

 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CAMPUS ARARANGUÁ CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIAS E SAÚDE DEPARTAMENTO DE ENERGIA E SUSTENTABILIDADE PLANO DE ENSINO*
<p>* plano de ensino adaptado, em caráter excepcional e transitório, para substituição de aulas presenciais por aulas em meios digitais, enquanto durar a pandemia do novo coronavírus – COVID-19, em atenção à Portaria MEC 344, de 16 de junho de 2020 e à Resolução 140/2020/CUn, de 24 de julho de 2020.</p>	
SEMESTRE 2020.1	

I. IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA:				
CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA	Nº DE HORAS-AULA SEMANAIS		TOTAL DE HORAS-AULA SEMESTRAIS
		TEÓRICAS	PRÁTICAS	
EES7374**	FUNDAMENTOS DE CONTROLE	03	01	72

** plano a ser considerado equivalente, em caráter excepcional e transitório na vigência da pandemia COVID-19, à disciplina EES7374.

HORÁRIO		
TURMAS TEÓRICAS	TURMAS PRÁTICAS	MODALIDADE
07653 - 3.1620(2) 5.1620(1)	07653 - 5.1710(1)	Ensino Remoto Emergencial

II. PROFESSOR(ES) MINISTRANTE(S)
CÉSAR CATALDO SCHARLAU (cesar.scharlau@ufsc.br)

III. PRÉ-REQUISITO(S)	
CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA
DEC 7142	Cálculo Numérico em Computadores
EES 7170	Circuitos Elétricos

IV. CURSO(S) PARA O(S) QUAL(IS) A DISCIPLINA É OFERECIDA
Bacharelado em Engenharia de Energia (Turma 07653) e Engenharia de Computação (Turma 05655)

V. JUSTIFICATIVA
O controle de sistemas é uma ferramenta essencial ao Engenheiro de Energia e ao Engenheiro de Computação. Desta forma, esta disciplina introduz ao aluno conceitos fundamentais da teoria de controle clássica, envolvendo a análise de sistemas lineares e o projeto de controladores.

VI. EMENTA
Definição de sistemas de controle. Modelagem matemática de sistemas. Função de transferência. Resposta dinâmica de sistemas lineares. Análise de sistemas por diagramas de blocos. Estabilidade. Erros em Regime Permanente. Lugar Geométrico das Raízes. Resposta em frequência. Critério de estabilidade de Nyquist. Projetos de sistemas de controle com realimentação.

VII. OBJETIVOS
<p>Objetivo Geral: Aplicar os conceitos básicos da teoria de controle clássica na análise de sistemas lineares e no projeto de controladores.</p> <p>Objetivos Específicos: Para alcançar o objetivo geral, é esperado do aluno:</p> <ul style="list-style-type: none"> Compreender a modelagem de sistemas dinâmicos;

- Aplicar metodologias de análise de sistemas no domínio do tempo e frequência;
- Conhecer os requisitos básicos para sistemas de controle realimentados;
- Empregar os métodos de resposta em frequência para análise de sistemas;
- Utilizar os métodos de projeto de controladores.

VIII. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

Conteúdo Teórico:

1. Definição de sistemas de controle
 - 1.1. Malha aberta e malha fechada (realimentação)
2. Modelagem matemática de sistemas dinâmicos
3. Análise de sistemas no domínio do tempo e da frequência
 - 3.1. Transformada de Laplace
 - 3.2. Transformada inversa de Laplace
 - 3.3. Funções de transferência
 - 3.4. Análise de sistemas de primeira e segunda ordem
4. Diagramas de blocos
5. Requisitos básicos para sistemas de controle realimentados
 - 5.1. Estabilidade de sistemas dinâmicos (estabilidade entrada-saída e interna)
 - 5.2. Critério de estabilidade de Routh-Hurwitz
 - 5.3. Erros em regime permanente
 - 5.4. Localização de polos em malha fechada (Diagrama do Lugar Geométrico das Raízes - LGR)
6. Método da resposta em frequência
 - 6.1. Diagrama de Bode (escala logarítmica, módulo e fase, técnicas de construção)
 - 6.2. Diagrama e critério de estabilidade de Nyquist
7. Projeto de compensadores
 - 7.1. Metodologias de projeto empregando Lugar Geométrico das Raízes
 - 7.2. Metodologias de projeto empregando resposta em frequência
 - 7.3. Sintonia de controladores PID (Proporcional, Integral e Derivativo)

