

PLANO DE DISCIPLINA

Disciplina	ENE0332 – Tópicos em Engenharia
Cursos	Engenharia Elétrica, Engenharia Mecatrônica e Engenharia de Computação
Professor Responsável	Profa. Flavia Maria Guerra de Sousa Aranha Oliveira – flavia@ene.unb.br
Semestre	1º semestre letivo de 2025
Pré-Requisitos	Disciplina sem pré-requisitos
Horário de aulas e Local	Aulas Teóricas – O curso terá aulas conforme calendário abaixo. Todo o conteúdo da disciplina estará disponível no site http://flavia.website. Para acessar o conteúdo da disciplina, clique em “Classes” no menu à esquerda da tela (ou no símbolo no canto superior à esquerda do celular, para que o menu apareça, depois clique em “Classes”). A seguir, no tópico 2025/01, clique em “Topics in Engineering (Tópicos em Engenharia) - ENE 0332”. Turma T03: Segundas, de 08:00 às 11:50, na sala LCCC - ULEG - Sala 2.
Atendimento aos alunos	Todos os dias de aula, logo após a aula.
Objetivos da Disciplina	Esse curso irá tratar sobre o processamento de sinais biomédicos e o modelamento e a identificação de sistemas fisiológicos. Como exemplo de aplicação dos diversos conceitos envolvidos, serão gerados diferentes índices quantitativos do sistema nervoso autônomo (SNA), como índices de variabilidade da frequência cardíaca, sensibilidade do barorreflexo, acoplamento cardiorrespiratório, dentre outros usualmente utilizados na literatura. Começaremos dos mais simples, que envolvem conceitos como média e desvio padrão, até os que envolvem conceitos mais específicos, como resposta em frequência, correlação, convolução e filtragem, dentre outros. O objetivo é entender como aplicar diferentes técnicas de processamento digital de sinais para analisar dados como o ECG, EEG, EMG, pressão arterial contínua etc e interpretar os resultados obtidos. O foco não será na teoria matemática por trás deste conceitos, e sim na aplicação prática de cada técnica e sua interpretação em cada contexto. O programa que iremos utilizar é o Matlab. Não é assumida nenhuma experiência prévia em programação ou no uso do Matlab. Dentre as vantagens do uso do Matlab, destacam-se seus Toolboxes dedicados (como Signal Processing Toolbox e Statistics and Machine Learning Toolbox), a facilidade de programação, a existência de ferramentas de visualização profissionais, reputação e relevância na indústria, dentre outras. Por exemplo, empresas como Medtronic e Philips Healthcare utilizam o Matlab no design e teste de dispositivos médicos. Exemplos: (1) Repositório de códigos Matlab para a extração de dados do Medtronic Percept bidirectional brain computer interface for adaptive brain stimulation; (2) Philips Healthcare Develops Smart Digital RF Power Subsystem for MRI Systems; (3) Reducing Risk with Model-Based Design: Q&A with Philips Healthcare; Artigo (Hammer et al., 2023) descrevendo o uso do Matlab para análise dos dados obtidos do dispositivo Medtronic "Percept" para deep brain stimulation (DBS); (4) outros exemplos do uso do Matlab e Simulink em dispositivos médicos; (5) exemplos do uso do Matlab em outras áreas, como automotiva, robótica etc. Este semestre iremos utilizar ferramentas como o ChatGPT e o Grok tanto como tutores, para nos ajudar a entender os códigos-exemplo do livro texto e os diferentes conceitos envolvidos, quanto para nos ajudar a melhorar nossas habilidades de programação. Vamos também querer entender as capacidades e limitações de LLMs (Large Language Models) para este propósito.

Metodologia, Avaliação e Cômputo da Presença

A disciplina será composta de aulas expositivas e práticas, testes/apresentações de alunos, listas de exercícios e um projeto final, conforme calendário abaixo. A presença e participação nas atividades em aula também são fundamentais e serão consideradas na avaliação.

O cômputo de presença das aulas dar-se-á por chamada, que será realizada via SIGAA. Portanto, a presença pode ser acompanhada pelo discente diretamente no SIGAA. O número máximo de faltas corresponde a 25% do número de aulas. Ao final do Calendário encontram-se listados trabalhos de reposição de faltas, que não constituem atividades de recuperação. Cada trabalho entregue corresponde a 1 dia de falta, dispensada a apresentação de justificativa. Este trabalho é individual e deverá ser enviado via SIGAA para o professor até o dia especificado no Calendário abaixo. Serão aceitos até 3 trabalhos de reposição de faltas por discente. O tópico do trabalho é de livre escolha do discente dentre os 11 tópicos descritos ao final do programa.

A nota final será o resultado da soma dos pontos de cada atividade e sua conversão para a pontuação de 0 a 100.

A avaliação será composta de listas de exercícios, tarefas de casa, testes, apresentações e um projeto final que envolve programação utilizando Matlab, a ser apresentado em grupo.

A média final (MF) será calculada com os seguintes pesos:

- Média Final (MF):

Participação (presença e participação nas aulas)	5%
Tarefas de casa (em grupo)	25%
Listas de exercícios (em grupo)	25%
Testes/Apresentações (em grupo)	20%
Projeto final (slides + apresentação, em grupo)	25%

Os casos omissos serão avaliados individualmente, de acordo com as circunstâncias.

Programa

- Esse curso irá tratar sobre o processamento de sinais biomédicos e o modelamento e a identificação de sistemas fisiológicos, para a posterior geração de índices quantitativos do sistema nervoso autônomo (SNA), como índices de variabilidade da frequência cardíaca, sensibilidade do barorreflexo, acoplamento cardiorrespiratório, dentre outros usualmente utilizados na literatura. O curso terá vários exercícios práticos, com a utilização do Matlab para a implementação dos diversos algoritmos de processamento e posterior modelamento e identificação de sistemas. Em particular, serão tratados temas como: convolução, correlação, teorema da amostragem, efeitos de borda, janelamento, estimação espectral (análise de Fourier, método de Welch, métodos paramétricos), estimação da função de transferência, estudo do eletrocardiograma (ECG), do eletroencefalograma (EEG), do eletromiograma (EMG), do sinal de pressão arterial contínua, do sinal respiratório, modelos paramétricos e não-paramétricos, identificação de sistemas lineares, métodos baseados na correlação, modelamento entrada-saída de sistemas fisiológicos em expansões ortogonais. Não é necessária experiência anterior com programação ou o programa Matlab. Noções de programação e a utilização do Matlab serão gradualmente apresentadas ao longo do curso.
- O curso usará dados disponíveis no repositório da physionet (<https://www.physionet.org/>) e utilizará pacotes de programas compatíveis com o Matlab®, como: CRSIDLab (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31056529/>) e LYSIS (<https://bmsr.usc.edu/software/lysis/>), dentre outros, além de ferramentas disponíveis nos toolboxes de processamento de sinais e identificação de sistemas do Matlab.

	• O curso terá um enfoque mais prático, em termos da implementação de algoritmos para o processamento de sinais fisiológicos, com ênfase no sistema cardiorrespiratório, e a posterior geração de índices quantitativos do SNA. • Pré-requisito: programação básica em Matlab ajuda, mas não é essencial. No início do curso serão apresentados conceitos básicos de programação em Matlab. • O curso está dividido em três partes gerais: 1) Análise e processamento de sinais fisiológicos 2) Análise e identificação de sistemas fisiológicos 3) Apresentação de projetos
Bibliografia Recomendada	• Livro texto: <u>Livros-textos principais:</u> 1) Biosignal and Medical Image Processing, Third Edition, por John L. Semmlow (Author), Benjamin Griffel. CRC Press; 3 edition (February 25, 2014). As funções e os scripts utilizados ao longo do texto podem ser acessadas a partir do link: https://www.crcpress.com/downloads/K16329/Associated%20Files.zip → Arquivos do cap. 3 do livro texto (que estão faltando no site do livro). 2) Khoo, M. C. K. (2018) Physiological Control Systems: Analysis, Simulation, and Estimation, 2nd ed. IEEE Book Series in Biomedical Engineering, IEEE Press. (Disponível gratuitamente no site do IEEE para membros do EMBS - Engineering in Medicine and Biology Society.) As funções, os modelos e os scripts utilizados ao longo do texto podem ser acessados a partir do link: http://www.wiley.com/go/khoo/controlsystems2e <u>Livros-textos auxiliares:</u> 3) Drongelen, Wim van (2006) Signal Processing for Neuroscientists: introduction to the analysis of physiological systems. Elsevier Science & Technology. Disponível no Proquest Ebook Central: https://ebookcentral.proquest.com/lib/univbrasil-ebooks/detail.action?docID=283974 4) Wallisch, Pascal et al. (2014) MATLAB for neuroscientists: an introduction to scientific computing in MATLAB. 2nd ed. Elsevier Science & Technology. Disponível no Proquest Ebook Central: https://ebookcentral.proquest.com/lib/univbrasil-ebooks/reader.action?docID=1517435 5) Sörnmo, Leif and Laguna, Pablo (2005) Bioelectrical signal processing in cardiac and neurological applications, Elsevier Academic Press. Disponível no Proquest Ebook Central: https://ebookcentral.proquest.com/lib/univbrasil-ebooks/detail.action?docID=317027 6) Karris, Steven T. (2012) Signals and systems with MATLAB® computing and Simulink® modeling, 5th ed. Orchard Publications. Disponível no Proquest Ebook Central: https://ebookcentral.proquest.com/lib/univbrasil-ebooks/reader.action?docID=3384197 7) Westwick, D. T. and Kearney, R. E. (2003). Identification of Nonlinear Physiological Systems: Theory and Practice, IEEE Book Series in Biomedical

Engineering, IEEE Press. ([Disponível gratuitamente no site do IEEE](#) para membros da EMBS - Engineering in Medicine and Biology Society.)

- 8) Clifford, G., Azuaje, F., McSharry, P. (Eds.) (2006) **Advanced methods and tools for ECG data analysis**. Artech House. Disponível no Proquest Ebook Central: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/univbrasilvia-ebooks/reader.action?docID=338739>

Software:

Matlab®. Sugiro a aquisição da licença de estudante do Matlab, com um preço mais em conta para estudante (<https://www.mathworks.com/store/link/products/student/SV>), já com várias toolboxes incluídas no pacote, incluindo a de Processamento de Sinais (Signal Processing).

No momento da aquisição do pacote, que já vem com Matlab, Simulink e 10 toolboxes, incluindo a de Processamento de Sinais (Signal Processing), sugiro também a aquisição da Toolbox de **Identificação de Sistemas (System Identification)**, da qual vamos precisar neste curso. O preço de cada Toolbox, no momento da aquisição do pacote de estudante do Matlab, é de US\$6,00 apenas (é mais caro se comprar separado).

Referências complementares serão indicadas ao longo do semestre.

CALENDÁRIO (tentativo)

24 de março (aula 1)	24 de março (aula 2)	31 de março (aula 1)	31 de março (aula 2)
AULA Apresentação do Programa de Curso e Introdução (SLIDES)	AULA Introdução ao Matlab (Livro: MATLAB for neuroscientists, disponível via ebookcentral (disponibilizada pela BCE) - Capítulo 2 → link para o pdf do cap. 2 (SLIDES) → Aula gravada no semestre 2020/02 (a explicação do Matlab começa por volta de 43 mins)	AULA * Continuação * Tarefa 1 (Data de entrega: 14/04/2025, até 23:59 h, na sua pasta de "Assignments" (Tarefas) do Microsoft Teams da disciplina, em um único arquivo PDF legível). → Revisão matemática - Links externos (aulas dadas pelo prof. Adson Rocha, da FGA/UnB e ENE/UnB) • Revisão de funções trigonométricas. • Revisão de trigonometria 1, ângulos, radianos, graus. • Revisão sobre funções trigonométricas, círculo unitário. • Revisão de trigonometria 2, mais detalhes sobre as funções seno e cosseno.	AULA * Continuação *

