

## MODELOS DIDÁTICOS DE CÉLULAS CRISTALINAS

RENATA CAROLINA ARAÚJO DE CAMARGO<sup>1,2</sup>, ISABELLE MUNHOZ SCARSO<sup>1</sup>, KELVIN NASCIMENTO MELLO<sup>1</sup>, JOÃO LÚCIO DE BARROS<sup>3</sup>

1. Estudante no curso Técnico em Mecatrônica, IFSP Sorocaba;
2. Estudante no curso Técnico em Administração, IFSP Sorocaba;
3. Professor da área Indústria, doutor em Ciências Ambientais, IFSP Sorocaba, lucio@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.05.03.00-0 Mecânica dos sólidos

Apresentado no  
10º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP  
27 e 28 de novembro de 2019- Sorocaba-SP, Brasil

**RESUMO:** A ciência dos materiais estuda as propriedades dos diversos materiais, suas composições químicas e suas estruturas atômicas. Mostrar a estrutura atômica em representação ampliada facilita ao estudante o entendimento do assunto abordado em sala de aula, por trabalhar a parte visual e possibilitar a manipulação da célula unitária, bem como a estrutura cristalina. Com isso, a proposta do trabalho foi a construção de células unitárias produzidas em polímeros em impressora 3D, e a construção de células unitárias e cristalinas confeccionadas com esferas de poliestireno expandido e palitos de madeira. A construção das células possibilitou a utilização dos modelos em sala de aula durante as disciplinas de Ensaios Mecânicos, Tecnologia dos Materiais dentre outras disciplinas de cursos da área de Indústria no IFSP. Os modelos possibilitaram também a demonstração dos esforços, e o princípio de escorregamento dos planos, relacionando a fundamentação das falhas e rupturas dos materiais sob esforços externos. Será realizado uma apresentação aos alunos e coletado informações relacionadas ao impacto do uso dos modelos e as simulações. Conclui-se que a os modelos produzidos foram importantes para a prática de ensino aprendizagem dos estudantes das disciplinas relacionadas aos materiais metálicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ciências dos materiais, arranjo atômico, cúbica de corpo centrado, cúbica de face centrada, hexagonal compacta.

## EDUCATIONAL MODELS CRYSTALLINE CELL

**ABSTRACT:** The Material Science area, studies the properties of various materials, its chemical compositions and its atomic structures. Showing the atomic structure in extended representation facilitates the student's understanding of the subject approached in the classroom, by working the visual part and enabling the manipulation of the unit cell, as well as the crystalline structure. Thus, the purpose of the work was the construction of unit cells produced in polymers in 3D printer, and the construction of unitary and crystalline cells made with expanded polystyrene spheres and wooden sticks. The construction of the cells made possible the use of models in the classroom during the Mechanical Testing, Materials Technology and other subjects of courses in the Industry area at IFSP. The models also made possible the demonstration of efforts, and the principle of slip of the plans, relating the grounds of failures and ruptures of materials under external stresses. A presentation will be given to students and information related to the impact of using the models and simulations will be collected. It is concluded that the models produced were important for the teaching and learning practice of students of the disciplines related to metallic materials.

**KEYWORDS:** Materials Science, atomic structure, body-centered cubic, face-centered cubic, hexagonal closed-packed.

## INTRODUÇÃO

A Ciência dos Materiais é a área que estuda os diferentes tipos de materiais, suas propriedades e características físicas, químicas, térmicas, dentre outras. Essas propriedades dos materiais estão intimamente ligadas a estrutura e ao arranjo atômico dos materiais. Essas características são de grande relevância nas diversas áreas do conhecimento pois definem o comportamento e o desempenho dos materiais (CALLISTER JR, 2002; ASKELAND, 2014).

Dentro das áreas da mecânica e da automação, entender e conhecer o comportamento físico do material e a resistência do mesmo sob aplicação de cargas é fundamental para o correto dimensionamento dos materiais em diferentes aplicações. Além disso, é necessário escolher e selecionar materiais e processos adequados para cada aplicação de cada peça, dependendo de sua função num projeto.

Os cursos técnicos, tecnológicos e de Engenharias, de modo geral, ensinam aos alunos sobre toda a formação dos materiais, principalmente os materiais metálicos, e suas estruturas e arranjos químicos, entretanto, nem sempre os professores dispõem de mecanismos para mostrar de forma prática os fenômenos que ocorrem nos materiais de acordo com seu arranjo atômico.

Visualizar e manipular modelos práticos de diferentes arranjos atômicos encontrado nos metais, e a partir desses poder extrapolar para uma cadeia de células unitárias, possibilita para que o aprendizado do estudante seja mais efetivo, principalmente por aguçar os diferentes sentidos humanos e consequentemente atingir outras áreas do cérebro. Além disso, os estudantes podem aprender tanto pela escuta, quanto pela observação e principalmente o aprendizado construtivista pelo protagonismo do estudante (BARROS et al., 2018).