IX. METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

A adaptação dessa disciplina ao Ensino Remoto Emergencial (ERE) segue as regras estabelecidas na Resolução Normativa 140/2020/CUn. É importante enfatizar que o planejamento realizado pode sofrer alterações em função de mudanças na legislação, reavaliação de procedimentos, novas determinações das instâncias superiores da universidade ou motivos de força maior.

Considerando as características e as especificidades da disciplina, propõem-se uma metodologia de ensino inspirada na sala de aula invertida (*flipped classroom* em inglês). Trata-se de um modelo de ensino que coloca, de fato, o discente como protagonista, aproximando-o dos temas e conteúdo antes mesmo de a aula começar.

O processo de aprendizagem será dividido em três momentos:

- a. Antes do encontro: o professor disponibiliza, através do Moodle, atalhos para materiais, vídeos e artigos sobre o conteúdo em destaque. Os alunos acessam o conteúdo, sendo instigados a buscar outras bases e ampliar suas visões sobre o tema. As habilidades cognitivas envolvidas nesse momento são recordar e compreender.
- b. Durante o encontro: o professor e os alunos discutem o conteúdo através de uma videoconferência, possivelmente realizada através do Conferência Web RNP ou Google Meet. São esclarecidas dúvidas, realizados exercícios, debates e apresentados estudos de caso. Habilidades cognitivas: aplicar, analisar, avaliar e criar.
- c. Depois do encontro: os alunos revisam o conteúdo e fazem atividades avaliativas sobre os assuntos tratados em aula. Habilidades cognitivas: recordar, compreender, aplicar, analisar, avaliar e criar.

Atividades assíncronas estão previstas para os momentos a) e c) e atividades síncronas são planejadas nos momentos b) e c).

As atividades práticas serão desenvolvidas através de trabalhos e tarefas envolvendo a utilização do programa Matlab/Simulink.

Está prevista a participação de um monitor nessa disciplina com o seguinte plano de atividades:

- atendimento extraclasse de alunos, em horários agendados e pré-definidos pelo monitor, através de videoconferência;
- resolução de dúvidas dos alunos enviados através do Moodle;
- auxílio ao professor durante os encontros por videoconferência com os alunos;

- assistência remota aos alunos no uso de programas de simulação;
- auxílio na preparação de atividades do ensino remoto emergencial.

Horário de atendimento do professor ao estudante: através de videoconferência (Conferência Web RNP ou Google Meet) por agendamento, preferencialmente nas quartas-feiras, das 14 às 15 horas.

Observação: a utilização indevida da imagem de professores e colegas é considerado crime previsto na Constituição Federal e no Código Civil. Sendo, assim, não é permitido compartilhar e/ou gravar imagens e falas dos docentes e discentes. Além disso, não devem ser compartilhados ou publicados materiais que sejam de propriedade intelectual do professor sem prévia autorização.

X. METODOLOGIA E INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO

- A verificação do rendimento escolar compreenderá **frequência e aproveitamento** nos estudos, os quais deverão ser atingidos conjuntamente. Será obrigatória a frequência às atividades correspondentes a cada disciplina, ficando nela reprovado o aluno que não comparecer, no mínimo a 75% das mesmas.
- A nota mínima para aprovação na disciplina será 6,0 (seis). (Art. 69 e 72 da Res. nº 17/CUn/1997).
- O aluno com frequência suficiente (FS) e média das notas de avaliações do semestre entre 3,0 e 5,5 terá direito a uma nova avaliação no final do semestre (REC), exceto as atividades constantes no art.70, § 2º. A nota será calculada por meio da média aritmética entre a média das notas das avaliações parciais (MF) e a nota obtida na nova avaliação (REC). (Art. 70 e 71 da Res. nº 17/CUn/1997).