7 de abril (aula 1)	7 de abril (aula 2)	14 de abril (aula 1)	14 de abril (aula 2)
AULA Introdução a biosinais e técnicas de medição, efeitos da conversão A/D, exemplos MATLAB (Livro texto - Semmlow, cap. 1) (SLIDES) Lista de exercícios 1 (Semmlow, 3ª edição): 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9 (a versão traduzida de cada questão da lista encontra-se no link acima). → É importante interpretar o que obtiveram e descrever o que aprenderam de novo em cada exercício (tanto em relação ao conceito tratado em cada exercício quanto a comandos novos aprendidos, de modo resumido, em linguagem acadêmica formal) (Data de entrega: 22/04/2025, até 23:59 h, na sua pasta de "Assignments" (Tarefas) do Microsoft Teams da disciplina, em um único arquivo PDF legível).	AULA * Continuação * • Mais informações sobre estatística e probabilidade, do livro DSP guide (cap. 2). • Mais informações sobre ADC e DAC, do livro DSP guide (cap. 3). TÓPICOS PARA O PROJETO DE FINAL DO CURSO. → Vejam que o primeiro prazo é dia 9/06/2025 para envio do título do tema escolhido e de uma breve descrição, além da escolha da base de dados a ser utilizada. Leia as instruções e observe o endereço da tabela a ser preenchida até o dia 9/06/2025.	AULA Amostragem, aliasing, função densidade de probabilidade, média e medidas de dispersão, quantização, relação sinal-ruído. (Livro texto - Semmlow, cap.1) (SLIDES) → Artigo: The physiological basis and measurement of heart rate variability in humans: (J Physiol Anthropol. 2016; 35: 22). → Artigo (há também link para a versão em português): Basic notions of heart rate variability and its clinical applicability (Braz J Cardiovasc Surg; 2009; 24(2):205-217).	AULA Medições de biosinais, ruído e análise (Livro texto - Semmlow, cap.2) (SLIDES) • Intuitive Guide to Angles, Degrees and Radians: um outro modo de ver a diferença entre graus e radianos na medida de ângulos. • Intuitive understanding of sine waves: a explicação do site não é técnica, mas as animações e figuras são bem feitas. • Capítulo 3 (Heart Rate Variability) do livro online: Science of the heart: exploring the role of the heart in human performance. An overview of research conducted by the HeartMath Institute.

21 de abril	28 de abril (aula 1)	28 de abril (aula 2)	5 de maio (aula 1)
Tiradentes (feriado nacional) • A visual, intuitive guide to imaginary numbers: uma outra forma de visualizar números imaginários, como uma rotação de 90°. • Intuitive arithmetic with complex numbers: números também podem ter 2 dimensões, se forem complexos. Esta é a grande utilidade de números complexos. • Understanding Why Complex Multiplication Works: uma outra forma de visualizar a multiplicação de números complexos. → Caps. do livro Heart rate variability, de Malik M, Camm AJ (eds), Futura, Armonk, NY, 1995: - Cap. 5: Cerutti S, Bianchi AM, Mainardi LT (1995) Spectral analysis of the heart rate variability signal. pp 63-74 - Cap. 6: Kamath, Markad V. and Fallen, Ernest L., Correction of the heart rate variability signal for ectopics and missing beats. pp 75-85.	AULA Correlação e funções de base, covariância, autocorrelação e correlação cruzada, autocovariância e covariância cruzada (Livro texto - Semmlow, cap.2) (SLIDES) (Slides Pan-Tompkins) - Aula virtual sobre como usar o CRSIDLab (importante para a tarefa 2): https://drive.google.com/file/d/17QIX-bq2Fe5cyd8Kz8BUKaRqJwvJr7rz/view?usp=sharing Tarefa 2 (Data de entrega: 26/05/2025, até 23:59 h, na sua pasta de "Assignments" (Tarefas) do Microsoft Teams da disciplina, em um único arquivo PDF legível. - Desconto de 1 pt por hora de atraso. Link para o CRSIDLab 2.0 (veja	AULA * Continuação * → Aulas em português sobre VFC/HRV do canal Manual de Fisiologia Humana : • Variabilidade da frequência cardíaca • Métodos lineares - domínio do tempo → Seminário Heart Rate Variability (Partes 1, 2 e 3) dada pelo Dr. Andrew Ahn da Harvard Medical School: • Part 1/5 - HRV: Physiology & Methods • Part 2/5 - HRV: Clinical Use & Factors that Influence HRV • Part 3/5 - HRV: Epidemiological Studies and Non-Linear Dynamics • Heart rate variability:	AULA * Continuação * (Livro texto - Semmlow, 3a ed., cap. 2) (SLIDES) Lista de exercícios 2 (Semmlow, 3ª edição): 2.6, 2.7, 2.8, 2.14, 2.20 (a versão traduzida de cada questão da lista encontra-se no link acima) (Livro texto - Semmlow, cap. 2) (Data de entrega 19/05/2025, até 23:59 h, na sua pasta de "Assignments" (Tarefas) do Microsoft Teams, em um único arquivo PDF legível). → Artigo: Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use (artigo clássico, sempre citado) → Artigo: An introduction to heart rate variability: methodological

	o tutorial do CRISDLab nesta pasta) Manual do CRISDLab 2.0 •	physiology, methodology and experimental possibilities - palestra dada pelo pesquisador Daniel Quintana. Apresenta alguns cuidados na análise e interpretação dos dados de HRV.	considerations and clinical applications (Front. Physiol., 2015) - Inclui referências a vários artigos importantes na área, devidamente contextualizados. → Curso: Vital Signs: Understanding What the Body Is Telling Us (University of Pennsylvania) → Tese: Signal processing methods for heart rate variability (Ph.D thesis - Gari D. Clifford) → Artigo: Heart Rate Variability (HRV) Analysis: A Methodology for Organizational Neuroscience (Organizational Research Methods, 2016). Apesar de ser uma aplicação bem diferente das mais tradicionais, este paper na área de neurociência organizacional faz um bom overview da área de variabilidade da frequência cardíaca (<i>heart rate variability</i>, HRV), com a citação de artigos importantes.
--	--	--	--

5 de maio (aula 2)	12 de maio (aula 1)	12 de maio (aula 2)	19 de maio (aula 1)
AULA * Continuação * → Artigo: Nocções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica (Vanderlei et al., Artigos de Revisão. Braz. J. Cardiovasc. Surg. 2009) → Artigo: Role of editing of R-R intervals in the analysis of heart rate variability (Mirja A. Peltola, Front. Physiol. 2012) → Artigo: Heart rate variability – a historical perspective (George E. Billman, Front. Physiol. 2011) → Artigo: The LF/HF ratio does not accurately measure cardiac symptho-vagal balance (George E. Billman, Front. Physiol. 2013) → Artigo: Everything Hertz: methodological issues in short-term frequency-domain HRV (James A. J. Heathers, Front. Physiol. 2014)	Apresentação 01 (apresentação dos exemplos do livro por cada aluno, definidos na tabela) → Artigo: Diabetic autonomic neuropathy (Diabetes Care, 2003) → Capítulo: Kuusela T. (2012). Methodological aspects of heart rate variability analysis. In Kamath M., Watanabe M. M., Upton A. (Eds.), Heart rate variability (HRV) signal analysis: Clinical applications (pp. 10–42). London: CRC Press. → Artigo/opinião: Sympathovagal balance from heart rate variability: time for a second round? (Trata-se, na verdade, de uma resposta dos autores a uma crítica à metodologia que eles defendem. A resposta está extremamente bem embasada e contextualizada, com várias referências importantes na área. Vale a pena a leitura, e depois pesquisa às referências citadas.)	AULA * Continuação * Lista de exercícios 3 (Semmlow, 3ª edição): 2.24, 2.31, 2.35, 2.36 (a versão traduzida de cada questão da lista encontra-se no link acima) (Data de entrega: 2/06/2025, até 23:59 h, na sua pasta de "Assignments" (Tarefas) do Microsoft Teams da disciplina, em um único arquivo PDF legível). Arquivos.m: aula6_1.m, aula6_2.m, aula6_3.m, aula6_4_ TesteWalsh.m, aula6_5 ResolucaoExercicioSli de34 Poularikas, aula6_6 ResolucaoExemplosLivroEugeneBruce.m Resolução do exercício proposto na aula sobre funções de base e outros exemplos. Exemplo de auto-covariância (do livro de Eugene Bruce)	AULA A transformada discreta de Fourier e sua inversa, conceitos e exemplos introdutórios (Livro texto - Semmlow, cap.3) (SLIDES) aula08_1.m, aula08_2.m, aula08_3.m (Livro texto - Semmlow, cap.3) ExemploOndaQuadrada_Aula08_1.m Link para EEGs Link para tabela com sujeitos por grupo

