



<http://portalrevistas.ucb.br/index.php/raead>

ISSN: 2357-7843

ÍNDICES CRISTALOGRAFICOS DE MILLER: UMA PROPOSTA EM EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

Autor :Viviane Gabriel Ferreira¹

Autor :Ricardo Mendes Leal Neto ²

Resumo: No estudo da estrutura cristalina dos materiais, pertinente à disciplina de Ciência dos Materiais e outras afins, há uma grande dificuldade da parte de alunos em compreender como identificar pontos, direções e planos cristalográficos, segundo o padrão de notação dos conhecidos índices de Miller. Parte desta dificuldade surge da necessidade de se visualizar algo que é **tridimensional** em apenas **duas dimensões**. Para contribuir com a diminuição de tais dificuldades foi elaborado neste trabalho um curso de Educação a Distância (EaD) assíncrono, destinado a estudantes de graduação e pós-graduação, especificamente sobre a determinação dos índices cristalográficos de Miller, onde recursos de visualização tridimensional interativa foram empregados. Apenas o sistema cúbico foi contemplado nesta versão do curso. As representações tridimensionais foram criadas com o programa *Wolfram Mathematica 10.1*. O curso foi desenvolvido em um ambiente virtual de aprendizagem gratuito (*MOODLE 2.6.4*) e hospedado em um servidor específico para este fim (MCO2). Os roteiros para determinar pontos, direções e planos cristalográficos foram elaborados com o auxílio do programa *Adobe Macromedia Flash 8.0*. Algumas ilustrações foram criadas com o programa *Solid Works*. O curso contempla a interatividade através de exercícios e do *chat* entre os participantes. Para que haja aprimoramento contínuo, há no final um questionário destinado aos estudantes, sobre a estrutura do curso e a compreensão dos conceitos teóricos disponibilizados.

Palavras-chave: Tridimensional. Educação a Distância. Estrutura cristalina. Visualização interativa. Aprendizagem.

¹ Mestre em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Materiais pela Universidade de São Paulo (2015). Graduada em Tecnologia em Processamento de Dados pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (1992) e Especialista em Software Livre pela UNED - Universidade Nacional de Ensino a Distância da Espanha - e em Formação em EaD pela UNIP - Universidade Paulista. Atualmente, é docente do Instituto de Ciência e Tecnologia (ICET) da Universidade Paulista (UNIP) no curso de Engenharia. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2706091667284668>

² Doutor em Tecnologia Nuclear pela Universidade de São Paulo (1998), Mestre em Tecnologia Nuclear pela Universidade de São Paulo (1989). Graduado em Engenharia Metalúrgica pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (1982). Atualmente, é pesquisador da Comissão Nacional de Energia Nuclear, orientador e docente do curso de Pós-graduação de Tecnologia Nuclear do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-USP). Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3270615314717988>



1. Introdução

A rápida evolução tecnológica vivida pela sociedade moderna tem modificado de forma importante a didática, bem como acarretado em novas maneiras de se processar o ensino, seja em aulas presenciais, seja em aulas não presenciais. A modalidade Educação a Distância (EaD) talvez seja a que mais absorveu os avanços tecnológicos propiciados pelas Novas Tecnologias.

No passado recente, essa modalidade de ensino, era considerada por muitas instituições como de segunda categoria e sofria grande preconceito, principalmente pelo ensino superior (OLIVEIRA, 2003).

Existe há pelo menos 150 anos, mas nas últimas três décadas teve seu crescimento e desenvolvimento acentuados. Os governos de todo o mundo sofreram pressão social por maior acesso ao ensino superior, por isso se interessaram pela EaD (OLIVEIRA, 2003).

Nessa modalidade de ensino, professores e alunos não estão fisicamente juntos, mas conectados por meios tecnológicos, que podem ser: correios, rádio, televisão, internet, celulares (MORAN, 1994).

As tecnologias de comunicação virtual avançaram muito. A Internet já possui tecnologia *streaming*, transmissão de som e imagem em tempo real. O professor está em um estúdio de gravação, de onde será transmitida uma aula, ao vivo, e é possível a interação com alunos que estão em locais (cidades, estados, países) distintos (MORAN, 1994).