O arranjo atômico dos materiais possibilita entender também a alotropia dos materiais, processo de formação das suas células cristalinas. Considerando a organização dos átomos entre si, também possibilita entender e descrever a condutibilidade térmica, a condutibilidade elétrica dentre outras propriedades práticas dos diversos materiais (PHILPOT, 2015).

As redes cristalinas metálicas são classificadas como: cúbica de corpo centrado (CCC) cúbica de face centrada (CFC) e hexagonal compacta (HC). Portanto, é possível relacionar às fases que um ensaio mecânico sucede com os movimentos que as estruturas cristalinas tomam, em fundamento com o esforço que o corpo de prova (CP) sofre (VAN VLACK 1984; CHIAVERINI, 2012).

Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi a construção de modelos de células cristalinas CCC, CFC e HC, para serem utilizados nas aulas de Tecnologia dos Materiais, Resistência Mecânica e Ensaio Mecânico dos cursos técnicos do IFSP Sorocaba.

## MATERIAL E MÉTODOS

A aplicação consistirá em mostrar a movimentação das estruturas cristalinas nos determinados ensaios e fazer com que os alunos em sala de aula observem e entendam a ligação de forma prática das disciplinas abordadas.

Foi realizado o modelamento das células atômicas cristalinas e dos arranjos atômicos dos materiais utilizando o software de modelamento Solidworks. No ambiente do software foi possível analisar as diferentes formas e composições derivadas da união das células cristalinas de forma espacial, permitindo a total visualização do modelo.

As estruturas das células unitárias cristalinas inicialmente serão representadas com esferas de poliestireno expandido (isopor) e palitos de madeira, para que consiga-se constatar e relacionar, sua relação aos ensaios mecânicos de torção e tração, e de outros fenômenos de falha e ruptura sob esforços externos. Também foi produzido modelos didáticos de células e estruturas cristalinas em polímero, utilizando a impressora 3D.

Será elaborado uma demonstração com auxílio de recursos multimídia para ser apresentado aos alunos do primeiro semestre do curso Técnico em Mecatrônica e posteriormente foi preenchido um formulário pelos alunos, com informações sobre o processo de entendimento e aprendizado.

O questionário será avaliado junto ao professor para determinar possíveis alterações, e os resultados atingidos com a realização das apresentações.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente foi realizado a confecção dos modelos em um software SolidWorks, específico para produção de desenhos técnicos e simulações em 3D, simulando o modelamento das células unitárias e das estruturas cristalinas, conforme apresentado na figura 1.

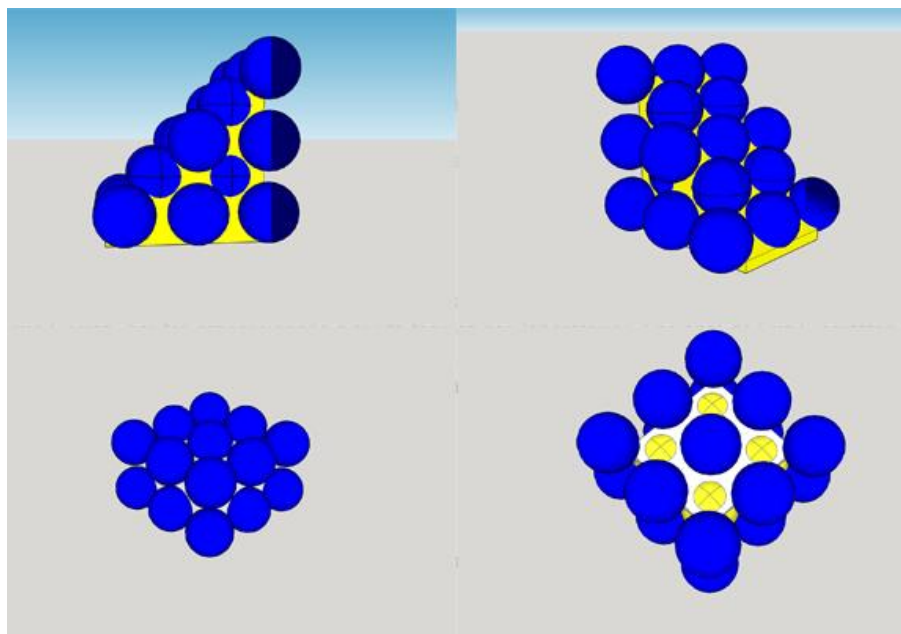


FIGURA 1. Vista dos modelos construídos no software de desenho técnico.

Os modelos das células cristalinas produzidos na impressora 3D foram práticos e rápidos de serem produzidos, mostrando que a metodologia pode ser utilizada por professores, alunos e escolas, não somente a modelos didáticos de células cristalinas, mas para com quaisquer outras aplicações relacionadas ao ensino.

Os modelos impressos necessitaram de um processo de acabamento após impressão, por apresentar rebarbas de material. Como vantagens desse procedimento foi a rapidez e a facilidade do processo em obtenção dos modelos, como desvantagem pode se citar a necessidade de posterior acabamento, tendo o resultado final dependente da habilidade da pessoa que fará o acabamento das peças. Outra desvantagem desse processo em relação a construção utilizando as esferas de poliestireno expandido e palitos de madeira foi a de ter uma interferência e tempo de dedicação menor do aluno em relação ao modelo final.

Além disso, o modelo construído manualmente, possibilitou para que o estudante pudesse desenvolver e praticar atividades motoras, e o tempo necessário para a construção, a dedicação e a possibilidade de explorar, cores e formas diferentes, e em grupos, também favoreceu o aprendizado e o construtivismo. Resultados semelhantes foram alcançados por estudos realizados por outros autores, onde o protagonismo dos estudantes resultaram em bons resultados (GONZÁLEZ e MOURA, 2009; BARROS et al., 2018)

Foi possível constatar também uma melhora ao aproveitamento do que se é passado ao aprendiz durante as aulas, com o uso de modelos de estruturas cristalinas visuais e práticas, que promoveram a associação das redes cristalinas aos ensaios normatizados de tração e torção, mostrando seu arranjo durante a realização dos ensaios e as consequências das resultante de forças em que são submetidas.

## CONCLUSÕES

Concluiu-se que os modelos didáticos de células cristalinas foram construídos de forma rápida e fácil independente do procedimento adotado, e que o resultado foi bastante satisfatório em relação ao

processo de aprendizado tanto durante a construção dos modelos, como durante as utilizações em sala de aula.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de São Paulo, Câmpus Sorocaba e ao Prof. Dr. Diego Nespeque Correa, por ter proporcionado a visita técnica aos laboratórios Nacional de Luz Síncrotron, onde foi possível a idealização do presente trabalho e ao Prof. Heiton Curto Gomes, por disponibilizar o uso da impressora 3D para a construção das células unitárias.

## REFERÊNCIAS

ASKELAND, Donald R.; WRIGHT, Wendelin J.. **Ciência e engenharia dos materiais**. 3. ed. São Paulo: Cengage, 2014.

BARROS, João Lucio., BOVOY, Ana Luiza, COSTA, Antonia Andreia Alves, MARTINS, Antonio Cesar Germano. Abordagem mediadora e construtivista no ensino de energia, meio ambiente e sustentabilidade para alunos do ensino médio. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**. 2018.

CALLISTER Jr, W. D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

CASTRO, Marcos Roberto de. **Estudo sobre o uso do aço bifásico como matéria-prima em componentes estampados de carrocerias veiculares**. 2012. Dissertação ( Mestrado Profissional em Engenharia dos Materiais) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2012. Disponível em:  
<http://tede.mackenzie.br/jspui/bitstream/tede/1325/1/Marcos%20Roberto%20de%20Castro.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2019.

CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia mecânica: estrutura e propriedade das ligas metálicas**. 2. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 1986.

GARCIA, Amauri; SPIM, Jaime Alvares; SANTOS, Carlos Alexandre dos. **Ensaio dos materiais**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

GONZALÉZ, J.L.C., MOURA, M.R.L.. Protagonismo juvenil e grêmio estudantil: a produção do individuo resiliente. **Eccos Revista Científica**. 2009.

GORNI, Antonio A. **Aços avançados de alta resistência: microestrutura e propriedades mecânicas**. . In: CONGRESSO DE CORTES E CONFORMAÇÃO DE METAIS, 5., 2012. São Paulo. Anais [...]. São Paulo: [s.n.], 2009. Disponível em:  
[https://www.academia.edu/31212253/A%C3%A7os\\_Avan%C3%A7ados\\_De\\_Alta\\_Resist%C3%Aancia\\_Microestrutura\\_e\\_Propriedades\\_Mec%C3%A2nicas](https://www.academia.edu/31212253/A%C3%A7os_Avan%C3%A7ados_De_Alta_Resist%C3%Aancia_Microestrutura_e_Propriedades_Mec%C3%A2nicas). Acesso em: 29 ago. 2019.

HASSMANN, Augusto. **Estudo comparativo de aço-carbono microligado e aço-carbono ligados para fabricação de parafusos forjados a frio**. 2016. Centro Universitário Univates. Disponível em:  
<https://m.univates.br/bdu/bitstream/10737/1371/1/2016AugustoHassmann.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2019.

PHILPOT, Timothy A. **Mecânica dos materiais: um sistema integrado de ensino**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

SCHON, Cláudio G.. **Mecânica dos materiais: fundamentos e tecnologia do comportamento mecânico**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

SOUZA, Sérgio Augusto de. **Ensaio mecânico de materiais metálicos: fundamentos teóricos e práticos**. 5. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1982.

VAN VLACK, Law. **Princípios de ciências e tecnologia de materiais**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 1984.