



Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro Tecnológico  
Departamento de Engenharia Química e  
Engenharia de Alimentos



## Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

### PLANO DE ENSINO TRIMESTRE 2024.3

#### I. IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA

Código	Nome da disciplina	Créditos	Período
ENQ410031	Planejamento de Experimentos e Estimação de Parâmetros	03	02

#### II. PROFESSOR MINISTRANTE

Bruno Francisco Oechsler

#### III. TUTOR

N/A

#### IV. PRESENÇA NAS ATIVIDADES SÍNCRONAS

Registrada no Moodle.

#### V. CURSO E PÚBLICO-ALVO

Mestrado/Doutorado em Engenharia Química

#### VI. EMENTA

Fundamentos de Estatística: Conceitos de Probabilidade, Média e Variância; Modelos de Distribuição de Probabilidades; Inferência Amostral: Média, Variância, Intervalos de Confiança e Comparação entre Grandezas Amostrais; Região de Confiança. Estimação de Parâmetros: Método da Máxima Verossimilhança; Incerteza Paramétrica e de Predição. Procedimentos Numéricos para Estimação de Parâmetros: Métodos Determinísticos e Heurísticos; Cálculo Numérico de Regiões de Confiança. Introdução ao Planejamento de Experimentos: Planos Fatoriais e Ortogonalidade, Planos Fatoriais Completos e Fracionados.

#### VII. OBJETIVOS

Proporcionar o conhecimento de técnicas e ferramentas estatísticas para análise de dados experimentais. Apresentar técnicas numéricas para estimação de parâmetros, análise de incertezas paramétrica e de predição de modelos lineares e não-lineares em parâmetros. Apresentar técnicas e ferramentas estatísticas de Planejamento Experimental Fatorial e Fracionado.

#### VIII. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

1. Princípios Básicos de Estatística;
2. Modelos de Distribuição de Probabilidade;
3. Inferência Amostral e Testes Estatísticos;
4. Região de Confiança em Problemas Multidimensionais;
5. Planejamento de Experimentos;
6. Estimação de Parâmetros: Método da Máxima Verossimilhança;

7. *Interpretação Estatística dos Dados Estimados;*
8. *Procedimentos Numéricos para Estimação de Parâmetros;*
9. *Cálculo Numérico de Regiões de Confiança.*

## **IX. METODOLOGIA DE ENSINO / FORMA DE TRABALHO**

*O programa da disciplina será desenvolvido através de aulas expositivas dos conteúdos teóricos e apresentação de exemplos usando o software Statística® e códigos computacionais escritos em Python.*

## **X. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO**

*A avaliação será constituída por:*

1. *Entrega de Exercícios (NE): Peso 0,30*
2. *Projeto de disciplina: Os estudantes deverão desenvolver um projeto envolvendo os temas da disciplina. O tema do projeto deve ser definido previamente em comum acordo com o professor. Os estudantes poderão usar seus próprios dados experimentais ou de artigos, dissertações e teses disponíveis na literatura técnico-científica. O projeto será constituído pelas seguintes etapas:*
  - *Pré-Projeto (NP1): Nesta etapa, o projeto a ser realizado deverá ser caracterizado e disponibilizado na forma de relatório no Moodle-UFSC (Peso: 0,20);*
  - *Resultados e Discussões (NP2): Nesta etapa, os resultados e discussões devem ser apresentados na forma de relatório final, que também deve ser disponibilizado no Moodle-UFSC (Peso: 0,50).*
3. *O projeto será desenvolvido por grupos de dois alunos e o documento com a memória de cálculo e com as simulações deverá ser disponibilizado no Moodle-UFSC para avaliação e discussão. O documento deverá ser disponibilizado em duas etapas. Na 1ª etapa, após a caracterização do projeto a ser realizado e na 2ª etapa, após a análise de dados e discussão de resultados.*
4. *O conceito final será calculado pela média ponderada das notas do projeto e da participação nos seminários de apresentação e defesa do projeto, assim como a entrega de exercícios.*

## **XI. CRONOGRAMA**

*Programação para cada aula:*

*A disciplina será ministrada às segundas (13h10-15h) e quartas (15h10-17h).*

*30/09/2024 (1): Apresentação da Disciplina. Método Científico, Determinismo e Aleatoriedade; Conceitos de Probabilidade e Média; Propriedades da Média.*

*02/10/2024 (1): Conceitos de Espalhamento, Variância e Covariância; Propriedades da Variância; Distribuição de Probabilidades, Média e Variância para Variáveis Contínuas.*

*07/10/2024 (2): Modelos de Distribuição de Probabilidades: Distribuição Uniforme, Binomial, Exponencial, Normal e Log-Normal. Distribuições de Probabilidade Multidimensionais.*

*09/10/2024 (3): Média e Variância Amostral; Distribuições e Intervalos de Confiança de Grandezas Amostrais*

*14/10/2024 (3): Procedimento de Monte Carlo; Comparação entre Grandezas Amostrais: Distribuição t de Student; Distribuição Chi-Quadrado; Distribuição F de Fisher;*

*16/10/2024 (3): Testes de Hipóteses para Média e Variância.*

*21/10/2024 (4): Região de Confiança em Problemas Multidimensionais: Análise de Valores e Vetores Característicos; Análise de Componentes Principais (PCA).*

*23/10/2024 (5): Introdução ao Planejamento de Experimentos: Planos com Único Fator; Planos com Blocos Completos; Análise de Variância (ANOVA);*

**28/10/2024: Feriado (Dia do Servidor Público)**

*30/10/2024 (5): Planejamento Fatorial: Dois fatores ( $2^2$ ); Três fatores ( $2^3$ ); Planejamento Fatorial com Blocos; Análise de Variância (ANOVA);*

*04/11/2024 (5): Planejamento Fatorial com Pontos Centrais; Planejamento Fatorial ( $2^k$ ); Análise de Variância (ANOVA);*

*06/11/2024 (5): Planejamento Fatorial: Exemplos ilustrativos usando o Statística;*

11/11/2024 (5): Superfície de Resposta; Planejamento Composto Central Rotacional; Planos Fatoriais Fracionados;  
13/11/2024 (5): Planejamento Fatorial: Exemplos Ilustrativos usando o Statistica;  
18/11/2024 (6): Estimação de Parâmetros: Definição da Função Objetivo; Método da Máxima Verossimilhança aplicado a Modelos Lineares nos Parâmetros  
**20/11/2024: Feriado (Dia da Consciência Negra)**  
25/11/2024 (6): Estimação de Parâmetros: Método da Máxima Verossimilhança aplicado a Modelos Não-Lineares nos Parâmetros  
27/11/2024 (7): Interpretação Estatística dos Dados Estimados: Significância Estatística da Função Objetivo; Análise de Incerteza e Correlação Paramétrica.  
02/12/2024 (7): Interpretação Estatística dos Dados Estimados: Análise da Incerteza de Predição.  
04/12/2024 (7): Interpretação Estatística dos Dados Estimados: Exemplos Ilustrativos.  
09/12/2024 (8): Procedimentos Numéricos: Métodos Determinísticos (Método do Gradiente, Método de Newton; Método de Gauss-Newton)  
11/12/2024 (8): Procedimentos Numéricos: Métodos Heurísticos (Enxame de Partículas). Cálculo Numérico de Regiões de Confiança. Estimação de Parâmetros: Exemplos Ilustrativos usando o Pacote Computacional Estima.  
16/12/2024: Apresentação de Seminários  
18/12/2024: Apresentação de Seminários  
20/12/2024: Entrega das notas

## XII. BIBLIOGRAFIA

- SCHWAAB, M.; PINTO, J.C. *Análise de Dados Experimentais I: Fundamentos de Estatística e Estimação de Parâmetros*. E-papers, Rio de Janeiro, 2007.
- SCHWAAB, M.; PINTO, J.C. *Análise de Dados Experimentais II: Planejamento de Experimentos*. E-papers, Rio de Janeiro, 2011.
- HIMMELBLAU, D.M., 1970. *Process Analysis by Statistical Methods*. John Wiley & Sons, Nova York, 1970.
- BARD, Y. *Nonlinear Parameter Estimation*. Academic Press Inc., San Diego, 1974.
- ENGLEZOS, P.; KALOGERAKIS, N. *Applied Parameter Estimation for Chemical Engineers*. Marcel Dekker Inc., Nova York, 2001.
- EDGAR, T.F.; HIMMELBLAU, D.M. *Optimization of Chemical Processes*. McGraw-Hill, Nova York, 1988.
- KENNEDY, J., EBERHART, Y.S. *Swarm Intelligence*. John Wiley & Sons, Nova York, 2004.
- MONTGOMERY, D.C., RUNGER, G.C. *Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros*. LTC, Rio de Janeiro, 2003.
- CALADO, V., MONTGOMERY, D.C. *Planejamento de Experimentos usando o Statistica*. E-papers, Rio de Janeiro, 2003.

---

**Prof. Dr. Bruno Francisco Oechsler**  
Docente da Disciplina

---

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Débora de Oliveira**  
Coordenadora do PósENQ