



# **ENGC42 – SISTEMAS DE CONTROLE I**

## **PLANO DE ENSINO**

### **SEMESTRE LETIVO 2022-2**

Profa. Cristiane Paim

# Informações Gerais

**Componente Curricular:** ENGC42 – Sistemas de Controle I

**Professora:** Cristiane Paim ([cpaim@ufba.br](mailto:cpaim@ufba.br))

**Atividades Síncronas (aulas presenciais):**

T01 - segundas e quartas das 14h50 às 16h40 (Sala 07.03.03)

T02 - segundas e quartas das 18h30 às 20h20 (Sala 08.03.03)

**Atividades Assíncronas (material didático):**

Ambiente Virtual de Aprendizagem AVA/Moodle ([www.ava.ufba.br](http://www.ava.ufba.br))

**Eventuais aulas online serão realizadas através do Google Meet.**

**Acesso AVA**

**ENG42 – Sistemas de Controle I (Semestre 2022-2)**

**Chave de acesso: ENGC42\_2022-2**

# Ementa e Objetivos

## Ementa

Características básicas dos sistemas de controle; realimentação; análise pelo Lugar das Raízes; análise da resposta em frequência; critério de estabilidade de Nyquist; especificações de desempenho no domínio da frequência; técnicas de compensação; controladores P, PI, PID; redes em avanço-atraso; projeto via Lugar das Raízes; projeto via resposta em frequência.

## Objetivos

Ao final do curso o aluno deverá estar capacitado a:

- Compreender os conceitos básicos de análise de sistemas lineares, discretos e contínuos.
- Selecionar e sintonizar controladores adequados para cada problema, considerando a abordagem clássica.

# Metodologia de Ensino-Aprendizagem

**Metodologia de Ensino:** serão realizadas atividades síncronas e assíncronas.

- Atividades síncronas: aulas, atividades e avaliações presenciais (no horário definido para a disciplina e também em horários adicionais acordados entre docente e estudantes).
- Atividades assíncronas: leitura de material didático, entrega de trabalhos, etc. (AVA/Moodle)

# Conteúdo Programático (geral)

## **1. Características Básicas dos Sistemas de Controle**

- 1.1 Introdução aos sistemas de controle
- 1.2 Definições e exemplos
- 1.3 Propriedades da realimentação
- 1.4 Objetivos de controle

## **2. Análise pelo Lugar das Raízes**

- 2.1 Construção do diagrama do lugar das raízes
- 2.2 Interpretação e utilização do diagrama do lugar das raízes

## **3. Análise da Resposta em Frequência**

- 3.1 Resposta em frequência
- 3.2 Critério de Estabilidade de Nyquist
- 3.3 Margens de estabilidade
- 3.4 Especificação de desempenho no domínio da frequência

## **4. Projeto de Controladores**

- 4.1 Ações básicas de controle
- 4.2 Estrutura de Controladores
- 4.3 Sintonia de controladores por métodos empíricos
- 4.4 Sintonia de controladores por métodos analíticos



# Módulo 1 – Resposta e Lugar das Raízes

## Características Básicas dos Sistemas de Controle

Introdução aos sistemas de controle

Definições e exemplos

Propriedades da realimentação

## Resposta de Sistemas de 1ª e 2ª ordem (Contínuos e Discretos)

Objetivos de controles

Regiões desejadas para os polos de malha fechada

Efeito dos zeros na resposta

Dominância de Polos

## Análise de Sistemas usando Lugar das Raízes

Construção do diagrama do lugar das raízes

Interpretação e utilização do diagrama do lugar das raízes

**31/08 – Avaliação diagnóstica: Resposta de Sistemas**  
(duração máxima de 60 min)

# Módulo 2 – Controladores no domínio do tempo

## Projeto de Controladores no domínio do tempo

- Ações básicas de controle

- Estrutura de controladores

- Sintonia de controladores por métodos empíricos

- Sintonia de controladores usando Lugar das Raízes

  - Tempo contínuo

  - Tempo discreto

# Módulo 3 – Controladores no domínio da frequência

## **Análise da Resposta em Frequência**

Representações da resposta em frequência

Critério de estabilidade de Nyquist

Margens de estabilidade

Especificação de desempenho no domínio da frequência

## **Projeto de Controladores usando Resposta em Frequência**

Tempo contínuo

Tempo discreto



# Avaliação de Aprendizagem

A avaliação de aprendizagem será composta por diversas atividades (síncronas e assíncronas) a serem realizadas individualmente ou em equipe compreendendo trabalhos e avaliações escritas, conforme distribuição a seguir:

