



# Possibilidades e Enfoques para o Ensino das Engenharias 2

Henrique Ajuz Holzmann  
Micheli Kuckla  
(Organizadores)

 **Atena**  
Editora

Ano 2019

Henrique Ajuz Holzmann  
Micheli Kuckla  
(Organizadores)

# Possibilidades e Enfoques para o Ensino das Engenharias 2

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

P856 Possibilidades e enfoques para o ensino das engenharias 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, Micheli Kuckla. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Possibilidades e Enfoques para o Ensino das Engenharias; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-273-9

DOI 10.22533/at.ed.739192204

1. Engenharia – Estudo e ensino. 2. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 3. Prática de ensino. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Kuckla, Micheli.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

As obras Possibilidades e Enfoques para o Ensino das Engenharias Volume 1 e Volume 2 abordam os mais diversos assuntos sobre a aplicação de métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação ensino-aprendizado, sendo por meio de levantamentos teórico-práticos de dados referentes aos cursos ou através de propostas de melhoria nestas relações.

O Volume 1 está disposto em 26 capítulos, com assuntos voltados a relações ensino-aprendizado, envolvendo temas atuais com ampla discussão nas áreas de Ensino de Ciência e Tecnologia, buscando apresentar os assuntos de maneira simples e de fácil compreensão.

Já o Volume 2 apresenta uma vertente mais prática, sendo organizado em 24 capítulos, nos quais são apresentadas propostas, projetos e bancadas, que visam melhorar o aprendizado dos alunos através de métodos práticos e aplicados as áreas de tecnologias e engenharias.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

Micheli Kuchla

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
SIMULAÇÃO DE UM SISTEMA PRODUTIVO NO ENSINO DE GESTÃO DA PRODUÇÃO	
Daniel Antonio Kapper Fabricio Lisiane Trevisan	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7391922041</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
CULTURA DE SEGURANÇA – FATOR DETERMINANTE PARA A SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO EM INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA	
Lucass Melo Renata Evangelista Alexandre Bueno Débora Vasconcelos Carla Souza André Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7391922042</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
ABORDAGEM DE SUSTENTABILIDADE NOS CURSOS BRASILEIROS DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO	
Gabriella Cavalcante de Souza Isadora Cristina Mendes Gomes Gustavo Fernandes Rosado Coêlho Ciliana Regina Colombo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7391922043</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>35</b>
ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO NUMA EMPRESA RECUPERADA POR TRABALHADORES: UMA EXPERIÊNCIA PARA O EXERCÍCIO DA INDISSOCIABILIDADE ENSINO-PESQUISA-EXTENSÃO	
Beatriz Mota Castro de Abreu Alice Oliveira Fernandes Tarcila Mantovan Atolini	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7391922044</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>47</b>
PROTÓTIPO DE UM SISTEMA AUTOMÁTICO DE BUSCA E ARMAZENAGEM DE MATERIAIS PARA FINS DIDÁTICOS	
Walber Márcio Araújo Morais Wesley de Almeida Souto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7391922045</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>58</b>
LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO DE ROBÓTICA BÁSICA APLICADA NO ENSINO DE MATEMÁTICA NO ENSINO FUNDAMENTAL	
<a href="#">Márcio Mendonça</a> <a href="#">Lucas Botoni de Souza</a> <a href="#">Rodrigo Henrique Cunha Palácios</a> <a href="#">Paulo Henrique Arizono Lima</a> <a href="#">Marília Gabriela de Souza Fabri</a> <a href="#">José Augusto Fabri</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7391922046</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>71</b>
ROBÓTICA EDUCACIONAL NA ENGENHARIA – SUMÔ DE ROBÔS	
<a href="#">Alessandro Bogila</a> <a href="#">Denis Borg</a> <a href="#">Fernando Deluno Garcia</a> <a href="#">Ivan Luiz de Camargo Barros Moreira</a> <a href="#">Joel Rocha Pinto</a> <a href="#">Thales Prini Franchi</a> <a href="#">Thiago Prini Franchi</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7391922047</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>84</b>
BR.INO: UMA FERRAMENTA PARA ENSINO DE PROGRAMAÇÃO EM ARDUINO PARA APLICAÇÕES EM ROBÓTICA USANDO LINGUAGEM NATIVA	
<a href="#">Gabriel Rodrigues Pacheco</a> <a href="#">Mateus Berardo de Souza Terra</a> <a href="#">Rafael Mascarenhas Dal Moro</a> <a href="#">Víctor Rodrigues Pacheco</a> <a href="#">Carlos Humberto Llanos</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7391922048</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>94</b>
RELATO DE EXPERIÊNCIA: USO DE TÉCNICAS GAMIFICAÇÃO NO ENSINO DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS	
<a href="#">Caio Sanches Bentes</a> <a href="#">Ronaldo de Freitas Zampolo</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7391922049</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>105</b>
LABORATÓRIO DE SISTEMAS HIDRELÉTRICOS APLICADO À FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO DE ENERGIA – GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E CONTROLE DE SISTEMAS DINÂMICOS	
<a href="#">Kariston Dias Alves</a> <a href="#">Rudi Henri Van Els</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73919220410</b>	

**CAPÍTULO 11 ..... 117**

A IMPORTÂNCIA DO LABORATÓRIO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ NO DESENVOLVIMENTO DE PESQUISAS E FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS

Francisco Jeandson Rodrigues da Silva  
Douglas Aurélio Carvalho Costa  
Obed Leite Vieira  
Fellipe Souto Soares  
Paulo Cesar Marques de Carvalho  
Magna Livia Neco Rabelo  
Pollyana Rodrigues de Carvalho

**DOI 10.22533/at.ed.73919220411**

**CAPÍTULO 12 ..... 129**

AValiação DO USO DA TECNOLOGIA SOFTPLC PARA APRENDIZAGEM DE TÉCNICAS DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Deliene Costa Guimarães  
Reberth Carolino de Oliveira  
Renata Umbelino Rêgo

**DOI 10.22533/at.ed.73919220412**

**CAPÍTULO 13 ..... 140**

CONSTRUÇÃO DE UMA BANCADA DIDÁTICA DE BAIXO CUSTO PARA ENSINO DE SISTEMAS DE CONTROLE

Everton Machado  
Alexsandro dos Santos Silveira  
João Artur de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.73919220413**

**CAPÍTULO 14 ..... 152**

PAINEL DIDÁTICO PARA ENSINO-APRENDIZAGEM DE INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA APLICADA À MANUTENÇÃO ELÉTRICA

Priscila Ribeiro Amorim de Almeida  
Pablo Rodrigues Muniz

**DOI 10.22533/at.ed.73919220414**

**CAPÍTULO 15 ..... 165**

PROPOSTA DE KIT DIDÁTICO PARA ESTUDO DE INTEGRIDADE DE SINAL EM PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO

Pablo Dutra da Silva  
Giovane Rodrigues de Oliveira  
Gustavo Melsi Floriani

**DOI 10.22533/at.ed.73919220415**

**CAPÍTULO 16 ..... 177**

ANÁLISE E ATENUAÇÃO DE RISCOS DE INCÊNDIOS E CHOQUE ELÉTRICO EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM MORÁDIAS DE BAIXA RENDA

Márcio Mendonça  
Lucas Botoni de Souza  
Rodrigo Henrique Cunha Palácios  
Giovanni Bruno Marquini Ribeiro  
Marco Antônio Ferreira Finocchio  
José Augusto Fabri

**DOI 10.22533/at.ed.73919220416**

<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>190</b>
SIMULADOR COMPUTACIONAL PARA ENSINO DE PROTEÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA	
<p>Luiz Guilherme Riva Tonini  Oureste Elias Batista  Augusto César Rueda Medina  Andrei Carlos Bastos</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73919220417</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>203</b>
CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE UMA BANCADA DIDÁTICA PARA CARACTERIZAÇÃO DE COMPRESSORES	
<p>Alexsandro dos Santos Silveira  João Artur de Souza</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73919220418</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>215</b>
DESENVOLVIMENTO DE UM PÓRTICO INSTRUMENTADO DIDÁTICO	
<p>Matheus Berghetti  Albino Moura Guterres  Alexsander Furtado Carneiro</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73919220419</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>226</b>
AUTOMAÇÃO DOS PROCESSOS DE VERIFICAÇÃO DE PERFIS DE AÇO LAMINADO SOLICITADOS À FLEXÃO NORMAL SIMPLES E AXIALMENTE CONFORME CRITÉRIOS DA ABNT NBR 8800:2008	
<p>Lucas Tarlau Balieiro  Marcelo Rodrigo de Matos Pedreiro  Roberto Racanicchi</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73919220420</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>241</b>
ENSAIO DE FLEXÃO DE UMA VIGA COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DE TRANSFORMAÇÕES DE TENSÕES	
<p>Bruno Eizo Higaki  Fernando Cesar Dias Ribeiro  Marcello Cherem</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73919220421</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>251</b>
UTILIZAÇÃO DE PROJETOS DE DIMENSIONAMENTO DE ADUTORAS E CANAIS NA DISCIPLINA HIDRÁULICA DO CURSO DE GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL	
<p>Kelliany Medeiros Costa  José Leandro da Silva Duarte  Maria Leandra Madeiro de Souza</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73919220422</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>259</b>
MEDIÇÃO DA PRODUTIVIDADE DA EQUIPE DE MANUTENÇÃO ATRAVÉS DA INOVADORA METODOLOGIA SIX SIGMA: UM ESTUDO EMPÍRICO	
<p>André Luis Martins de Souza  Pedro de Freitas Silva</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73919220423</b>	

**CAPÍTULO 24 ..... 287**

UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DE VELOCIMETRIA POR IMAGENS DE PARTÍCULAS (PIV) PARA O ESTUDO DE DEFORMAÇÕES EM PAINÉIS DE MADEIRA DE *PINUS OCCARPA*

Eduardo Hélio de Novais Miranda

Rodrigo Allan Pereira

DOI 10.22533/at.ed.73919220424

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 295**

## ENSAIO DE FLEXÃO DE UMA VIGA COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DE TRANSFORMAÇÕES DE TENSÕES

### **Bruno Eizo Higaki**

Centro Universitário FEI, Departamento de Engenharia Civil  
São Bernardo do Campo - SP

### **Fernando Cesar Dias Ribeiro**

Centro Universitário FEI, Departamento de Engenharia Civil  
São Bernardo do Campo – SP

### **Marcello Cherem**

Centro Universitário FEI, Departamento de Engenharia Civil  
São Bernardo do Campo – SP  
mcherem@fei.edu.br

**RESUMO:** Este trabalho apresenta uma metodologia utilizada no ensino do assunto “transformação de tensões e estado plano de tensões” da disciplina Teoria das Estruturas I do Centro Universitário FEI. Anteriormente à aula expositiva sobre o assunto, 32 alunos voluntários participaram de uma atividade extra classe que consistia na resolução de quatro exercícios e no ensaio de uma viga de concreto armado submetido a flexão a quatro pontos. Os alunos procuraram e marcaram as fissuras para ao final do ensaio observar o padrão de fissuração da viga. Observou-se uma maior motivação e participação dos alunos na atividade experimental do que no método tradicional de ensino. Conclui-se que a atividade cumpriu

seu objetivo pois os alunos mostraram-se mais motivados e participativos, além de entenderem mais facilmente os significados das direções dos planos principais

**PALAVRAS-CHAVE:** Transformação de tensões, Viga de concreto, Flexão, Fissuração, Tensões principais.

**ABSTRACT:** This work presents a methodology used to teach the stress transformation and plane stress part of the subject Theory of Structures I of University Center FEI. Before the stress transformation lecture, 32 volunteer students have participated of an activity that consisted on solve four exercises and the experimental reinforced concrete beam bending test. The students observed the beam cracking pattern. It was observed a greater motivation and participation of the students in the experimental activity than in the traditional method of teaching. As a conclusion, it is possible to say that the activity has reached its goal because the students were more motivated and participative. Besides that, the students have understood easily the meaning of the directions of the principal plan.

**KEYWORDS:** Stress transformation, Reinforced concrete beam, Bending, Cracks, Principal stress.

## 1 | INTRODUÇÃO

As disciplinas de Resistência dos Materiais e Teoria das Estruturas são de grande importância na formação do conhecimento básico na área de estruturas no curso de Engenharia Civil.

Mesmo com os investimentos e dedicação pela busca de melhores práticas de ensino, o corpo docente vivencia uma ânsia por aplicar de forma prática o conhecimento teórico adquirido em sala de aula (FLAUZINO *et al.*, 2013)

No método tradicional de ensino, os professores utilizam o tempo limitado das aulas para a transmissão de novos assuntos e conhecimentos (BIJLANI *et al.*, 2013). A maioria das escolas de engenharia utilizam o método tradicional de ensino nas disciplinas de Resistência dos Materiais e Teoria das Estruturas. Este método é centrado no professor e baseado em aulas expositivas o que resulta em uma baixa participação do aluno, pouca interação nas aulas e conseqüentemente em um elevado índice de desmotivação e reprovações (MIRANDA *et al.* 2003).

Buscando diferentes formas de motivação, maior participação dos alunos e diminuir as dificuldades apresentadas nas disciplinas, tem-se observado estudos de variadas estratégias utilizando modelos reduzidos em sala de aula (NAKAO *et al.*, 2003; DOMINGUES, 2015), ferramentas computacionais (MORAIS *et al.*, 2013; PANESI 2015), atividades práticas em laboratório (MACIEL *et al.*, 2015) e incentivo a participação em concursos (MIRANDA *et al.*, 2010).

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma metodologia utilizada no ensino do assunto “transformações de tensões e estado plano de tensões”, abordado na disciplina Teoria das Estruturas I do Centro Universitário FEI, que utiliza como introdução um ensaio de uma viga de concreto armado submetida a flexão a quatro pontos. Este ensaio é normalmente abordado em disciplinas de análise experimental de estruturas oferecidas, na maioria das vezes, como disciplinas optativas ou de pós-graduação.

## 2 | TRANSFORMAÇÕES DE TENSÕES E ESTADO PLANO DE TENSÕES

Na grade curricular do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário FEI as disciplinas semestrais de Resistência dos Materiais e Teoria das Estruturas (I, II, III e IV) possuem carga horária total de 4 horas semanais cada, onde todas estas disciplinas possuem apenas aulas teóricas.

Nas disciplinas Resistência dos Materiais e Teoria das Estruturas I são abordados os seguintes assuntos:

- Diagramas de esforços solicitantes (vigas, vigas Gerber e pórticos planos);
- Tensões normais;
- Cisalhamento puro;

- Torção;
- Flexão;
- Cisalhamento na flexão;
- Transformações de tensões e Estado Plano de Tensões.

O estudo das tensões no estado simples de tensões trata as componentes de tensões, normal e de cisalhamento, associadas a um sistema de coordenadas particular. Já no assunto “Transformações de Tensões e Estado Plano de Tensões” estuda-se a transformação das componentes de tensão em um elemento de orientação qualquer (Figura 1). A Equação (1) e a Equação (2) são utilizadas para transformar a componentes de tensão normal e tensão de cisalhamento segundo a orientação dos eixo  $x, y$  para novos eixos  $x', y'$ .

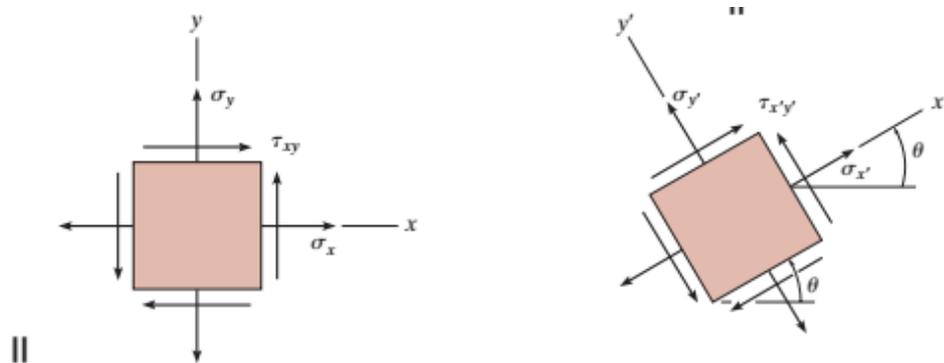


Figura 1 – Transformações de tensões para um plano de orientação qualquer (HIBBELER,2010)

$$\sigma_{x'} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\theta + \tau_{xy} \sin 2\theta \quad (1)$$

$$\tau_{x'} = -\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\theta + \tau_{xy} \cos 2\theta \quad (2)$$

Já a Equação (3) e a Equação (4) determinam os valores das tensões normais máximas e mínimas (tensões principais) e o plano em que elas ocorrem.

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (3)$$

$$\operatorname{tg} 2\theta_p = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y} \quad (4)$$

### 3 I ENSAIO DE FLEXÃO A QUATRO PONTOS

#### 3.1 Descrição do ensaio

A atividade realizada no laboratório de estruturas do Centro Universitário FEI consistia no ensaio de flexão a quatro pontos de uma viga de concreto armado. Este ensaio segue os padrões dos ensaios realizados em Leonhardt e Walter (1962).

A viga analisada experimentalmente possuía 200 cm de comprimento e seção transversal retangular de como ilustrado na Figura 2. Nas regiões dos apoios, comprimento de 10 cm a partir das extremidades, a viga possuía seção transversal de afim de problemas estabilidade em torno do eixo longitudinal da peça.

A armadura longitudinal da viga era constituída por duas barras de aço CA50 de de diâmetro posicionadas próxima as faces superior e inferior. Já a armadura transversal era construída por estribos verticais formados por barras de aço CA50 de 5 mm de diâmetro posicionadas a cada 15 cm.

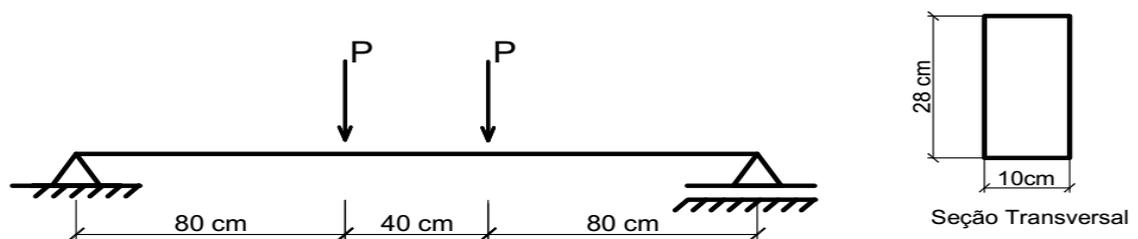


Figura 2 – Esquema estático e dimensões da viga analisada

A viga foi posicionada sobre um pórtico de reação constituído por elementos de aço e madeira. O carregamento foi aplicado por meio de um macaco hidráulico em uma viga de reação que estava apoiada em dois pontos sobre a viga de concreto e preso ao pórtico de reação. Assim, o carregamento aplicado pelo macaco hidráulico foi dividido e aplicado na viga de concreto por meio das reações de apoio da viga de reação.

A Figura 3 ilustra a configuração inicial da viga de concreto, posicionada sobre o pórtico de reação, imediatamente antes do início do ensaio.



Figura 3 – Configuração do ensaio da viga

Foi utilizada uma célula de carga para realizar a leitura dos carregamentos. No meio do vão da viga foram colados strain-gauges nas duas barras de armaduras posicionadas próximas a face inferior da viga com o objetivo de se obter a deformação nas armaduras. Um relógio comparador foi posicionado no meio do vão da viga para leitura dos deslocamentos verticais. Para realizar a leitura dos valores de carregamentos e deformações das armaduras foi utilizado um sistema de aquisição de dados digital.

### 3.2 Padrão de fissuração na viga de concreto

Para a viga submetida a flexão a quatro pontos ilustrada na Figura 2, obtém-se os diagramas de esforço cortante e momento fletor qualitativos ilustrados na Figura 4.

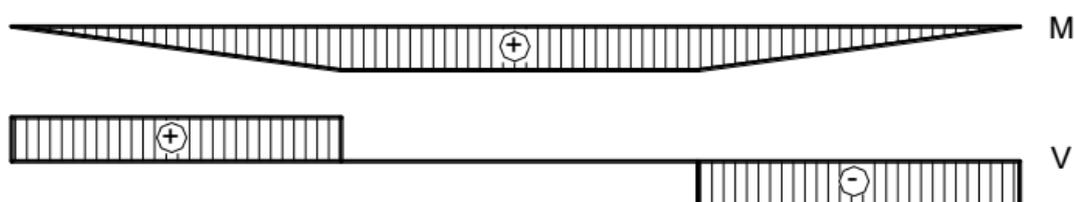


Figura 4 – Diagramas de esforços qualitativos

Enquanto a resistência a tração do concreto for maior do que as tensões principais de tração não ocorrerá o surgimento de fissuras na viga. As primeiras fissuras surgirão na região entre a aplicação de carregamentos, que é a região de máximo momento fletor, a partir do momento em que as tensões de tração superarem a resistência à tração na flexão do concreto. Com o aumento do carregamento, passarão a surgir fissuras inclinadas nas regiões entre os apoios e os pontos de aplicação dos carregamentos devido a atuação dos esforços cortante atuando juntamente com o momento fletor. A Figura 5 ilustra o padrão de fissuração da viga após o ensaio.

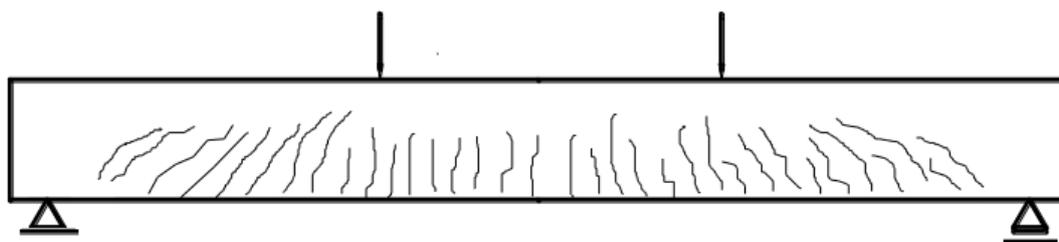


Figura 5 – Padrão de fissuração da viga (LEONHARDT & MÖNNING, 1982)

Utilizando a Equação (3) e Equação (4) podem ser utilizadas calcular as tensões principais e as direções em que elas ocorrem prevendo a inclinação das fissuras.

#### 4 | METODOLOGIA

Uma semana antes da aula expositiva sobre o assunto “transformações de tensões e estado planos de tensões”, foi proposta aos alunos uma atividade extra classe ser desenvolvida no laboratório de estruturas. Participaram da atividade 31 alunos voluntários da atividade que durou cerca de 120 minutos no total

Inicialmente os alunos foram divididos em grupos de 5 alunos e resolveram algumas questões ligadas as disciplinas de Resistência dos Materiais e Teoria das Estruturas que já haviam sido estudadas anteriormente. O objetivo dessas questões era fazer o aluno associar as teorias vistas em sala de aula e se prepararem para analisar de forma crítica o comportamento da viga durante o ensaio. As questões resolvidas pelos alunos eram:

1. Desenhe o esquema estrutural da viga que será ensaiada com a localização dos carregamentos e a seção transversal da viga (realizar medições na viga);
2. Considerando carregamentos concentrados de 6,5 kN, determine os diagramas de esforço cortante e momento fletor;
3. Calcule a tensão normal na borda inferior da seção localizada no meio do vão;
4. Trace um esboço da configuração final da viga fissurada ao final do ensaio.

Após a resolução das questões foi pedido para os alunos realizarem o ensaio de compressão nos corpos de provas de concreto (Figura 6). Este ensaio já havia sido abordado em outras disciplinas cursadas pelos alunos.



Figura 6 – Ensaio de compressão simples

Para a realização do ensaio da viga, os carregamentos foram aplicados de forma incremental a cada 2,5 kN. A cada aplicação do incremento de carga o ensaio era interrompido para a leitura das deformações nas armaduras, deslocamento vertical da viga, observação e marcação das fissuras na viga.

Como esperado as primeiras fissuras surgiram na região de maior momento fletor na direção perpendicular a direção principal de tração, no caso eixo horizontal, com um carregamento total igual a 7,4 kN (3,7 kN por ponto de aplicação) como pode ser observado na Figura 7.



Figura 7 – Fissuras observadas na região entre a aplicação de carregamentos

O ensaio continuou até um carregamento igual a 40 kN (20 kN por ponto de aplicação) quando foi constatado o escoamento da armadura e conseqüentemente impossibilidade do aumento dos carregamentos aplicados. A Figura 8 ilustra o padrão de fissuração final da viga. Pode-se observar a presença das fissuras devido ao momento fletor na região entre os pontos de aplicação do carregamento e fissuras inclinadas devido a atuação do esforço cortante em conjunto com o momento fletor.

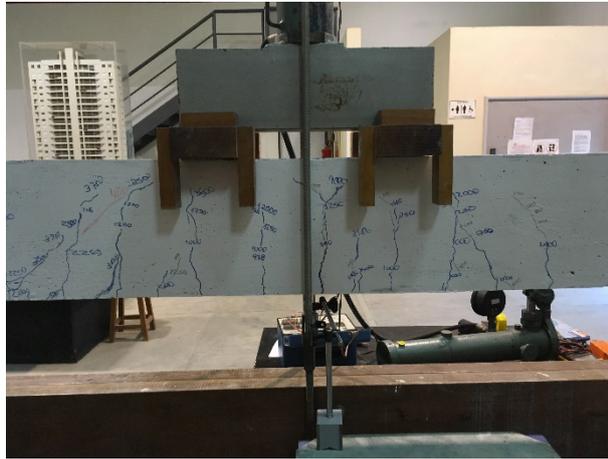


Figura 8 – Padrão de fissuração ao final do ensaio

## 5 | RESULTADOS

Analisando os resultados das questões respondidas pelos alunos, pode-se constatar que todos os grupos responderam de forma corretas as questões 1, 2 e 3. Já para a questão 4 na qual pedia para os alunos esboçarem a forma final da viga fissurada observou-se que todos os grupos desenharam fissuras apenas na região de aplicação de carregamentos indicando uma abertura excessiva de fissuras embora tenham percebido que as fissuras ocorrem a partir da borda mais tracionada (Figura 8).

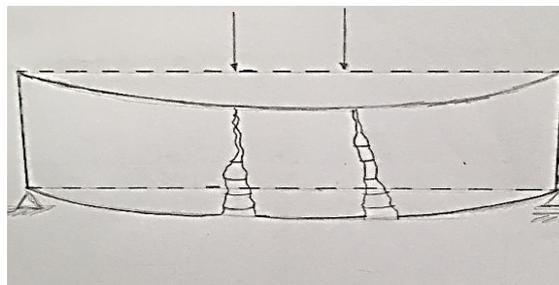


Figura 8 – Resposta obtida quanto ao padrão de fissuração final

Neste ponto a atividade mostrou-se importante pois o aluno pode observar e realizar a marcação das fissuras na viga entendendo que as primeiras fissuras apareceram na região de máximo momento fletor. Outro ponto importante foi a percepção dos alunos de que as fissuras não ficaram concentradas em apenas um ponto específico e nem apresentaram apenas uma direção.

Durante a atividade pode-se perceber uma grande motivação e participação dos alunos que se sentiram muito mais estimulados ao trabalharem conceitos já estudados como ensaio de compressão simples, cálculo de diagramas de esforços, cálculo de tensões normais além de observarem fenômenos ainda não estudados como a formação e direção de fissuras na viga de concreto.

Quanto a abordagem em sala de aula, ao abordar o assunto “transformação

de tensões e estado plano de tensões” e resolver um exercício similar a estrutura ensaiada em laboratório, o professor pode perceber que os alunos que participaram da atividade conseguiram entender mais facilmente o significado das direções dos planos principais e as tensões principais.

Acredita-se, também, que a observação do padrão de fissuração na viga de concreto estimulará o aprendizado na disciplina Estruturas de Concreto I ministrado no 7º ciclo do curso de Engenharia Civil. Nos semestres seguintes, pretende-se analisar novamente a atividade proposta medindo o desempenho de dois grupos que realizarão a atividade em laboratório em momentos diferentes, parte dos grupos realizarão antes da aula teórica enquanto a outra parte realizará após a aula teórica sobre o assunto.

## 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma metodologia adotada na disciplina Teoria de Estruturas I do Centro Universitário FEI para o ensino do assunto transformações de tensões e estado plano de tensões a qual utilizou-se um ensaio de flexão a quatro pontos de uma viga de concreto armado como ferramenta auxiliar.

Com esta atividade procurou-se analisar a motivação e participação dos alunos, a aplicação de conhecimento adquiridos em disciplinas cursadas previamente além do auxílio que a atividade proporcionou ao ensino da parte teórica da matéria.

A atividade cumpriu seu objetivo pois os alunos mostraram-se mais motivados e participativos, além de entenderem mais facilmente os significados das direções dos planos principais

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro Universitário FEI pelo suporte financeiro para a condução deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

BIJLANI, K.; CHATTERJEE, S.; ANAND, S. **Concept Maps for Learning in a Flipped Classroom** In: *2013 IEEE Fifth International Conference on Technology for Education*, 2013, pp. 57-60.

DOMINGUES, J. R. **Desenvolvimento de modelos didáticos para as disciplinas da área de estruturas**. Relatório Técnico Científico. Universidade Federal do Pará. 2015.

FLAUZINO, J.P.P.N et al. **Laboratório Divergente: convergindo práticas de ensino e de pesquisa**. In: *XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*, 2013. p. 36.

HIBBELER, R. C. **Resistência dos materiais**. Pearson Prentice Hall, 2010.

LEONHARDT, F. ; MÖNNIG, E. **Construções de concreto – Princípios básicos do dimensionamento de estruturas de concreto armado**, v. 1. Rio de Janeiro, Ed. Interciência, 1982.

LEONHARDT, F.; WALTHER, R. Beiträge zur behandlung der Schubprobleme im Stahlbetonbau. **Beton und Stahlbetonbau**. v. 57. n. 7. Jul.1962.

MACIEL, O. R. et al. **Projeto e construção de uma proteção de bancada didática para ensino de estruturas**. Salão do Conhecimento, v. 1, n. 1, 2015.

MIRANDA, R. J. P. C. et al., **Experimental stress analysis and the mechanical engineers courses**. In: Annual Conference an Exposition on Experimental an Applied Mechanics – SEM, North Carolina, USA, 2003.

MIRANDA, R. J. P. C. et al, **A importância do laboratório e das competições no processo de ensino e aprendizagem de resistência dos materiais e mecânica dos sólidos**. In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2010.

MORAIS, C.; BRAGA, G.; ; ARAÚJO, P. H. **Utilização de planilhas eletrônicas no ensiono de resistência dos materiais**. Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE. p. 613-616. 2013

NAKAO, O. S. ; GUARITA FILHO, J. A. A. ; MONTEIRO, C. O. . **Os modelos físicos e o Laboratório Didático de Resistência dos Materiais**. In: XXI Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2003.

PANESI, A. R. Q. **Aplicação do computador como ferramenta de aprendizado de disciplinas técnicas**. Engevista, v. 17, n. 4, p. 567-572, 2015.

## SOBE OS ORGANIZADORES

**HENRIQUE AJUZ HOLZMANN** Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

**MICHELI KUCKLA** Professora de Química na Rede Estadual do Paraná - Secretaria de Estado de Segurança do Paraná. Graduada em Licenciatura Química pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). Especialista em Educação do Campo pela Faculdades Integradas do Vale do Ivaí. Mestre em Ensino de Ciências Naturais e Matemática pela Universidade Estadual do Centro-Oeste. Doutoranda em Ensino de Ciência e Tecnologia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Trabalha com os temas relacionados ao Ensino de Ciência e Tecnologia e Sociedade.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-273-9