Com o advento da Internet os cursos que vieram antes da EaD, como cursos por correspondência e os telecursos, ganharam inovações como o uso dos DVDs, CD-ROMs, tele e videoconferências. Houve uma verdadeira revolução tecnológica, social e pedagógica na Educação. Realmente, agora, haverá inclusão digital na nossa sociedade. As pessoas que antes não podiam estudar por falta de recursos econômicos e técnicos, viram na EaD a oportunidade de fazer parte dessa nova sociedade digital, que não tem fronteiras (GONZALEZ, 2005).

Alguns dos motivos para se matricular em um curso EaD são: falta de tempo para frequentar uma sala de aula tradicional, baixo custo da modalidade,

a possibilidade de realizá-lo em qualquer lugar, a qualquer hora, bastando apenas acesso à Internet e no que concerne a este trabalho, a possibilidade de interagir com imagens tridimensionais quando se estuda os Índices de Miller aplicados em cristalografia.

A proposta deste trabalho surgiu da experiência do orientador com o ensino de ciência dos materiais e metalurgia física em cursos de graduação e pós-graduação. Nestas disciplinas, não são poucos os alunos que apresentam dificuldades enormes com o entendimento de conceitos que estão envolvidos no estudo de estruturas cristalinas e assuntos correlatos. A questão agrava-se ainda mais, pois tais temas são pontos de partida para a introdução de outros conceitos. As causas destas dificuldades são muitas e uma ampla discussão sobre elas está fora dos propósitos deste trabalho. Entretanto, há uma causa comum, subjacente à maioria das queixas: dificuldade de visualização de algo que é tridimensional em apenas duas dimensões. Um dos temas onde tais problemas são muito evidentes é a determinação de pontos, direções e planos cristalográficos utilizando os conhecidos índices de Miller.

2. Materiais e métodos

1. 2.1. Educação a distância – EaD

2. 2.1.1. Diferença entre ensino a distância e educação a distância

Segundo Chermann e Bonini (2000), Ensino a Distância diz respeito às atividades de treinamento, adestramento e instrução, enquanto que Educação a Distância refere-se à prática educacional e à aprendizagem, onde o aluno aprende a aprender, pensa, cria, inova e constrói seu conhecimento.

3. 2.1.2. História da EaD

No século XIX esse tipo de ensino começa a se consolidar. Em 1856, foi fundada, em Berlim, a primeira escola de línguas por correspondência (CHERMANN e BONINI, 2000).

Existe há pelo menos 150 anos, mas nas últimas três décadas teve seu crescimento e desenvolvimento acentuados. Os governos de todo o mundo

sofreram pressão social por maior acesso ao ensino superior, e por isso se interessaram pela EaD (OLIVEIRA, 2003). Para Moran (1994), a “educação a distância é o processo de ensino-aprendizagem, mediado por tecnologias, onde professores e alunos estão separados espacial e/ou temporalmente.”

Há instituições de educação a distância totalmente virtuais, como é o caso da *Open University* na Inglaterra e a Universidade Nacional de Educação a Distância (UNED) na Espanha (MORAN, 1994). As tecnologias de comunicação virtual avançaram muito. A Internet já possui tecnologia *streaming*, transmissão de som e imagem em tempo real. O professor está em um estúdio de gravação, de onde será transmitida uma aula, ao vivo, e é possível a interação com alunos que estão em locais (cidades, estados, países) distintos (MORAN, 1994).

No Brasil, a EaD teve seu início entre 1922 e 1925, com Roquete Pinto e a Rádio Sociedade do Rio de Janeiro, através da transmissão de programas dedicados à cultura, com o objetivo de ampliar o acesso à Educação. (CHERMANN e BONINI *apud* SARAIVA, 1996, p.19). A Educação a Distância foi oficializada no Brasil em 1996 pela LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – lei nº 9394, de 20 de dezembro de 1996, pelo decreto nº 2494 de 10 de fevereiro de 1998 (GONZALEZ, 2005).

