

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



Plano de Ensino

DISCIPLINA: Sistemas Multivariáveis	CÓDIGO:
--	----------------

Validade: A partir do 2º semestre de 2019.

Carga Horária: 60 horas-aula

Créditos: 04

Área de Concentração / Módulo: Modelagem e Controle de Sistemas / Formação Básica

Ementa:

Representação de sistemas multivariáveis contínuos e discretos no domínio da frequência e no domínio do tempo. Operações sobre sistemas multivariáveis. Polos e zeros de sistemas multivariáveis. Solução de equações de estados para sistemas contínuos e discretos. Controlabilidade, observabilidade e estabilidade. Especificações de desempenho. Normas de sinais e de sistemas. Resposta em frequência de sistemas multivariáveis. Configurações de sistemas de controle multivariável no domínio da frequência. Estratégias de controle no espaço de estados. Síntese de controle multivariável.

INTERDISCIPLINARIDADES

Inter-relações desejáveis
É desejável que os conhecimentos adquiridos na disciplina *Sistemas Multivariáveis* possam ser aplicados, principalmente, nas seguintes disciplinas e linhas de pesquisa:

- **Disciplinas** ⇒ Controle Adaptativo; Controle Robusto; Modelagem e Controle de Sistemas Complexos; Tópicos Especiais em Modelagem e Controle de Sistemas.
- **Linhas de Pesquisa** ⇒ Análise e Modelagem de Sistemas; Sistemas de Controle (área de concentração: Modelagem e Controle de Sistemas).

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



Plano de Ensino

Objetivos - Possibilitar ao estudante os seguintes conhecimentos:

- Descrever sistemas multivariáveis, contínuos e discretos no tempo, por matrizes de transferência ou por representação no espaço de estados.
- Realizar operações sobre sistemas multivariáveis.
- Obter a realização de matrizes de transferência no espaço de estados.
- Caracterizar o comportamento dinâmico baseado na matriz de transição de estados e decomposição dos modos.
- Determinar a estabilidade, controlabilidade e observabilidade de sistema multivariáveis.
- Entender e aplicar o conceito de normas de sinais e de sistemas para caracterizar o desempenho de sistemas de controle.
- Projetar controladores nas estruturas de controle descentralizado, descentralizado com desacoplador e centralizado para sistemas representados no domínio da frequência.
- Projetar controladores ótimos para sistemas multivariáveis representados no espaço de estados baseados em realimentação de estados, observador de estados, realimentação estática de saída e realimentação dinâmica de saída.

Métodos Didáticos Utilizados

Marque com um X no quadro:

- | | |
|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Aula expositiva em quadro | <input checked="" type="checkbox"/> Seminário |
| <input type="checkbox"/> Aula com uso de transparência | <input checked="" type="checkbox"/> Pesquisa |
| <input checked="" type="checkbox"/> Aula com uso de multimídia | <input checked="" type="checkbox"/> Trabalho individual |
| <input type="checkbox"/> Aula prática | <input checked="" type="checkbox"/> Trabalho em grupo |
| <input type="checkbox"/> Discussão de texto | <input type="checkbox"/> Visita técnica |
| <input type="checkbox"/> Filme | <input type="checkbox"/> Outros: _____ |

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



Plano de Ensino

Unidades de ensino		Carga-horária Horas-aula
1	Introdução e representação de sistemas. <ul style="list-style-type: none">• Introdução.• O problema de controle.• Descrição de sistemas lineares contínuos e discretos no tempo no espaço de estado.• Operações sobre sistemas.• Realização de matrizes de transferência de sistemas contínuos e discretos no tempo no espaço de estados.• Polos e zeros de sistemas multivariáveis.• Sistemas com Atraso.	8
2	Análise da resposta temporal de sistemas contínuos, discretos. <ul style="list-style-type: none">• Resposta de SLIT baseado na matriz de transição de estado.• Discretização da equação de estado.• Relacionamento entre polos, zeros e resposta transitória de sistemas contínuos e discretos no tempo.	10
3	Análise de estabilidade, controlabilidade e observabilidade. <ul style="list-style-type: none">• Estabilidade. Estabilidade segundo Lyapunov.• Controlabilidade.• Observabilidade.• Realização mínima. Realização balanceada.• Sistema bem posto. Estabilidade interna.• Estabilidade D.	10
4	Especificações de Desempenho e Limitações. <ul style="list-style-type: none">• Especificações de Desempenho.• Normas vetoriais. Normas de Matrizes. Normas de sinais. Normas de sistemas.• Resposta em frequência de Sistemas MIMO.• Cálculo das normas L2 e H2. Cálculo das normas L-infinito e H-infinito. Diferença entre as normas H2 e H-infinito. Interpretação dos sinais das normas de sistemas.• Especificações e limitações em S e T.	12

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



Plano de Ensino

	<ul style="list-style-type: none">• Desempenho H2 e H-infinito ponderado.	
5	<p>Projeto de Sistemas de Controle.</p> <ul style="list-style-type: none">• Configurações de Sistemas de Controle Multivariável.• Sistema de controle descentralizado ou multi-malha. Métodos de emparelhamento.• Sistema de controle desacoplador. Desacoplador ideal, simplificado, invertido e normalizado.• Controle centralizado. Projeto de controlador PI centralizado baseado em funções de transferência equivalente.• Estratégias de controle no espaço de estados: realimentação de estado, realimentação estática de saída e realimentação dinâmica de saída. Realimentação dinâmica de saída de ordem reduzida. Controle por realimentação de estado baseado em observador.• Parametrização de controladores estabilizantes: Riccati e LMI.• Controle H2: Riccati e LMI.• Controle H-infinito: Riccati e LMI.• Projeto de controladores baseado em otimização numérica.	20
Total		60

Métodos de Avaliação

Trabalhos computacionais, avaliações individuais e apresentação de trabalho.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



Plano de Ensino

Bibliografia Básica

1. SKOGESTAD, S. e POSTLETHWAITE, I. Multivariable feedback control - Analysis and design. Chichester, UK: John Wiley and Sons Ltd., 1996.
2. ZHOU, K. & DOYLE, J. C. Essentials of Robust Control. Prentice Hall, 1997.
3. MACIEJOWKI, J.M. Multivariable feedback design. Addison-Wesley, 2001.

Bibliografia Complementar

1. BISHOP, R. H., DORF, R. C. Sistemas de controle modernos. TC publishing Company, 1995.
2. CHEN, C.-T. Linear System Theory and Design, 3rd. ed., Oxford University Press. 1999.
3. GREEN, M. E. e LIMEBEER, D. J. N. Linear robust control. Prentice Hall, 1995.
4. KARL J. A., WITTENMARK, B. Computer Controlled Systems. 3rd. ed, Prentice Hall, 1996.
5. MORARI, M. e ZAFIRION, E. Robust process control. Prentice Hall, 2000.

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica