

TÓPICOS AVANÇADOS EM TRATAMENTO ESTATÍSTICO  
DE DADOS EXPERIMENTAIS (PGF5103)  
1º SEMESTRE DE 2023

Esta disciplina estará a cargo do Prof. Vito Vanin neste semestre e as aulas das 3as e 6as feiras, às 14 hs, serão na sala 2026 da Ala Central (sala de computadores). Estamos propondo um calendário de 15 semanas de aula. A parte interativa da aula deve ocupar cerca de 100 minutos, seguida (depois de um intervalo) por uma hora de seminário de estudantes ou atividade prática. Após o fim da aula, que deve ocorrer perto das 17 hs, permanecerei na sala até às 18 hs, a fim de atender dúvidas e responder questões de estudantes. O objetivo é cobrir todo o material do livro “Análise Estatística de Medidas em Ciências Exatas”, V.R. Vanin, P. Gouffon e O. Helene. Esse texto será distribuído aos estudantes por partes, ao longo do semestre, antes das aulas sobre seu conteúdo, de modo que possam estudar o material previamente às classes. Cada capítulo do livro contém uma seleção de questões e problemas, cuja solução (de todos eles) deve ser tentada.

Claro que você pode usar qualquer programa de computação para cumprir as atividades e resolver os problemas propostos. No entanto, somente uma linguagem de programação de alto nível usada *com proficiência* permitirá obter a solução no *tempo disponível*. Por isso, durante as primeiras quatro semanas de aula, ocuparemos os horários dos seminários com aulas básicas sobre o programa Mathematica, que dá conta de todas as tarefas de cálculo propostas na disciplina e para a grande maioria dos trabalhos de análise e redução de dados experimentais. Como estudante da USP, você tem direito a uma licença para uso pessoal e outra para uso institucional, que devem ser obtidas entrando em contato com o STI da USP – acesse <https://servicos.sti.usp.br/licencas-de-software-institucionais/>. Nesse site, navegue até o menu para “Solicitar Software Institucional” e não dê bola para o aviso que “só vale para instalações dentro dos campi da USP”, que não se aplica ao Mathematica Student. Depois, preencha os formulários e siga as instruções. Você precisa estar com seu email @usp.br ativo, uma vez que ele o identifica para usar a licença institucional.

Cada estudante deverá apresentar dois seminários relacionados com o trabalho final do curso, que pode ser individual ou em equipe com dois integrantes. O primeiro seminário se destina a delinear o projeto e discuti-lo com a/os colegas, e o segundo a apresentar o trabalho realizado e suas conclusões. O tema do seminário deve lidar de preferência com um aspecto de tratamento de dados relacionado com seu trabalho de pesquisa; fornecerei temas para quem não tiver nenhum adequado. A ideia é que cada um defina comigo o assunto do trabalho. Os períodos propostos para esses dois seminários estão no calendário. A fim de evitar atraso na programação dos seminários, precisamos começar cedo, por isso gostaria de acertar os temas até o fim do mês de março.

A média final será calculada como  $MF = \frac{A+2P+2S}{5}$ , em que  $A$ ,  $P$  e  $S$  representam as notas médias das atividades de aplicação, provas e seminários, respectivamente.

Abaixo, segue um resumo do conteúdo que desenvolveremos ao longo do semestre.

Objetivo do curso: Desenvolver técnicas de tratamento estatístico de dados experimentais bem como apresentar e demonstrar suas propriedades gerais, usando o formalismo da teoria de probabilidade aplicada à inferência estatística. A/O estudante deverá, após o curso, ser capaz de tratar de forma rigorosa seus dados e, quando necessário, aprofundar seus conhecimentos e resolver problemas complexos.

PROGRAMA: Revisão dos métodos de análise de medidas de uma grandeza, no caso de dados gaussianos e no caso geral, funções de probabilidade de  $\chi^2$ ,  $t$  de Student e  $F$  de Fisher; revisão dos métodos de ajuste de parâmetros; covariância e correlação entre grandezas, funções densidade de probabilidade das estimativas. Propagação de incertezas e determinação de outras propriedades dos estimadores em geral, analiticamente ou por simulação. Teoria da Probabilidade e fundamentação dos métodos de inferência estatística; intervalos de confiança paramétricos e não paramétricos. Os métodos da Máxima Verossimilhança e dos Mínimos Quadrados, propriedades desses estimadores e limites de aplicabilidade. Método matricial de ajuste de parâmetros de funções (lineares ou não) com dados correlacionados; inclusão de vínculos lineares entre os parâmetros. Exemplos, aplicações, simulações e algoritmos estão dispersos ao longo do curso.

#### Outros Livros:

O. Helene e V.R. Vanin, “Tratamento Estatístico de Dados em Física Experimental”, Edgard Blucher, 2ª ed. (1991).

Vuolo, J.H., “Fundamentos da Teoria de Erros”. 2ª edição. Edgard Blücher: São Paulo (1995)

O. Helene – “Método dos Mínimos Quadrados com Formalismo Matricial”, Editora Livraria da Física, 2ª edição, 2013

W.T. Eadie, D. Drijard, F.E. James, M. Roos e B. Sadoulet, “Statistical Methods in Experimental Physics” Amsterdam: North Holland (1971).