$$NF = \frac{MF + REC}{2}$$

- Ao aluno que não comparecer às avaliações ou não apresentar trabalhos no prazo estabelecido será atribuída nota 0 (zero). (Art. 70, § 4º da Res. nº 17/CUn/1997)
- **Avaliações**
- A avaliação da disciplina está sendo planejada através dos seguintes instrumentos:
 - Provas: serão realizadas duas provas regulares síncronas durante o semestre, previstas para ocorrer no horário da disciplina.
 - Trabalhos: serão propostos dois trabalhos envolvendo os tópicos da disciplina, na modalidade assíncrona.
 - Questionários: ao final de alguns encontros, serão propostos questionários síncronos, previstos para ocorrer no horário da disciplina, sobre os conteúdos abordados.
 - Seminário: um seminário será realizado envolvendo uma pesquisa de artigos sobre modelagem de sistemas dinâmicos, sendo esta uma atividade mista (síncrona e assíncrona).
- As avaliações poderão conter questões objetivas, objetivas mistas e dissertativas.
- Poderão ser designadas outras atividades para complementar os conteúdos vistos na disciplina. Neste caso, a pontuação dessas atividades será incluída na nota de uma das provas.
- Será atribuída nota zero para as atividades onde for verificado plágio.
- O cálculo da média final será efetuado de acordo com a seguinte equação

$$MF = 0,15.S1 + 0,25.P1 + 0,40.P2 + 0,10.MT + 0,10.QT$$

onde:

- P1 – nota da primeira prova;
- P2 – nota da segunda prova;
- S1 – nota do seminário;
- MT – média das notas dos trabalhos realizados ao longo do semestre;
- QT – média dos questionários.

- **Registro de frequência**

Está prevista a aferição da frequência a partir da entrega das atividades avaliativas, do acesso aos materiais e do registro de presença nas videoconferências síncronas.

Pedido de Nova Avaliação - Art. 74 da Res. nº 17/CUn/97

- O aluno, que por motivo de força maior e plenamente justificado, deixar de realizar atividades avaliativas previstas no plano de ensino, deverá fazer o pedido à Chefia do Departamento de Energia e Sustentabilidade (EES), dentro do prazo de 3 (três) dias úteis, apresentando documentação comprobatória. O pedido de Nova Avaliação deve ser formalizado na Secretaria Integrada de Departamentos (SID).

XI. CRONOGRAMA PREVISTO

AULA (semana)	DATA	ASSUNTO	CARGA SÍNCRONA (h-a)	CARGA ASSÍNCRONA (h-a)
1ª	04/03/20 a 07/03/20	Apresentação da disciplina. Definição de sistemas de controle. Modelagem de sistemas dinâmicos. Aulas presenciais.	Ministrada na modalidade presencial	
2ª	09/03/20 a 14/03/20	Modelagem de sistemas dinâmicos. Diagrama de blocos. Aulas presenciais.	Ministrada na modalidade presencial	
3ª	31/08/20 a 05/09/20	Retomada da disciplina com apresentação do plano de ensino. Revisão de conteúdos. Diagrama de blocos. Análise de sistemas no domínio tempo e frequência.	2	2
4ª	07/09/20 a 12/09/20	Análise de sistemas no domínio tempo e frequência.	2	2
5ª	14/09/20 a 19/09/20	Requisitos básicos para sistemas de controle realimentados.	2	2
6ª	21/09/20 a 26/09/20	Requisitos básicos para sistemas de controle realimentados. Seminário (24/09).	2	2
7ª	28/09/20 a 03/10/20	Requisitos básicos para sistemas de controle realimentados. Entrega do Trabalho 01 (29/09). Diagrama do Lugar Geométrico das Raízes (LGR).	2	2
8ª	05/10/20 a 10/10/20	Diagrama do Lugar Geométrico das Raízes (LGR).	2	2
9ª	12/10/20 a 17/10/20	Exercícios. 1ª PROVA (15/10).	3	1
10ª	19/10/20 a 24/10/20	Projeto de controladores.	2	2
11ª	26/10/20 a 31/10/20	Projeto de controladores.	2	2
12ª	02/11/20 a 07/11/20	Resposta em frequência.	2	2
13ª	09/11/20 a 14/11/20	Resposta em frequência.	2	2
14ª	16/11/20 a 21/11/20	Resposta em frequência.	2	2
15ª	23/11/20 a 28/11/20	Projeto de controladores. Entrega do Trabalho 02 (26/11).	2	2
16ª	30/11/20 a 05/12/20	Projeto de controladores.	2	2
17ª	07/12/20 a 12/12/20	Exercícios. 2ª PROVA (10/12).	3	1
18ª	14/12/20 a 19/12/20	AVALIAÇÃO DE REPOSIÇÃO - Nova Avaliação (15/12). REC (17/12).	4	0

