

**PEF5734 – Fundamentos das Estruturas de Aço**  
**Prof. Eduardo M. B. Campello**

**OBJETIVOS:** Apresentar os fundamentos da teoria de barras de Vlasov para perfis de seção transversal aberta e paredes delgadas, e suas aplicações à análise linear de estruturas de aço. Apresentar uma introdução à teoria de barras geometricamente exata, sua particularização para barras de seção aberta e paredes delgadas, e suas aplicações à análise não linear de estruturas de aço (formulação teórica e solução através do método dos elementos finitos). Determinação de cargas críticas de estabilidade global em estruturas de aço. Comparação de resultados entre a teoria de Vlasov e a teoria geometricamente exata. Análise do regime pós-crítico.

*This course presents the fundamentals of Vlasov's rod theory for the analysis of thin-walled open section members, and its application to the linear analysis of steel structures. It also presents the fundamentals of the geometrically exact rod theory, its particularization to thin-walled open section rods, and its application to the nonlinear analysis of steel structures (theoretical formulation and finite element solution). The computation of global buckling loads in steel structures is fully exploited. A comparison of results between Vlasov's theory and the geometrically exact theory is conducted. Analysis of post-buckling behavior.*

**JUSTIFICATIVA:** Trata-se de uma disciplina que envolve aspectos teóricos fundamentais para a análise e o projeto de estruturas de aço, sendo essencial para a compreensão dos critérios de dimensionamento de estruturas de aço atualmente empregados pelas normas técnicas de todo o mundo. A utilização de uma teoria geometricamente exata para a análise não linear dessas estruturas permite um estudo acurado de sua deslocabilidade lateral e estabilidade, aspectos muito importantes em estruturas apertadas de aço. A abordagem por meio do método dos elementos finitos e da análise não linear permite que o aluno tenha contato com técnicas que são o estado da arte na análise de estruturas.

*This course deals with theoretical aspects that are of utmost importance to the analysis and design of framed steel structures. The topics covered are fundamental to the understanding of the structural behavior of thin-walled open section members, and the corresponding design criteria currently in use in all design codes throughout the world. The use of a geometrically exact rod theory for the nonlinear analysis of such structures allows for an accurate study of its lateral displacements and overall stability, which are crucial aspects in most framed steel structures. The approach by means of the finite element method and nonlinear analysis allows the student to familiarize with state-of-the-art techniques in advanced structural analysis.*

**CONTEÚDO (EMENTA):**

- Torção uniforme. Teoria de Saint-Venant.
- Teoria de barras de Vlasov. Determinação de deslocamentos, tensões e esforços solicitantes em barras isoladas de seção transversal aberta e paredes delgadas. Cálculo de cargas críticas de barras isoladas.
- Vigas. Instabilidade por flambagem lateral. Condições de vínculo. Exemplos.
- Pilares. Instabilidade por flexão, torção e flexotorção. Condições de vínculo. Exemplos.
- Teoria geometricamente exata de barras, e sua particularização para barras de seção transversal aberta e paredes delgadas. Solução pelo método dos elementos finitos. Obtenção de cargas críticas (análise não linear de estabilidade). Estudo do regime pós-crítico (grandes deslocamentos e grandes rotações).
- Exemplos. Comparação de resultados entre a teoria de Vlasov e a teoria geometricamente exata. Aplicação a estruturas apertadas planas e tridimensionais.
- Concepção de travamentos.
- Condições normativas.

**COURSE OUTLINE:**

- *Uniform torsion of rods. Saint-Venant's torsion theory.*
- *Vlasov's rod theory. Computation of displacements, stresses and stress resultants in thin-walled open section members. Determination of buckling loads for isolated members.*
- *Beams. Lateral instability. Support conditions. Examples.*
- *Columns. Flexural, lateral and torsion buckling instabilities. Support conditions. Examples.*
- *Geometrically exact rod theory. Particularization to thin-walled open section rods. Finite element solution. Computation of critical loads (nonlinear stability analysis). Post-critical analysis (large displacements and rotations).*
- *Examples. Comparison of results between Vlasov's rod theory and the geometrically exact rod theory. Application to framed 2D and 3D steel structures.*
- *Bracings.*
- *Review of some design codes' criteria.*

**BIBLIOGRAFIA:**

- Fruchtengarten, J. Notas de aula, 2008.
- Fruchtengarten, J. *Sobre a estabilidade de perfis de seção aberta*. Tese de doutoramento. EPUSP, São Paulo, 1995.
- Campello, E.M.B. *Análise não linear de perfis metálicos conformados a frio*. Dissertação de mestrado. EPUSP, São Paulo, 2000.
- Bazant, Z.P.; Cedolin, I. *Stability of Structures: Elastic, Inelastic, Fracture and Damage Theories*. World Scientific, Singapore, 2010.
- Reis, A.; Camotim, D. *Estabilidade Estrutural*. McGraw-Hill, Lisboa, 2001.
- Vlasov, V.Z. *Thin Walled Elastic Beams* (2nd ed. rev. and augm., translated from Russian). Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 1961.
- Ziemien R.D. (Ed.) *Guide to Stability Design Criteria for Metal Structures* (6<sup>th</sup> ed.) John Wiley & Sons, Hoboken, 2010.
- Salmon, C.G.; Johnson, J.E.; Malhas, F.A. *Steel structures: Design and Behaviour*. Prentice Hall, New York, 2009.
- Timoshenko S.; Gere, J.M. *Theory of Elastic Stability*. McGraw-Hill, New York, 1961.
- ABNT NBR 8800:2008. *Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios*.
- ABNT NBR 14762:2010. *Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio*.

**BIBLIOGRAPHY:**

- Fruchtengarten, J. Notas de aula (course's handout), 2008.
- Fruchtengarten, J. *Sobre a estabilidade de perfis de seção aberta*. Tese de doutoramento (doctoral thesis). EPUSP, São Paulo, 1995.
- Campello, E.M.B. *Análise não linear de perfis metálicos conformados a frio*. Dissertação de mestrado (master's dissertation). EPUSP, São Paulo, 2000.
- Bazant, Z.P.; Cedolin, I. *Stability of Structures: Elastic, Inelastic, Fracture and Damage Theories*. World Scientific, Singapore, 2010.
- Reis, A.; Camotim, D. *Estabilidade Estrutural*. McGraw-Hill, Lisboa, 2001.
- Vlasov, V.Z. *Thin Walled Elastic Beams* (2nd ed. rev. and augm., translated from Russian). Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 1961.
- Ziemien R.D. (Ed.) *Guide to Stability Design Criteria for Metal Structures* (6<sup>th</sup> ed.) John Wiley & Sons, Hoboken, 2010.
- Salmon, C.G.; Johnson, J.E.; Malhas, F.A. *Steel structures: Design and Behaviour*. Prentice Hall, New York, 2009.
- Timoshenko S.; Gere, J.M. *Theory of Elastic Stability*. McGraw-Hill, New York, 1961.



ESCOLA POLITÉCNICA DA USP

Programa de Pós-Graduação  
**ENGENHARIA CIVIL**

- ABNT NBR 8800:2008. *Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios.*
- ABNT NBR 14762:2010. *Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.*

**FORMA DE AVALIAÇÃO:**

Exercícios parciais, seminário com aplicação prática sobre o tema e prova final.

**STUDENT'S EVALUATION:**

Homework assignments, one project with oral presentation and one final exam.