

**PSI3483**  
**ONDAS ELELTTROMAGNÉTICAS EM**  
**MEIOS GUIADOS**  
**Conteúdo**

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Fatima Salete Correra**  
**Prof. Dr. José Kleber da Cunha Pinto**

# Ondas Eletromagnéticas em Meios Guiados

## Professores

Profa. Dra. Fatima Salete Correra

Prof. Dr. José Kleber da Cunha Pinto

## Horários das aulas

2ª feira – 15h00min às 16h40min

5ª feira – 13h10min às 14h50min

## Estrutura do curso

Aulas teóricas

Aulas práticas

Simulação em CAD

Medidas em micro-ondas

Medidas ópticas

# Ondas Eletromagnéticas em Meios Guiados

## Ondas eletromagnéticas

- Transportam a energia eletromagnética
- Energia eletromagnética
  - Geradas por cargas elétricas em movimento
  - Amplo espectro de frequências
    - ondas de rádio, micro-ondas
    - infravermelho, luz visível
- Usadas em comunicações
  - Portadora modulada pela informação
  - Modulação AM, FM ou PM

# Ondas Eletromagnéticas em Meios Guiados

## Meios de propagação de ondas EM

### Meios não-guiados

- Meios ilimitados
- Exemplos

Espaço livre

Atmosfera

### Meios guiados

- Meios com fronteiras
- Exemplos

Linhas bifilares

Par trançado

Cabos coaxiais

Guias de ondas

Linhas planares

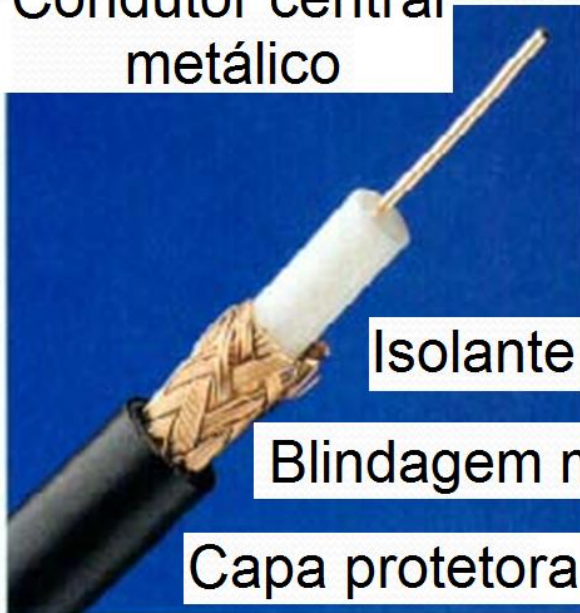
Fibras ópticas

**Micro-ondas, ondas milimétricas e luz**

# Ondas Eletromagnéticas em Meios Guiados

## Meios guiados de propagação

Condutor central  
metálico

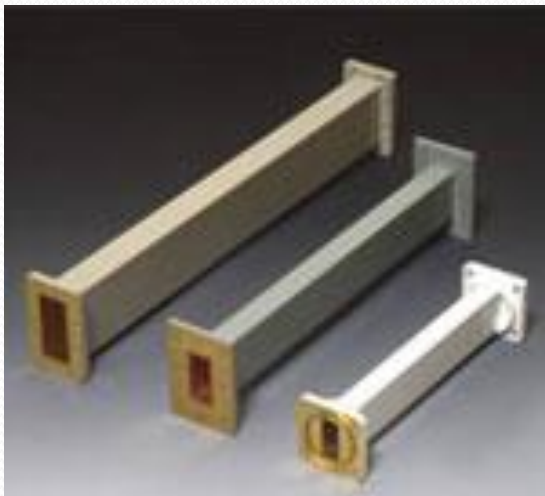


Cabos coaxiais

# Ondas Eletromagnéticas em Meios Guiados

## Meios guiados de propagação

Condutores ocos  
Preenchidos com dielétrico  
Secção transversal regular

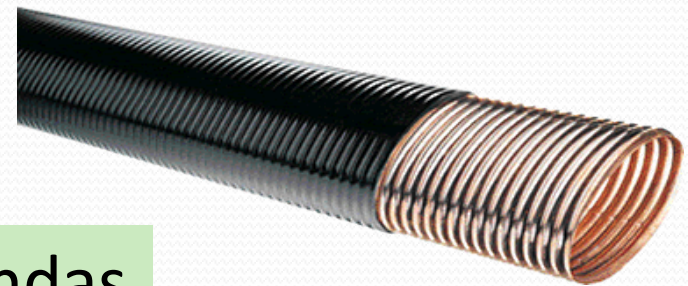


Guias de ondas  
retangular

Guias de  
ondas  
flexíveis



Guia de ondas  
elíptico

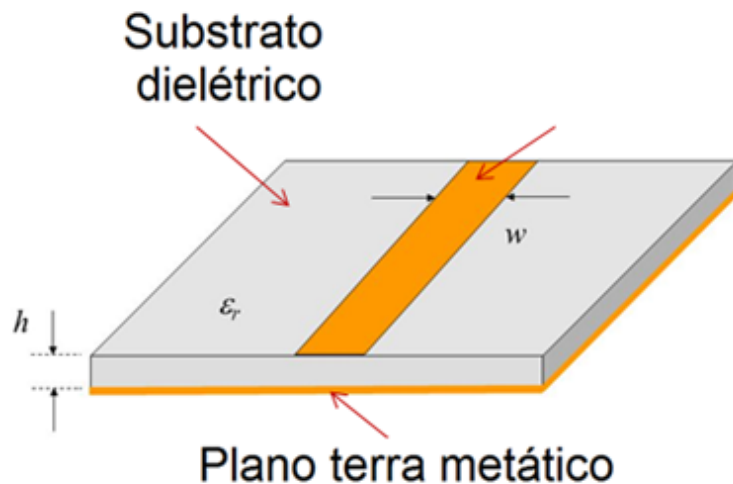


Guias de ondas

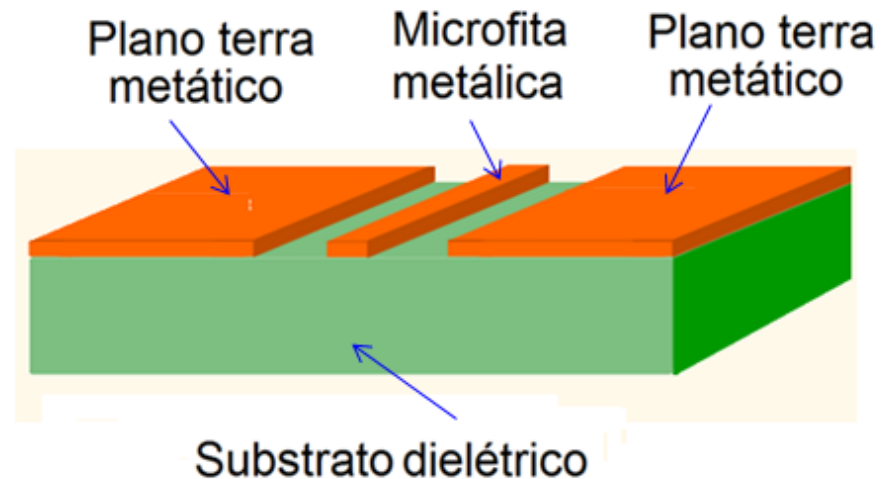
# Ondas Eletromagnéticas em Meios Guiados

## Meios guiados de propagação

Linha de microfita



Guia de ondas coplanar

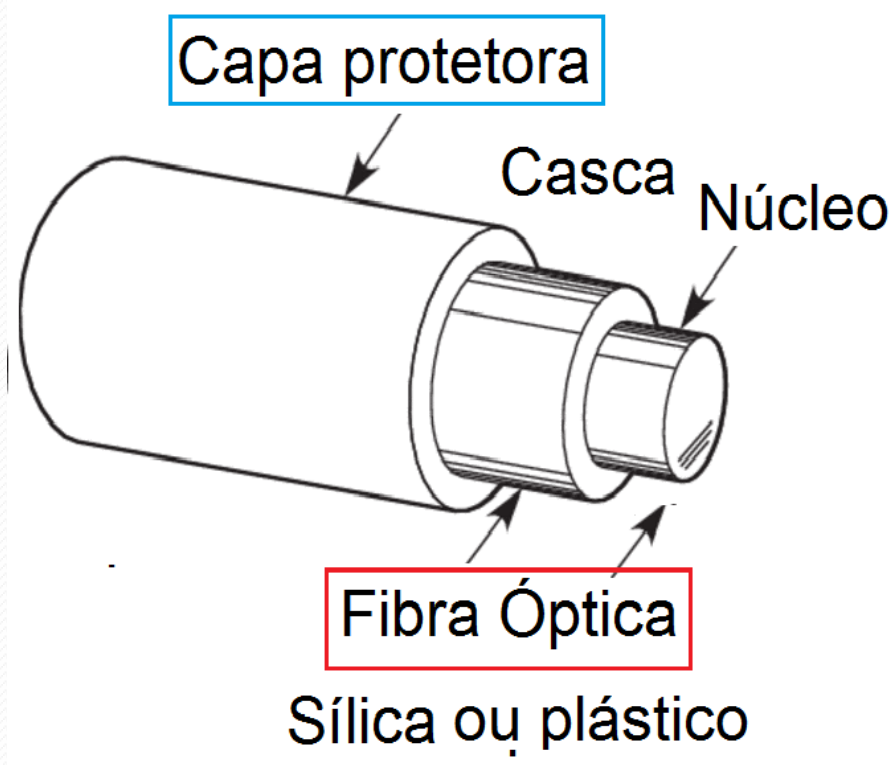


Linhas planares



# Ondas Eletromagnéticas em Meios Guiados

## Meios guiados de propagação



Fibras ópticas



# Aplicações de meios guiados de propagação

## Conexões entre dois pontos

### Exemplos

- Enlace físico de micro-ondas entre duas cidades, como Rio de Janeiro – São Paulo (500 km) – cabo coaxial
- Interligação de computadores em rede em um edifício - par trançado ou cabo coaxial
- Distribuição de sinais de Internet e TV por assinatura, cabos coaxiais e fibras ópticas multimodo
- Conexões de micro-ondas de curta distância entre equipamentos profissionais de telecomunicações – guias de onda
- Conexões de longa distância via cabos submarinos intercontinentais – fibras ópticas monomodo

# Aplicações de meios guiados de propagação

## Conexões entre dois pontos

### Parâmetros do sistema a serem considerados

- Faixa de frequência de operação do sistema
- Banda de dados que pode ser transmitida
- Distância da conexão

### Parâmetros do meio guiado a serem analisados

- Perda do meio guiado
- Necessidade de repetidores ao longo do enlace
- Efeitos de distorção do sinal transmitido
- Custo do sistema usando o meio guiado

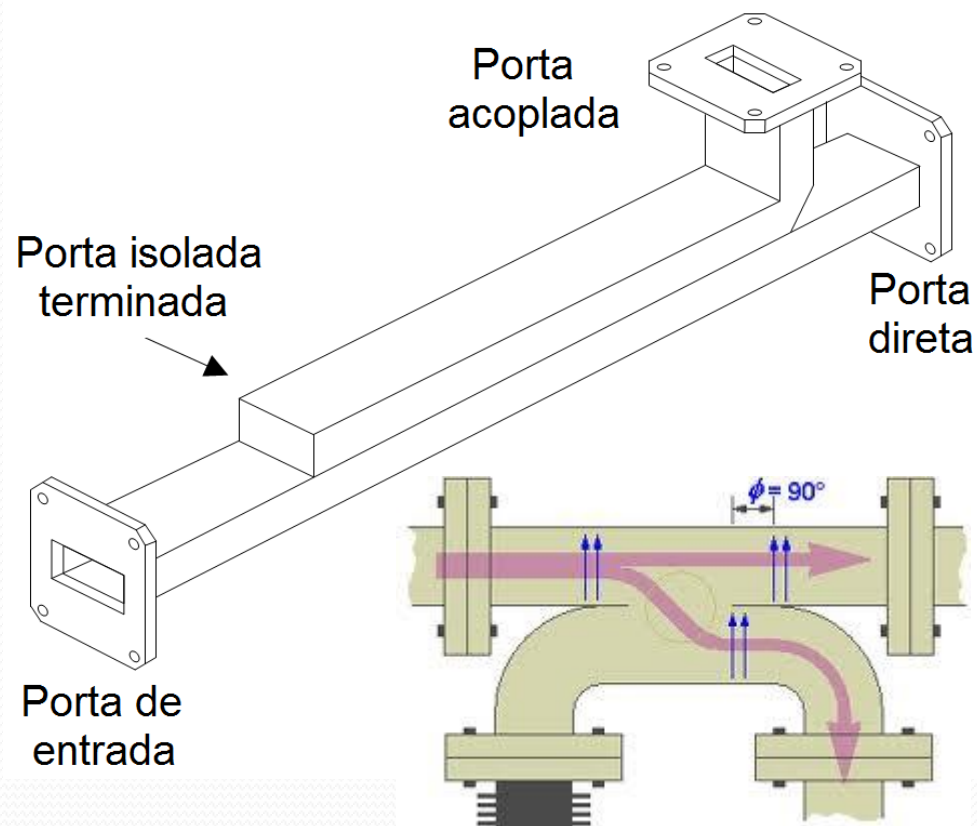
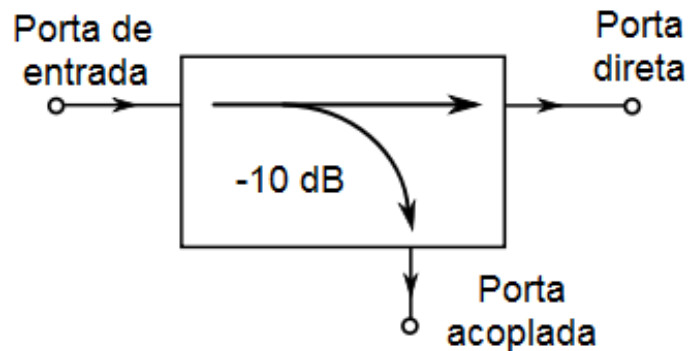
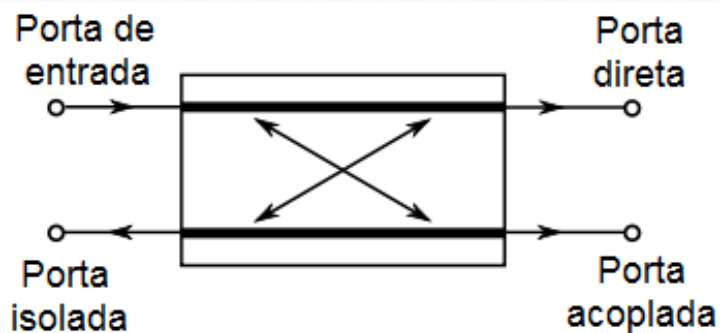
# Aplicações de meios guiados de propagação

## Elementos de circuitos de alta frequência

- Circuitos passivos de micro-ondas
  - Filtros, divisores/combinadores de potência, acopladores, atenuadores, etc. – guias de ondas, cabos coaxiais, linhas de transmissão planares e guias de ondas
- Circuitos ativos de micro-ondas
  - Circuitos de casamento de impedância de amplificadores, osciladores, misturadores de frequência, etc. – cabos coaxial, linhas de transmissão planares e guias de ondas
  - Fornos de micro-ondas – guias de ondas

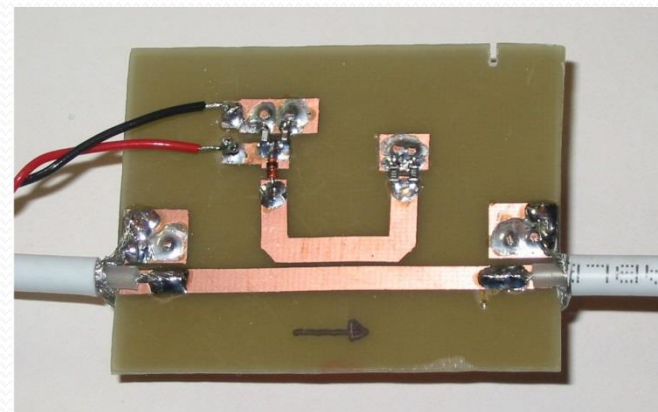
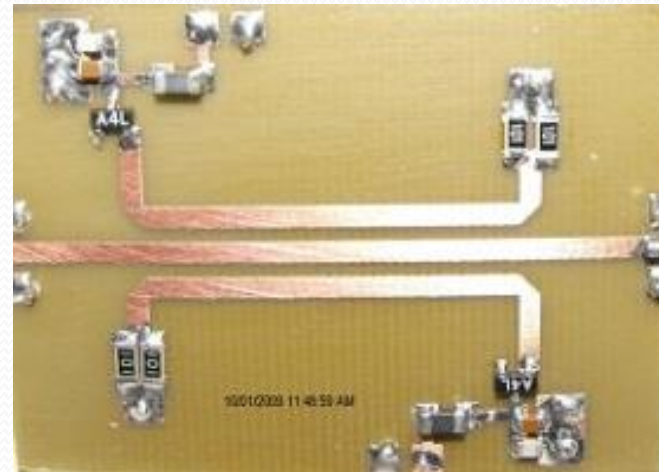
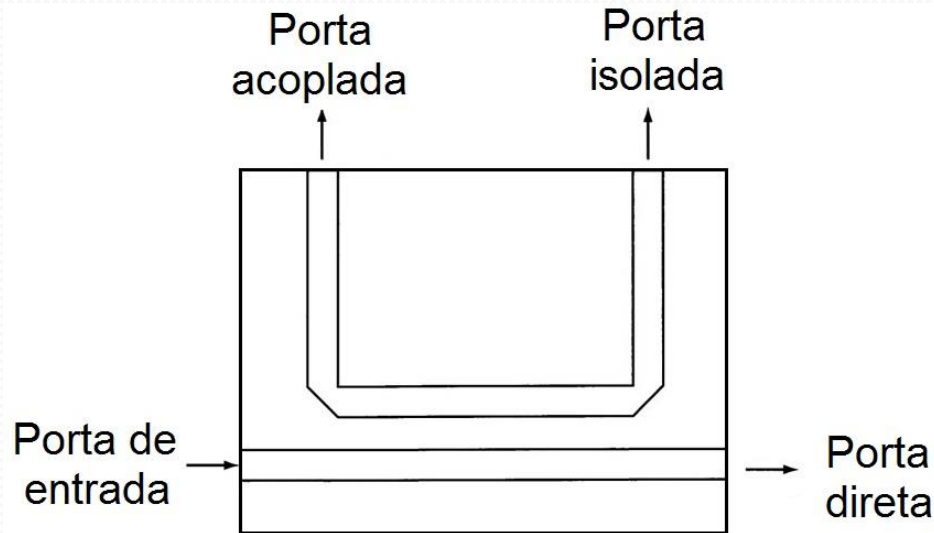
# Aplicações de meios guiados de propagação

## Acoplador direcional de micro-ondas em guia de ondas



# Aplicações de meios guiados de propagação

## Acoplador direcional de micro-ondas em linha de microfita

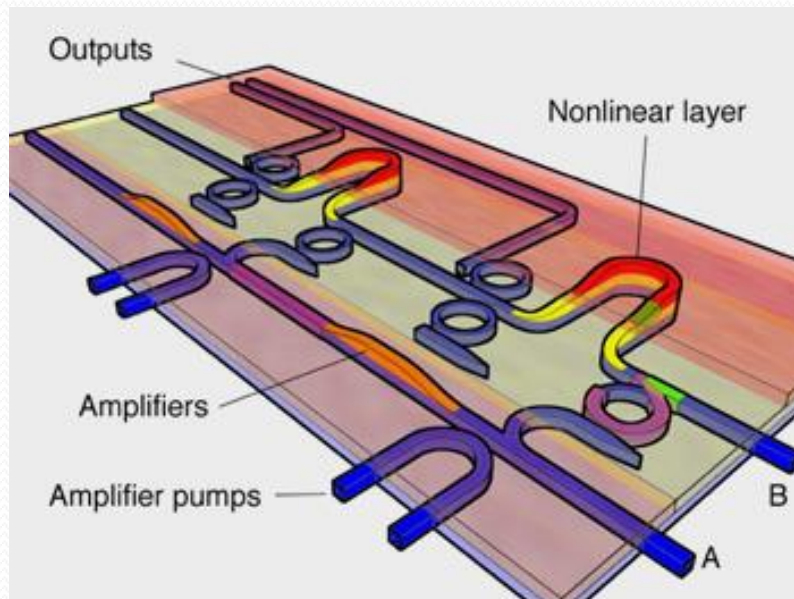




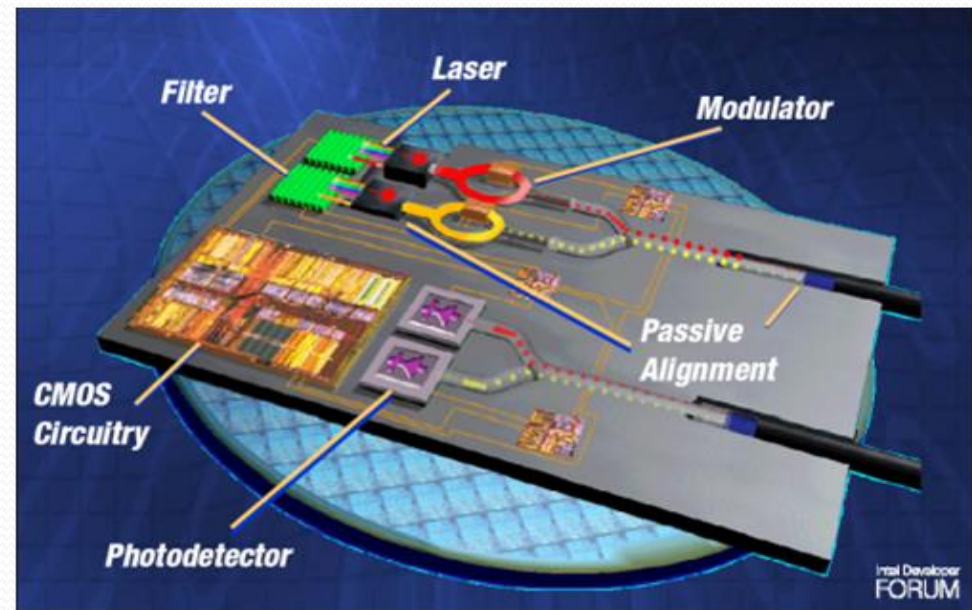
# Aplicações de meios guiados de propagação

## Elementos de circuitos de alta frequência

- Circuitos integrados fotônicos – PICs
- Integram duas ou mais funções ópticas em um chip



<http://www.cudos.org.au/>



<http://www.creol.ucf.edu>



# Conteúdo do curso

- Introdução
- Parâmetros de espalhamento
- Cabos coaxiais
- Linhas de transmissão planares
- Guias de ondas retangulares
- Guias de ondas cilíndricos
- Cavidades ressoantes
- Fibras ópticas

# Bibliografia

Pozar, D. M. **Microwave Engineering**. 4th ed., 2012 John Wiley & Sons, Inc.

Collin, R. E. **Foundations for Microwave Engineering**. Wiley-IEEE Press, 2001

Amazonas, R. de A. A. **Projeto de Sistemas de Comunicações Ópticas**. Manole, 2005.

Keiser, G. **Comunicações por Fibras Ópticas**. 4<sup>a</sup>. ed. MacGraw Hill Education – Bookman. 2014.

# Critérios de avaliação e provas

- Avaliação - 3 provas (a confirmar)

- P1: 14/09 ou 18/09

- P2: 23/10 ou 26/10

- P3: 11/12 ou 14/12

- Critério de aprovação:  $M = \frac{P1+P2+P3}{3} \geq 5,0$

- Prova de recuperação - PREC

- Alunos com  $3,0 \leq M < 5,0$

- Critério de aprovação:  $M_{REC} = \frac{M+PREC}{2} \geq 5,0$

# Moodle do Curso



<https://edisciplinas.usp.br>

## PSI3483 – Ondas Eletromagnéticas em Meios Guiados

- Slides
- Listas de exercícios
- Notas das provas
- Leituras recomendadas
- Animações
- Sites de interesse
- Fotos
- Vídeos