XII. Feriados e dias não letivos previstos para o semestre 2020.1

DATA	
07/09/20 (seg)	Independência do Brasil
12/10/20 (seg)	Nossa Senhora Aparecida
28/10/20 (qua)	Dia do Servidor Público
02/11/20 (seg)	Finados

XIII. BIBLIOGRAFIA BÁSICA***

1. Frank, Steven A. Control Theory Tutorial. Springer, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-91707-8> Acessado em 04 de agosto de 2020.

Observação: a disponibilidade de outros livros sobre o conteúdo da disciplina será verificada ao longo do semestre no acerto digital da BU.

XIV. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- 1 NISE, Norman S. Engenharia de sistemas de controle. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, c 2012. xiv, 745 p.
- 2 DORF, Richard C; BISHOP, Robert H. Sistemas de controle modernos. 12. ed. Rio de Janeiro: LTC, c2013. xx, 814 p.
- 3 OGATA, Katsuhiko. Engenharia de controle moderno. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003. x, 788 p.
- 4 TROFINO, Alexandre. Sistemas Lineares. Apostila disponível em: <https://arquivos.ufsc.br/d/d4547ba8d9/files/?p=eel-7052/apostila-lineares.pdf>
- 5 De ARAÚJO, Fábio Meneghetti Ugulino. Sistemas de Controle. Apostila disponível em: <https://www.dca.ufrn.br/~meneghet/FTP/Controle/scv20071.pdf>
- 6 De ARAÚJO, Fábio Meneghetti Ugulino. Sistemas de Controle I. Apostila disponível em: <https://www.dca.ufrn.br/~meneghet/FTP/Controle1/Controle%20I%20-%20Apostila.pdf>
- 7 CARRARA, Valdemir. Análise e Controle de Sistemas Lineares. Apostila disponível em: http://www.dem.inpe.br/~val/publicacoes/carrara_acsl_2012.pdf
- 8 DOUGLAS, Brian. The Fundamentals of Control Theory. Disponível em: https://engineeringmedia.com/IEEE_Xplore. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org> Acessado em 04 de agosto de 2020.
- 10 GILAT, Amos. MATLAB: com aplicações em engenharia. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. xi, 417 p

*** A bibliografia principal das disciplinas deverá ser pensada a partir do acervo digital disponível na Biblioteca Universitária, como forma de garantir o acesso aos estudantes, ou, em caso de indisponibilidade naqueles meios, deverão os professores disponibilizar versões digitais dos materiais exigidos no momento de apresentação dos projetos de atividades aos departamentos e colegiados de curso. (Art. 15 § 2º da Res. 140/2020/CUn de 24 de julho de 2020)

Professor:

Aprovado pelo Colegiado do Curso em ___/___/___

Presidente do Colegiado: