

 <b>UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA</b>	<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA</b> <b>CAMPUS ARARANGUÁ</b> <b>CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIAS E SAÚDE</b> <b>DEPARTAMENTO DE ENERGIA E SUSTENTABILIDADE</b> <b>PLANO DE ENSINO*</b>
<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>	
<b>SEMESTRE 2021.2</b>	

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

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

- 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 BigBlueButton/Conferência Web RNP. 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 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.

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

Destaca-se o que consta no Ofício Circular Conjunto Nº 003/2021/PROGRAD/SEAI:

a) Espera-se dos(as) discentes condutas adequadas ao contexto acadêmico. Atos que sejam contra: a integridade física e moral da pessoa; o patrimônio ético, científico, cultural, material e, inclusive o de informática; e o exercício das funções pedagógicas, científicas e administrativas, poderão acarretar abertura de processo disciplinar discente, nos termos da Resolução nº 017/CUn/97, que prevê como penalidades possíveis a advertência, a repreensão, a suspensão e a eliminação (desligamento da UFSC).

b) Devem ser observados os direitos de imagem tanto de docentes, quanto de discentes, sendo vedado disponibilizar, por quaisquer meios digitais ou físicos, os dados, a imagem e a voz de colegas e do(a) professor(a), sem autorização específica para a finalidade pretendida e/ou para qualquer finalidade estranha à atividade de ensino, sob pena de responder administrativa e judicialmente.

c) Todos os materiais disponibilizados no ambiente virtual de ensino aprendizagem são exclusivamente para fins didáticos, sendo vedada a sua utilização para qualquer outra finalidade, sob pena de responder administrativa e judicialmente.

d) Somente poderão ser gravadas pelos discentes as atividades síncronas propostas mediante concordância prévia dos docentes e colegas, sob pena de responder administrativa e judicialmente.

e) A gravação das aulas síncronas pelo(a) docente deve ser informada aos discentes, devendo ser respeitada a sua liberdade quanto à exposição da imagem e da voz.

f) A liberdade de escolha de exposição da imagem e da voz não isenta o(a) discente de realizar as atividades avaliativas originalmente propostas ou alternativas, devidamente especificadas no plano de ensino.

g) Os materiais disponibilizados no ambiente virtual possuem licenças de uso e distribuição específicas, a depender de cada situação, sendo vedada a distribuição do material cuja licença não o permita, ou sem a autorização prévia dos(as) professores(as) para o material de sua autoria.

## **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).

$$NF=(MF+REC)/2$$

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)

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 trabalhos envolvendo os tópicos da disciplina, na modalidade assíncrona.

\* Participação: durante os encontros síncronos, será verificada a participação dos alunos por meio das contribuições próprias (dúvidas, comentários, etc.) e também da resposta correta as perguntas efetuadas pelo docente.

O cálculo da média final será efetuado de acordo com a seguinte equação

$$MF=0,25.P1+0,45.P2+0,2.MT+0,1.PA$$

onde:

P1 – nota da primeira prova;

P2 – nota da segunda prova;

MT – média das notas dos trabalhos realizados ao longo do semestre;

PA – participação durante os encontros síncronos.

Observações:

1. As avaliações poderão conter questões objetivas, objetivas mistas e dissertativas.

2. Poderão ser designadas outras atividades para complementar os conteúdos vistos na disciplina. Neste caso, a pontuação dessas atividades será incluída na nota das provas.

3. Será atribuída nota zero para as atividades onde for verificado plágio.

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)
1 <sup>a</sup>	25/10/2021 a 30/10/2021	Apresentação da disciplina. Definição de sistemas de controle. Modelagem de sistemas dinâmicos. <b>Dia não letivo.</b>	2	2
2 <sup>a</sup>	1/11/2021 a 6/11/2021	<b>Dia não letivo.</b> Modelagem.	2	3
3 <sup>a</sup>	8/11/2021 a 13/11/2021	Diagrama de blocos. Análise de sistemas no domínio tempo e frequência.	2	2
4 <sup>a</sup>	15/11/2021 a 20/11/2021	Análise de sistemas no domínio tempo e frequência. Requisitos básicos para sistemas de controle realimentados.	2	3
5 <sup>a</sup>	22/11/2021 a 27/11/2021	Requisitos básicos para sistemas de controle realimentados.	2	2
6 <sup>a</sup>	29/11/2021 a 4/12/2021	Requisitos básicos para sistemas de controle realimentados. Diagrama do Lugar Geométrico das Raízes (LGR).	2	3
7 <sup>a</sup>	6/12/2021 a 11/12/2021	Diagrama do Lugar Geométrico das Raízes (LGR). <b>1ª PROVA (09/12).</b>	3	2
8 <sup>a</sup>	13/12/2021 a 18/12/2021	Projeto de controladores.	2	2
9 <sup>a</sup>	31/01/2022 a 5/02/2022	Projeto de controladores.	2	3
10 <sup>a</sup>	7/02/2022 a 12/02/2022	Resposta em frequência.	2	2
11 <sup>a</sup>	14/02/2022 a 19/02/2022	Resposta em frequência.	2	3
12 <sup>a</sup>	21/02/2022 a 26/02/2022	Resposta em frequência. Projeto de controladores.	2	3
13 <sup>a</sup>	03/03/2022 a 05/03/2022	<b>Dia não letivo.</b> Projeto de controladores.	1	3
14 <sup>a</sup>	07/03/2022 a 12/03/2022	Projeto de controladores. <b>2ª PROVA – Parte 1 (10/03).</b>	3	2
15 <sup>a</sup>	14/03/2022 a 19/03/2022	<b>2ª PROVA – Parte 2 (15/03).</b> Divulgação dos resultados.	2	2
16 <sup>a</sup>	21/03/2022 a 26/03/2022	<b>AVALIAÇÃO DE REPOSIÇÃO - Nova Avaliação (22/03). REC (24/03).</b>	4	0

<b>XII. Feriados e dias não letivos previstos para o semestre 2021.2</b>	
<b>DATA</b>	
<b>28/10/2021</b>	Dia do Servidor Público
<b>02/11/2021</b>	Finados
<b>15/11/2021</b>	Proclamação da República
<b>28/02/2022</b>	Carnaval – Ponto Facultativo
<b>01/03/2022</b>	Carnaval
<b>02/03/2022</b>	Quarta-feira de cinzas (Ponto Facultativo até 14 horas)

### **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.pdf>
- 5 De ARAÚJO, Fábio Meneghetti Ugolino. Sistemas de Controle. Apostila disponível em: <https://www.dca.ufrn.br/~meneghet/FTP/Controle/scv20071.pdf>
- 6 De ARAÚJO, Fábio Meneghetti Ugolino. Sistemas de Controle I. Apostila disponível em: <https://www.dca.ufrn.br/~meneghet/FTP/Controle1/Controle%20I%20-%20Apostila.pdf>
- 7 DOUGLAS, Brian. The Fundamentals of Control Theory. Disponível em: <https://engineeringmedia.com/>
- 8 *IEEE Xplore*. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org> Acessado em 04 de agosto de 2020.
- 9 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: