

CONSTRUÇÃO DO CÍRCULO DE MOHR ATRAVÉS DE UMA PLANILHA ELETRÔNICA

Janaina da Costa Pereira Torres de Oliveira¹
Valmir Torres de Oliveira²
João Henrique Brandenburger Hoppe³

Dados de Identificação

Para o desenvolvimento e aplicação desta prática pedagógica foi escolhido a disciplina de Resistência de Estruturas Mecânicas II da turma de sexto período, do 2º semestre de 2020, do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Geraldo Di Biase (UGB).

Objetivos da Ação

A disciplina de Resistência dos Materiais é digna de comentários, críticas e sugestões tanto por parte dos discentes e demais graduados em engenharia, além do mais ela está presente em outras disciplinas do curso de engenharia mecânica. O aprendizado de resistência dos materiais tem deixado uma lacuna e se torna mais crítico quando se fala do aprendizado do círculo de Mohr (ARIENTI; CRUZ, 2003).

A tecnologia tem sido uma aliada da educação, portanto a inserção dos computadores dentro do ambiente da instituição de ensino tem se tornado mais frequente tornando-o um instrumento didático pedagógico que permite potencializar a aprendizagem de conceitos de resistência dos materiais (MORAIS; ARAÚJO, 2013).

De acordo com Oliveira, Moura e Souza (2015), a utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC's) no ambiente de sala de aula enriquece o

¹ Doutora em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela USP. Docente do UGB/FERP.

² Mestre em Engenharia Metalúrgica pela UFF. Docente do UGB/FERP.

³ Engenheiro Mecânico pós-graduado em Segurança do Trabalho pelo UniFOA. Docente do UGB/FERP.

processo de aprendizado do aluno, mesmo no ensino remoto, haja vista que este tem a possibilidade de interagir com o *software*, experimentando diversas situações e obtendo resultados para suas escolhas em tempo real.

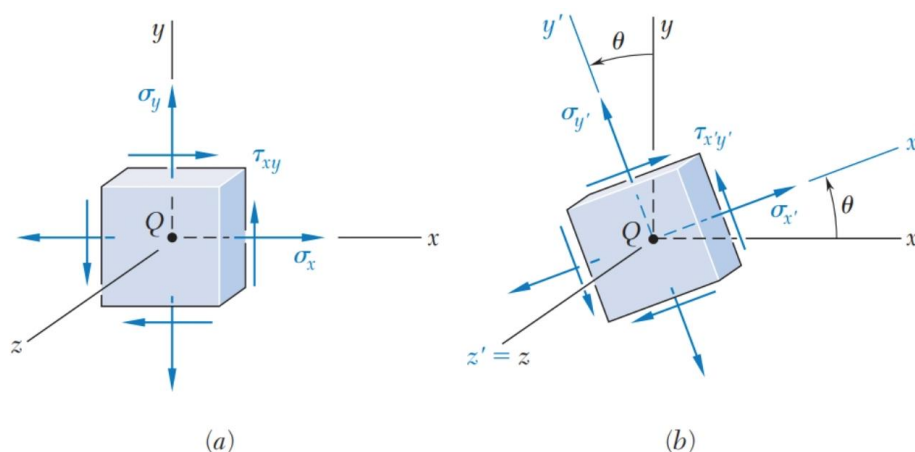
Diante destes argumentos foi proposto como atividade pedagógica que os alunos a partir do conhecimento adquirido nas aulas online construíssem, por meio de uma planilha eletrônica, um círculo de Mohr para tensões que além de plotar o círculo de Mohr também encontrasse as tensões principais, os planos principais, a tensão de cisalhamento máxima e o seu plano de cisalhamento.

Conteúdos Trabalhados

O conteúdo trabalhado nesta prática pedagógica foi a análise de tensões em um elemento solicitado que trata das componentes de tensão, normais (σ) e de cisalhamento (τ), associadas a um sistema de coordenadas particular, bem como de sua transformação em componentes relacionadas a outros sistemas. Para tanto, são estabelecidas equações algébricas, por meio das quais é possível obter, ainda, os valores máximos para as referidas tensões.

A partir de um elemento de tensões, no estado plano de tensões, dado (Figura 1) é possível construir o círculo de Mohr utilizando as equações de transformação de tensões para o estado plano de tensões, Equações 1, 2 e 3.

Figura 1. Estado plano de tensão: (a) representado por $\{xyz\}$, (b) representado por $\{x'y'z'\}$.



Fonte: Beer *et al.* (2015)



IX SIMPÓSIO DE PESQUISA E DE PRÁTICAS PEDAGÓGICAS DO UGB: “Desafios pedagógicos durante e pós-pandemia”



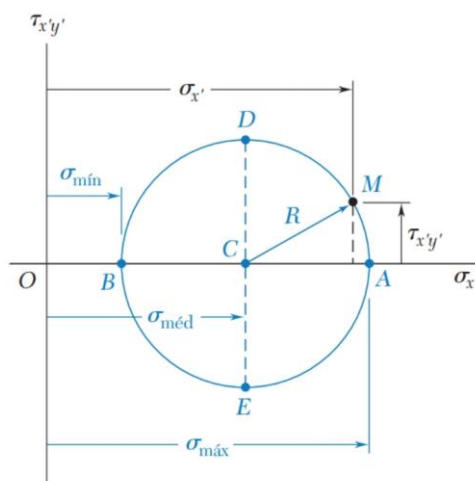
$$\sigma_{x'} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\theta + \tau_{xy} \sin 2\theta \quad (1)$$

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

$$\tau_{x'y'} = -\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\theta + \tau_{xy} \cos 2\theta \quad (3)$$

O Círculo de Mohr pode ser definido como uma representação gráfica dos valores de todas as tensões normais e de cisalhamento que atuam em cada uma das infinitas seções transversais destacadas em um mesmo elemento homogeneamente solicitado (MORAIS; ARAÚJO, 2013). Portanto, ele é uma alternativa ao uso das fórmulas algébricas (Equações 1, 2 e 3) facilitando a resolução de grande parte dos problemas de análise de tensões. A Figura 2 ilustra o Círculo de Mohr para um elemento solicitado, como o da Figura 1.

Figura 2. Relação circular das tensões transformadas



Fonte: Beer *et al.* (2015)

Procedimentos

Após a apresentação dos conteúdos nas salas virtuais (on-line) sobre análise de tensões foi solicitado aos alunos a elaboração de uma planilha para traçar o círculo de Mohr e também calcular as tensões em planos inclinados, os quais são necessárias as equações algébricas. Esta atividade teve a função de incentivar o uso da planilha



IX SIMPÓSIO DE PESQUISA E DE PRÁTICAS PEDAGÓGICAS DO UGB: “Desafios pedagógicos durante e pós-pandemia”



eletrônica que é uma ferramenta de auxílio ao ensino de resistência dos materiais e outras rotinas do engenheiro mecânico, para facilitar a compreensão da análise de tensões em um ponto.

Para o desenvolvimento da prática os discentes foram divididos em duplas, escolhidos por eles mesmos por questões de afinidade, cada dupla desenvolveu sua própria planilha. O leiaute da planilha ficou livre para que cada dupla explorasse sua criatividade.

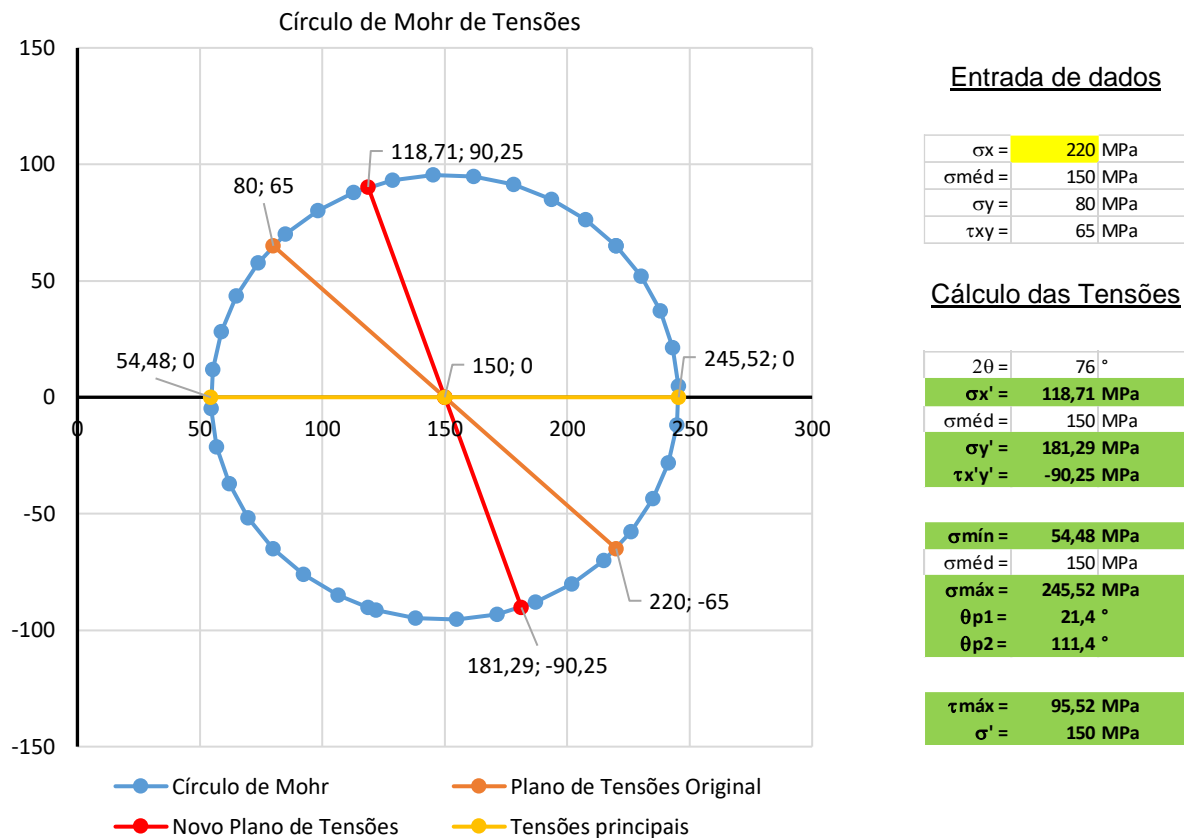
A planilha deveria apresentar um elemento solicitado por um estado plano de tensões, de modo que a entrada de dados fosse a tensão normal na direção x (σ_x), a tensão normal na direção y (σ_y) e a tensão de cisalhamento nos plano xy (τ_{xy}). A partir das entradas de dados, a planilha deveria realizar as seguintes funções:

- Construir o círculo de Mohr, variando o ângulo θ de 0 a 180°, e utilizando as Equações 1 e 3;
- Calcular as tensões normais e de cisalhamento na seção inclinada de θ dado;
- Calcular as tensões principais (máximas e mínimas) e seus planos principais;
- Calcula a tensão de cisalhamento máxima no plano, a tensão normal correspondente e o plano de cisalhamento.

Resultados

Esta atividade teve adesão de 26 alunos, que representa aproximadamente 81% da turma. Como esta atividade pedagógica é aplicada pela primeira vez, não é viável uma análise dos resultados baseado na nota dos alunos. Porém, em contato virtual com os alunos discutindo a atividade foi possível perceber a influência da atividade no aprendizado deles. A Figura 3 é um exemplo do gráfico construído por um dos alunos.

Figura 3. Gráfico gerado na planilha eletrônica por uma dupla

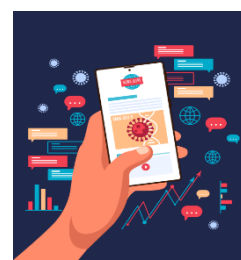


Fonte: Os autores (2020)

Esta atividade pedagógica fez uso de planilhas eletrônicas e teve resultado satisfatório, podendo considerar que os objetivos foram alcançados, apesar de não ser possível a afirmação que este trabalho teve um aumento significativo nas notas, porém é possível afirmar que ocorreu uma evolução no entendimento do círculo de Mohr, isto é, uma melhora na aprendizagem a partir desta atividade pedagógica. Aliás, o uso de *softwares* mais versáteis e que possam ser usados também no dia-a-dia do engenheiro mecânico, a exemplo da planilha eletrônica, é entendido como uma relevante contribuição à sua formação acadêmica e profissional.

Referências

ARIENTI, Leonardo Leal; CRUZ, Amaury Bordalho. **Metodologia no ensino do círculo de Mohr**. COBENGE, 2003.



IX SIMPÓSIO DE PESQUISA E DE PRÁTICAS PEDAGÓGICAS DO UGB: “Desafios pedagógicos durante e pós-pandemia”



AZEVEDO, S. L. **Desenvolvimento de um protótipo de sistema especialista para escolha do tipo de fundações.** 1999. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, 1999.

BEER, Ferdinand P.; JOHNSTON, JR., E. Russell; DEWOLF, John T.; MAZUREK, David F. **Mecânica dos materiais.** 7ª ed. – Porto Alegre: AMGH, 2015.

MORAIS, Ceres Germanna Braga; ARAÚJO, Paulo Henrique. **Utilização de planilhas eletrônicas no ensino de resistência dos materiais.** Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE, p. 613-616, 2013.

OLIVEIRA, Cláudio de; MOURA, Samuel Pedrosa; SOUSA, Edinaldo Ribeiro de. (2015). **TIC'S na educação:** a utilização das tecnologias da informação e comunicação na aprendizagem do aluno. *Pedagogia em ação*, 7(1), 75–95, 2015