Atividades	Valor (%)
Av1	20
Av2	30
Av3	25
Trabalho	25

## **Av1 - Avaliação Módulo 1**

19/09 - 14h50 às 16h30 (T01) e 18h30 às 20h10 (T02)

## **Av2 - Avaliação Módulo 2**

26/10 - 14h50 às 16h30 (T01) e 18h30 às 20h10 (T02)

## **Av3 – Avaliação Módulo 3**

07/12 - 14h50 às 16h30 (T01) e 18h30 às 20h10 (T02)

As avaliações Av1 a Av3 serão provas escritas, a serem desenvolvidas individualmente, em sala de aula.

O trabalho será desenvolvido em equipes de 2 ou 3 pessoas e tem como objetivo análise e projeto de controle.

# Avaliação de Aprendizagem

## Trabalho em equipe

O trabalho será dividido em três etapas de avaliação.

<b>Etapa</b>	<b>Valor (%)</b>	<b>Descrição</b>	<b>Cronograma</b>
Parte 1	15	Parte 1 - Análise do Sistema	até 07/10
Parte 2	70	Parte 2 - Projeto de Controladores	até 11/11
Parte 3	15	Parte 3 - Arquição Oral	de 21/11 a 09/12

### Parte 1 – Análise do Sistema

Nesta etapa deverá ser feita uma análise inicial da resposta do sistema. Deverão ser definidos os objetivos de Controle.

### Parte 2 – Projeto de Controladores

Nesta etapa serão feitos projetos de controladores de modo a atender os objetivos de controle definidos na 1ª etapa.

### Parte 3 – Arquição Oral

Cada equipe deverá agendar um horário (entre 21/11 e 09/12) onde será feita uma arguição geral sobre o trabalho, sendo atribuída uma nota individual.

# Bibliografia Básica

Dorf, R. C., Bishop, R.H. ***Sistemas de Controle Modernos***. 8ª edição, Ed. LTC, 2001.

Franklin, G. Powell, J.D., Emami-Naeini, A. **Sistemas de Controle para Engenharia**, Bookman, 6ª ed. 2013;

Ogata, K. ***Engenharia de Controle Moderno***. 5ª Edição, Ed. Pearson, 2010.

## Bibliografia Complementar

Chen, C.T. ***Analog and Digital Control System Design: transfer-function, state-space and algebraic methods***. Ed. CBS College Publishing - Holt, Rinehart and Winston, 1993.

Franklin, G. Powell, J.D., Emami-Naeini, A. **Digital Control of Dynamic Systems**, 2nd ed., 1990.

Kuo, B.C. ***Sistemas de Controle Automático***. Prentice Hall do Brasil, 4ª edição, 1985.

Ogata, K. ***Discrete-time Control Systems***. Prentice Hall, 1987.

## Bibliografia Adicional

Astrom, K. J.; Wittenmark, B. ***PID Controllers: Theory, Design, and Tuning***, Instrument Society of America, 1995.

Dorf, R. C., Bishop, R.H. ***Sistemas de Controle Modernos***. 13ª edição, Ed. LTC, 2018.

Nise, N.S. ***Engenharia de Sistemas de Controle***, 6ª Ed., LTC, 2012.

SMITH, C.A. e CORRIPIO, A. B. ***Princípios e Prática do Controle Automático de Processo***, 3ª edição, 2008.

REGPG (Regulamento de Ensino de Graduação e Pós-Graduação)  
[https://www.ufba.br/sites/portal.ufba.br/files/regpg\\_com\\_alteracoes\\_res\\_03\\_2017\\_e\\_05\\_2022.pdf](https://www.ufba.br/sites/portal.ufba.br/files/regpg_com_alteracoes_res_03_2017_e_05_2022.pdf)

# Módulo 1 - Cronograma de aulas

Aula	Data	Conteúdo
1	15/ago	Plano de Ensino
2	17/ago	Introdução e Propriedades da Realimentação
3	22/ago	Resposta e objetivos de controle: caso contínuo
4	24/ago	Resposta e objetivos de controle: caso discreto
5	29/ago	Lugar das Raízes (LR) – Regras e Exemplos
6	31/ago	LR – Aplicações e Outros Parâmetros <b>Avaliação: Resposta de Sistemas (60min)</b>
7	05/set	LR – Ganho Negativo ( $k < 0$ ) + Fase Não-Mínima
	<b>07/set</b>	<b>Feriado - Independência do Brasil</b>
8	09/set	LR – Sist. Cond. Estáveis e Sistemas com Atraso (sexta-feira, 14h50-16h40, local a definir ou aula remota)
9	12/set	LR - Caso Discreto
10	14/set	Revisão e exercícios
11	19/set	<b>1ª Avaliação - LR e Resposta de sistemas</b>

**Não será verificada frequência na aula extra de 09/09,**



## Módulo 2 - Cronograma de aulas

Aula	Data	Conteúdo
12	21/set	Ações Básicas de Controle <b>(definição do trabalho)</b>
13	26/set	Métodos Empíricos
14	28/set	Projeto de Controladores usando Lugar das Raízes - Contínuo
15	03/out	Projeto de Controladores usando Lugar das Raízes - Contínuo
16	05/out	Projeto de Controladores usando Lugar das Raízes - Contínuo
17	10/out	Projeto de Controladores usando Lugar das Raízes - Contínuo
	<b>12/out</b>	<b>Feriado - Nossa Senhora Aparecida</b>
18	17/out	Projeto de Controladores usando Lugar das Raízes - Discreto
19	19/out	Projeto de Controladores usando Lugar das Raízes - Discreto
20	24/out	Revisão e exercícios
<b>21</b>	<b>26/out</b>	<b>2ª Avaliação - Projeto de Controladores via LR</b>

## Módulo 3 - Cronograma de aulas

Aula	Data	Conteúdo Ministrado
22	31/out	Resposta em Frequência (RF): revisão de Diagramas de Bode
	<b>02/nov</b>	<b>Feriado: Finados</b>
23	07/nov	RF: Diagramas Polares + Carta de Nichols + Sistemas com Atraso
24	09/nov	Critério de Estabilidade de Nyquist
	<b>14/nov</b>	<b>Não haverá aula (véspera do feriado da Proclamação da República)</b>
25	16/nov	Critério de Estabilidade de Nyquist: singularidades na origem
26	21/nov	Margens de Estabilidade e Especificações da Resposta em frequência
27	23/nov	Projeto de Controladores usando Resposta em Frequência
	25/nov	Aula extra (sexta-feira) se necessário
28	28/nov	Projeto de Controladores usando Resposta em Frequência
29	30/nov	Projeto de Controladores usando Resposta em Frequência (Discreto)
30	05/dez	Revisão e exercícios
<b>31</b>	<b>07/dez</b>	<b>3ª Avaliação – Análise e Projeto em Frequência</b>
<b>32</b>	<b>12/dez</b>	<b>2a Chamada (todas as avaliações)</b>

# Frequência e 2ª chamada

Conforme previsto no **Art. 111 do REGPG**, será considerado aprovado no componente curricular, o estudante que cumprir a frequência mínima de setenta e cinco por cento (75%) às aulas e às atividades e obtiver nota final igual ou superior a cinco (5,0).

Eventuais provas de 2ª chamada serão realizadas (todas as avaliações) no dia 12/12, das 14h50 às 16h30 para ambas as turmas. Terá direito à 2ª chamada os casos previstos no **Art. 115 do REGPG**, respeitado o prazo de solicitação neste estabelecido.