N.R. Draper e H. Smith – “Applied Regression Analysis”, John Wiley & Sons, 3ª edição, (1998)

#### Textos na internet:

##### *Revisões do Particle Data Group*

<https://pdg.lbl.gov/2022/reviews/rpp2022-rev-statistics.pdf>

<https://pdg.lbl.gov/2022/reviews/rpp2022-rev-probability.pdf>

<https://pdg.lbl.gov/2022/reviews/rpp2022-rev-monte-carlo-techniques.pdf>

##### *A orientação geral do BIPM*

BIPM - Joint Committee for Guides in Metrology, “GUM: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement” e “VIM: International Vocabulary of Metrology”, disponível em: [www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html](http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html)

## PGF5103 – Tratamento Estatístico de Dados

### Calendário – 1º semestre de 2023

Abaixo, os títulos dos assuntos programados para cada aula, de forma sucinta a fim de dar espaço para desenvolvê-los nas direções definidas na interação entre os participantes da classe. Um total de 11 horas está previsto para estudar o programa Mathematica, no horário dos seminários e concentradas no primeiro mês letivo

14/3 1ª aula: Cap. 1, Conceitos Gerais

Seminário: *Mathematica*: linguagem básica

17/3 2ª aula: Cap. 1, Conceitos Gerais; Cap. 2, funções de probabilidade binomial e Poisson

Seminário: *Mathematica*: linguagem básica

21/3 3ª aula: Cap. 2, funções de probabilidade Normal

Seminário: *Mathematica*: funções estatísticas básicas

24/3 4ª aula: Cap. 2, funções de probabilidade, conclusão

Seminário: *Mathematica*: funções estatísticas básicas

28/3 5ª aula: Cap. 3, Análise de medidas simples, primeira parte

Seminário: *Mathematica*: programação básica

31/3 6ª aula: Cap. 3, Análise de medidas simples, conclusão

Seminário: *Mathematica*: programação básica

3 a 7/4 Recesso, não haverá aula

11/4 7ª aula: Cap. 4, Ajuste de Parâmetros lineares, modelo teórico

Seminário: *Mathematica*: Entrada de dados

14/4 8ª aula: Cap.4, Ajuste de Parâmetros lineares, exemplos

Seminário: *Mathematica*: ajuste de modelos lineares e não-lineares

18/4 9ª aula: Cap. 5 – Inferência estatística – erros tipo I e tipo II, teste  $t$

Seminário: 1º Seminário, grupos 1, 2 e 3

21/4 Feriado, não haverá aula

25/4 10ª aula Cap. 5 – Inferência estatística – teste de hipótese, teste  $F$

Seminário: 1º seminário, grupos 4, 5 e 6

28/4 11ª aula: Cap. 5 – Inferência estatística – teste de hipótese, conclusão

Seminário: *Mathematica*: modularização do programa por meio de funções

2/5 12ª aula Cap.6 Teoria da probabilidade, primeira parte

Seminário: 1º seminário, grupos 7, 8 e 9

5/5: espaço para tópicos que precisem de reforço

Seminário: 1º seminário, grupos 10,11,12

9/5: 13ª aula: Cap. 6. Teoria da Probabilidade

Seminário: espaço para completar adequadamente o 1º seminário de todos

12/5: 14ª aula: Cap. 6. Teoria da Probabilidade – conclusão

Seminário: *Mathematica*: modularização do programa por meio de packages

16/5 15ª aula Cap.7 Probabilidade e estimação. O limite mínimo de variância

Seminário: Atividade de aplicação #1 – proposição

19/5 16ª aula: Cap.7. Probabilidade e estimação – conclusão.

Seminário: Atividade de aplicação #1 – conclusão

23/5 17ª aula: Cap.8 Teoria do Método dos Mínimos Quadrados – MMQ

Seminário: *Mathematica* – operações com strings

26/5 18ª aula: Cap.8 A construção de matrizes de planejamento em casos concretos

Seminário: Atividade de aplicação #2 - proposição

30/5 19ª aula: Cap.9, teoria do método da máxima verossimilhança

Seminário: Atividade de aplicação #2 - conclusão

2/6 20ª aula: Cap.9, exemplo de aplicação de máxima verossimilhança

Seminário: 2º seminário, grupos 1, 2 e 3

6/6 21ª aula: Cap.9, Método de Gauss-Marquardt; Exemplo de aplicação do MMQ com parâmetros não-lineares

9/6 Recesso, não haverá aula

13/6 22ª aula: MMQ quando os parâmetros são solução de uma equação diferencial

16/6 23ª aula: Determinação do grau do polinômio

20/6 Seminários

23/6 Seminários

27/6 Prova

30/6 Seminários

4/7 Seminários

7/7 Seminários

11/7 Seminários