124p., il. Inclui bibliografia.**
- SZE, S.M. Physics of semiconductor devices. 2. ed. New York: Wiley, c1981. Xii, 868p., il. ISBN 047109837X: (broch..).**

## BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- KITTEL, Charles. Introdução a física do estado sólido. 5. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978. 572p.**



- **Semiconductor Physics, K. Seeger, 6th. Ed. Springer, Solid State Science Series vol. 40, 1997.**
- **GRIFFITHS, David J. (David Jeffrey). Mecânica Quântica, 2.Ed. São Paulo: Prentice Hall, 2011. 347p., il. ISBN 9788576059271(broch).**
- **ASHCROFT, Neil W; MERMIN, N. David. Solid State Physics. Philadelphia: Saunders College, c1976. Xxi, 826p. il. Inclui índice. ISBN 0030839939; (enc).**

**GREINER, Richard Anton. Semiconductor devices and applications. New York: McGraw-Hill, c1961. 493p., il. (McGraw-Hill electrical and electronic engineering series).**

