



## PLANO DE ENSINO

<b>Programa</b>	Ciências Mecânicas (53001010053P0)
<b>Nome</b>	COMPORTAMENTO MECÂNICO DOS SÓLIDOS
<b>Sigla</b>	PCMEC
<b>Número</b>	2155
<b>Créditos</b>	4
<b>Período de Vigência</b>	01/01/2016 -
<b>Professor responsável</b>	Fábio Comes de Castro / Edgar Nobuo Mamiya
<b>Disciplina obrigatória</b>	Sim para a área

### EMENTA

#### Objetivos:

Formar recursos humanos com base conceitual sólida na análise de tensões e de deformações em sólidos, capacitando-o a estudos dos comportamentos elástico e inelástico de sólidos – nos contextos das cinemáticas lineares e não lineares, da fadiga em metais e da mecânica da fratura, entre outros temas da Mecânica dos Sólidos.

#### Justificativa:

As investigações científicas desenvolvidas no contexto do Programa de Pós-Graduação em Ciências Mecânicas estão fortemente focadas em técnicas experimentais, simulações numéricas e modelagem dos diversos comportamentos mecânicos dos sólidos. O planejamento e a interpretação dos resultados dos experimentos e das simulações numéricas, assim como a modelagem dos fenômenos estudados – fadiga, deformação elastoplástica, dano, envelhecimento, etc. – requerem uma formação sólida em Mecânica dos Sólidos, nos contextos lineares e não lineares, tanto nos aspectos cinemáticos quanto nos constitutivos.

#### Conteúdo:

1) **Deformações:** Deformações no contexto da cinemática linear. Deformação volumétrica e desviadora. Estado plano de deformação. Limitações do tensor de deformações lineares. Cinemática não linear: deformação e gradiente de deformação, decomposição polar. Variações de área e de volume em um corpo deformado. Tensores de deformação de Cauchy-Green à direita e à esquerda, de Green-St. Venant e de Almansi. Tensor de deformações lineares como aproximação do tensor de Green sob baixas magnitudes de deformação. 2) **Tensões:** Forças externas e internas. Vetor tensão. Componentes normal e cisalhante do vetor tensão. Hipótese de Cauchy e teorema de Cauchy. Estado plano de tensão. Tensores tensão desviador e hidrostático. Tensões e planos principais, invariantes de tensão. Modelos para a descrição do domínio elástico baseados em medidas de tensão. Primeiro e segundo tensores tensão de Piola-Kirchhoff. 3) **Relações constitutivas:** Relação entre tensão e deformação. Comportamento elástico. Comportamento elástico sob pequenas deformações. Comportamento elástico sob grandes deformações. Invariância por mudança de observador. Função resposta elástica e considerações sobre simetrias do material, tais como isotropia. Hiperelasticidade. Modelos clássicos de materiais hiperelásticos. Modelagem do comportamento elastoplástico ideal no contexto da cinemática linear unidimensional. Encruamentos cinemático e isotrópico lineares. Plasticidade no contexto da cinemática linear tridimensional. Modelos de encruamento cinemático não linear.

---

**Forma de Avaliação**

A avaliação será feita por meio de listas de exercícios (60% da nota) e de uma apresentação em seminário sobre tema a ser definido durante o período letivo (40% da nota). Serão atribuídas menções aos estudantes com base nas notas finais obtidas, de acordo com o critério de menções da UnB. Casos omissos serão resolvidos pelo professor da disciplina.

---

**Observação:****Bibliografia:**

1. DOWLING, N., KAMPE, L. and KRAL, M. V. *Mechanical Behavior of Materials: Engineering Methods for Deformation, Fracture, and Fatigue*. 5<sup>th</sup> edition, Pearson, 2019. ANAND, L., GOVINDJEE, S. *Continuum Mechanics of Solids*. Oxford University Press, 2020.
2. GURTIN, M. E., *An Introduction to Continuum Mechanics*, Academic Press, 1<sup>st</sup> edition, 1982.
3. GURTIN, M. E., FRIED, E. and ANAND, L. *The Mechanics and Thermodynamics of Continua*, Cambridge University Press, 1<sup>st</sup> edition, 2010.
4. KANG, G. and KAN, Q. *Cyclic Plasticity of Engineering Materials: Experiments and Models*. Wiley, 2017.
5. KHAN, A, and HUANG, S., *Continuum Theory of Plasticity*, John Wiley & Sons, 1995.
6. LEMAITRE, J. and CHABOCHE, J. L., *Mechanics of Solid Materials*, Cambridge University Press, 1994.
7. SOUZA NETO, A., PERIC, D. and OWEN, D. R. J. , *Computational Methods for Plasticity: Theory and Applications*, John Wiley & Sons, 2011.



## UNIT INFORMATION

<b>Program</b>	Mechanical Sciences (53001010053P0)
<b>Course unit</b>	MECHANICAL BEHAVIOR OF SOLIDS
<b>Unit code</b>	PCMEC
<b>Unit number</b>	2155
<b>Credit points</b>	4
<b>Period</b>	01/01/2016 -
<b>Professor</b>	Fábio Comes de Castro / Edgar Nobuo Mamiya
<b>Prerequisites</b>	No

## UNIT OUTLINE

### Objective:

To train human resources with a solid conceptual basis in the analysis of stresses and strains in solids, enabling them to study the elastic and inelastic behavior of solids - in the contexts of linear and nonlinear kinematics, metal fatigue and fracture mechanics, among other topics in Solid Mechanics.

### Purpose:

The scientific research developed in the Graduate Program in Mechanical Sciences is strongly focused on experimental techniques, numerical simulations, and modeling of the various mechanical behaviors of solids. The planning and interpretation of the results of experiments and numerical simulations, as well as the modeling of the phenomena studied - fatigue, elastoplastic deformation, damage, aging, etc. - require a solid background in Solid Mechanics, in the linear and nonlinear contexts, in both kinematic and constitutive aspects.

### Contents:

1) **Strains:** Strains in the context of linear kinematics. Volumetric and deviatoric strains. Plane strain. Limitations of linear strain tensor. Nonlinear kinematics: deformation and strain gradient, polar decomposition. Area and volume changes in a deformed body. Cauchy-Green right-hand and left-hand, Green-St. Venant and Almansi strain tensors. Linear strain tensor as an approximation to Green's tensor under low magnitudes of strains. 2) **Stresses:** External and internal forces. Stress vector. Normal and shear components of the stress vector. Cauchy's hypothesis and Cauchy's theorem. Plane stress. Deviatoric and hydrostatic stresses. Principal stresses and planes, stress invariants. Stress based models for the description of the elastic domain. First and second Piola-Kirchhoff stress tensors. 3) **Constitutive relations:** Stress-strain relation. Elastic behavior. Elastic behavior under small strains. Elastic behavior under large strains. Invariance by change of observer. Elastic response function and considerations on material symmetries such as isotropy. Hyperelasticity. Classical models for hyperelastic materials. Modeling ideal elastoplastic behavior in the context of one-dimensional linear kinematics. Linear kinematic and isotropic hardenings. Plasticity in the context of 3-dimensional linear kinematics. Nonlinear kinematic hardening models.

### Assessment:

The assessment will be performed through exercise lists (60% of the grade) and a seminar presentation on a topic to be defined during the term (40% of the grade).

---

Mention will be given to the students based on the final grades, according to the UnB's grading criteria. unforeseen cases will be solved by the professor in charge of the unit.

---

**Obs:**

---

**References:**

1. DOWLING, N., KAMPE, L. and KRAL, M. V. *Mechanical Behavior of Materials: Engineering Methods for Deformation, Fracture, and Fatigue*. 5<sup>th</sup> edition, Pearson, 2019. ANAND, L., GOVINDJEE, S. *Continuum Mechanics of Solids*. Oxford University Press, 2020.
  2. GURTIN, M. E., *An Introduction to Continuum Mechanics*, Academic Press, 1<sup>st</sup> edition, 1982.
  3. GURTIN, M. E., FRIED, E. and ANAND, L. *The Mechanics and Thermodynamics of Continua*, Cambridge University Press, 1<sup>st</sup> edition, 2010.
  4. KANG, G. and KAN, Q. *Cyclic Plasticity of Engineering Materials: Experiments and Models*. Wiley, 2017.
  5. KHAN, A, and HUANG, S., *Continuum Theory of Plasticity*, John Wiley & Sons, 1995.
  6. LEMAITRE, J. and CHABOCHE, J. L., *Mechanics of Solid Materials*, Cambridge University Press, 1994.
  7. SOUZA NETO, A., PERIC, D. and OWEN, D. R. J. , *Computational Methods for Plasticity: Theory and Applications*, John Wiley & Sons, 2011.
-