19 de maio (aula 2)	26 de maio (aula 1)	26 de maio (aula 2)	2 de junho (aula 1)
AULA * Continuação * A transformada de Fourier e os fenômenos de <i>aliasing</i>, janelamento e vazamento espectral (Livro texto - Semmlow, cap.3) Tarefa 3 (Tutorial EEG - Parte I e Parte II) (Data de entrega: 20/06/2025, até 23:59 h, na sua pasta de "Assignments" (Tarefas) do Microsoft Teams, em um único arquivo PDF legível). • An Interactive Guide To The Fourier Transform: explica que uma transformação, como a transformada de Fourier, é uma mudança de perspectiva a respeito de uma quantidade, fazendo uma analogia com uma receita.	AULA * Continuação * Link para Tutorial EEG - Parte I Link para Tutorial EEG - Parte II (atualizado) Análise Espectral e EEG (do site Sapien Labs): - Brain Waves, Sine Waves and the Fourier Transform (Narayan P Subramaniyam, Sept. 23, 2018). - Factors that Impact Power Spectral Density Estimation (Narayan P Subramaniyam, Jan. 8, 2018) – Com código Matlab ao final do post. - The Blue Frog in the EEG: Alpha, beta, gamma what? Spectral decomposition of the EEG signal may lose critical information. (Tara Thiagarajan, April 16, 2017) - Pitfalls of Filtering the EEG Signal (Narayan P Subramaniyam, Nov. 12, 2018) - The Remarkable Inconsistency of EEG Frequency Band Definitions	AULA * Continuação * Análise Espectral e EEG (do site Sapien Labs): - The Slope of the Power Spectrum: An important metric in EEG (Sapien Labs, Oct. 20, 2020) - Characterizing Peaks in the EEG Power Spectrum (D. Parameshwaran and T. C. Thiagarajan (2019) Biomed. Phys. Eng. Express, vol. 5, n.4. DOI 10.1088/2057-1976/ab29d0) - Factors that Impact Coherence in the EEG (Narayan P Subramaniyam, Dec. 3, 2018) - Assessing Connectivity with Phase Locking Value (Narayan P Subramaniyam, Jan. 6, 2019) - What Does the EEG Signal Measure? (Sapien Labs, Oct.21, 2016) - Three Tutorials in EEG Analysis (Sapien Labs, June 15, 2020)	AULA Fontes de erro em estimadores espectrais (<i>aliasing</i>, vazamento espectral e baixa relação sinal-ruído); Densidade espectral de potência; Periodograma. O teorema de Parseval. (SLIDES) Lec3_length_U_fft adaptado.m Demo do Matlab: "Lec3_length_Suu.m", disponível em: https://ocw.tudelft.nl/course-lectures/system-identification-parameter-estimation-impulse-and-frequency-response-functions/, no arquivo zipado ao final da página: Lecture3_examples.zip. Curso: System Identification and Parameter Estimation da TU Delft. Aulas interessantes para nosso curso: aula 2: https://ocw.tudelft.nl/course-lectures/system-identification-parameter-estimation-correlation-functions-in-time-and-frequency-domain/ e aula 3: https://ocw.tudelft.nl/courses/system-identifi

	(Jennifer J Newson, Sep. 2, 2018) – Publicação: EEG Frequency Bands in Psychiatric Disorders: A Review of Resting State Studies	- The EEG from infancy to adulthood (Jennifer J Newson, Nov. 26, 2017) - Non Sinusoidal and Non Stationary Properties of Neural Signals (Narayan P Subramaniam, Oct. 8, 2018) - What's New in the EEG LAB Signal Processing Platform (Arnaud Delorme, Feb. 17, 2020)	cation-and-parameter-estimation/subjects/mpulse-frequency-response-functions/ → Capítulo: Kuusela T. (2012). Methodological aspects of baroreflex sensitivity analysis. In Kamath M., Watanabe M. M., Upton A. (Eds.), Heart rate variability (HRV) signal analysis: Clinical applications (pp. 43–58). London: CRC Press.
--	--	--	---

2 de junho (aula 2)	9 de junho (aula 1)	9 de junho (aula 2)	16 de junho (aula 1)
AULA * Continuação * Lista de exercícios 4 (Semmlow, 3ª edição): 3.5, 3.11, 3.13, 3.17, 3.33 (a versão traduzida de cada questão da lista encontra-se no link acima) (Livro texto - Semmlow, cap. 3) (Data de entrega: 16/06/2025, até 23:59 h, na sua pasta de "Assignments" (Tarefas) do Microsoft Teams da disciplina, em um único arquivo PDF legível). Arquivos do cap. 3 do livro texto do Semmlow (que estão faltando no site do livro)	AULA Sinais não-uniformemente amostrados, interpolação e reamostragem, aplicação ao sinal de VFC/HRV (SLIDES) Tarefa 4 ((Data de entrega: 30/06/2025, até 23:59 h, na sua pasta de "Assignments" (Tarefas) do Microsoft Teams, em um único arquivo PDF legível). Implementação no Matlab dos métodos de interpolação linear, spline cúbica e Berger (atualizado) Função interpolação de Berger (colocar no mesmo diretório do programa acima). Tutorial do CRSIDLab Tutorial do CRSIDLab 2.0	AULA * Continuação * → Artigo: Jo et al. Model-based Assessment of Autonomic Control in Obstructive Sleep Apnea Syndrome during Sleep. Am Respir Crit Care Med (2003), vol. 167, pp. 128-136	AULA Sinais não-uniformemente amostrados, interpolação e reamostragem, aplicação ao sinal de VFC/HRV. Análise da relação entre pares de sinais fisiológicos: Coerência espectral, função de transferência, exemplos MATLAB (Livro texto - Semmlow, cap.3) (SLIDES) Manual do CRSIDLab 2.0

16 de junho (aula 2)	23 de junho (aula 1)	23 de junho (aula 2)	30 de junho (aula 1)
AULA Estimação da Função de Transferência (FRF - Frequency Response Function) usando os conceitos de auto-correlação e correlação cruzada no domínio da frequência (funções densidade espectral de potência e de potência cruzada, respectivamente); medida de coerência; identificação de sistemas fisiológicos no domínio do tempo; exemplos (SLIDES) - Função cpsd do Matlab: <code>pxy = cpsd(x,y)</code> estimates the cross power spectral density (CPSD) of two discrete-time signals, x and y, using Welch's averaged, modified periodogram method of spectral estimation. - Função mscohere do Matlab: <code>cxy = mscohere(x,y)</code> finds the magnitude-squared coherence estimate, cxy, of the input signals, x and y. <code>cxy = mscohere(x,y>window)</code> uses window to divide x and y into segments and perform windowing. You must use at least two segments. Otherwise, the magnitude-squared coherence is 1 for all frequencies. - Função tfestimate do Matlab: <code>txy = tfestimate(x,y)</code> finds a transfer function estimate between the input signal x and the output signal y evaluated at a set of frequencies.	AULA • Intuitive Guide to Convolution: uma visualização por analogia da operação de convolução.	AULA * Continuação * Os sinais de eletrocardiograma, pressão arterial contínua e respiração; conceitos envolvidos na análise espectral destes sinais (SLIDES) Links para aula do semestre anterior: Parte 1 - Finalização da aula passada sobre função de transferência e coerência (primeira metade da aula) e início da descrição dos sinais estudados na disciplina (ECG, respiração, pressão arterial contínua), AULA Parte 2 - Finalização de detalhes acerca do processamento dos sinais de ECG, respiração e pressão arterial contínua e início do capítulo sobre filtros. O capítulo sobre filtros é o assunto da Lista de exercícios 5.	AULA Apresentação 02 (Livro texto - Semmlow, cap.4) (Livro texto - Semmlow, cap.5) Redução de ruídos e filtros digitais; ensemble averaging; função de transferência discreta; filtros digitais FIR e IIR (Livro texto - Semmlow, cap.4) e exemplos Matlab; modelo AR para a estimação espectral (Livro texto - Semmlow, item 5.1) (SLIDES) Lista de exercícios 5 ← link para tradução das questões (Semmlow, 3ª edição): 4.14, 4.15, 4.19, 4.20, 4.24 (Data de entrega: 21/07/2025, até 23:59 h, na sua pasta de "Assignments" (Tarefas) do Microsoft Teams, em um único arquivo PDF legível). Tarefa 5 ((Data de entrega: 25/07/2025, até 23:59 h, na sua pasta de "Assignments" (Tarefas) do Microsoft Teams, em um único arquivo PDF legível).

30 de junho (aula 2)	7 de julho (aula 1)	7 de julho (aula 2)	14 de julho (aula 1)
AULA * Continuação *	AULA Implementação da função de transferência no domínio da frequência; implementação no domínio do tempo; implementação de filtros FIR e IIR; contextualização dos exercícios da lista 5 (SLIDES)	AULA * Continuação * Links para aula do semestre anterior: Parte 1 (O que são e como implementar filtros FIR no Matlab - Assunto da lista de exercícios 5) , Parte 2 (O que são e como implementar filtros IIR no Matlab - finalização do assunto da lista de exercícios 5 ; detalhes sobre a pontuação das apresentações dos Projetos Finais)	AULA Apresentação de Projetos Finais (20 mins de apresentação por grupo)

14 de julho (aula 2)
AULA Apresentação de Projetos Finais (20 mins de apresentação por grupo) - Continuação

Tópicos do trabalho escrito de reposição (para os que ultrapassarem 25% de faltas no semestre, isto é, que tiverem 7 ou mais faltas às aulas) - Escolha 1 exercício para cada dia excedente dos 25% de faltas permitidas (prazo: 25/07/2025):

- Exercícios referentes ao [Capítulo 8](#) do livro "Physiological control systems", 2a edição, de Michael C. K. Khoo.
 - 1) P8.1; P8.2; P8.3;
 - 2) P8.4; P8.5; P8.6;
- Exercícios referentes ao [Capítulo 9](#) do livro "Physiological control systems", 2a edição, de Michael C. K. Khoo.
 - 3) P9.1; P9.2; P9.3;
 - 4) P9.4;
- Exercícios referentes ao [Capítulo 5](#) do livro "Biosignal and medical image processing", 3a edição, de John L. Semmlow, Benjamin Griffel
 - 5) 5.1; 5.2; 5.3; 5.4;
 - 6) 5.5; 5.6; 5.7; 5.8;
 - 7) 5.9; 5.10; 5.11; 5.12; 5.13;
 - 8) 5.14; 5.15; 5.16; 5.17;
 - 9) 5.18; 5.19; 5.20; 5.21;
 - 10) 5.22; 5.23; 5.24; 5.25;
 - 11) 5.26; 5.27.