O advento da Internet revolucionou os cursos que vieram antes da EaD, como cursos por correspondência e os telecursos que ganharam inovações como o uso dos DVDs, CD-ROMs, tele e videoconferências. Houve uma verdadeira revolução tecnológica, social e pedagógica na Educação. As pessoas que antes não podiam estudar por falta de recursos econômicos e técnicos, viram na EaD a oportunidade de fazer parte dessa nova sociedade digital, que não tem fronteiras (GONZALEZ, 2005). Inúmeros projetos contribuíram para o crescimento da EaD no Brasil, dos quais alguns estão descritos na tabela 1 (GONZALEZ, 2005).

A Educação a Distância é uma opção para a formação continuada, para a aceleração profissional e para conciliar estudo e trabalho (MORAN, 1994). É dividida em quatro gerações. A primeira, são os cursos por correspondência; a segunda, são as transmissões radiofônicas e televisivas; a terceira, os meios de

transmissão e recepção de informação (cd, internet, fibra ótica, satélites) e a quarta é a atual em que vivemos: a escola virtual (CHERMANN e BONINI, 2000).

Tabela 1 – Crescimento da EaD no Brasil.

Ano	Acontecimento
1904	Cursos por correspondência em escola privadas internacionais.
1934	Rádio-Escola Municipal, no Rio de Janeiro, fundada por Roquete Pinto.
1939	Criado o Instituto Universal Brasileiro (cursos por correspondência).
1941	Primeira Universidade do Ar.
1947	Segunda Universidade do Ar patrocinada pelo Senac e Sesc.
1961 1965	MEB (Movimento de Educação de Base) – criado pelo governo federal e a igreja católica que usava um sistema radioeducativo: educação, conscientização, politização e educação sindicalista.
1970	Projeto Minerva – Fundação Padre Anchieta e Padre Landell de Moura para produção de textos e programas.
1972	Newton Sucupira é enviado à Inglaterra como conselheiro à frente de um grupo de educadores. O relatório final elaborado por esse grupo impôs um grande obstáculo à implantação da Universidade Aberta e a Distância no Brasil, pois mostrava uma posição reacionária às mudanças no sistema educacional brasileiro.
1980	Fundação Roberto Marinho cria telecursos para 1º e 2º graus
1992	Universidade Aberta de Brasília.
1996	UFSC implantou um programa de pós-graduação em Engenharia de Produção (mestrado e doutorado) que envolvia uma rede estadual de oito universidades oficiais e privadas e empresas de grande porte tecnológico.
1997	Mestrado Tecnológico em Logística (Petrobrás) ministrado pelo Laboratório de Ensino a Distância do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFSC.
2005	Faculdade Carioca implanta curso de graduação baseado em Lotus Notes para as disciplinas Administração, Economia, Ciências Contábeis, Comunicação Social, Desenho Industrial, Matemática e Letras.
2005	Escola do Futuro: cursos de Astronomia, Tratamento de Imagens e atualização de professores de Ensino Fundamental e Médio.
2005	Universidade Federal Paulista: Programas de Educação em Biologia Molecular e Engenharia Genética.

4.

5. 2.2. Por que um curso de EaD sobre índices de Miller?

Ao se descrever materiais cristalinos, é necessário especificar ou referenciar uma determinada posição do arranjo atômico do cristal, ou mesmo definir uma direção ou plano cristalográfico de átomos. Para tal, utilizam-se os

Índices de Miller, sistema que se popularizou a partir do século XIX (CALLISTER, 2008; SMITH, 2012).

A compreensão de como se determinar tais pontos, direções e planos pode ser facilitada por representações tridimensionais interativas das células unitárias dos cristais. Neste tipo de visualização é possível interagir com as imagens, observando-se o objeto por diferentes ângulos, algo incomum nas ilustrações bidimensionais de livros de ciência dos materiais e afins, adotados em cursos de graduação e pós-graduação.

A ilustração da FIG.1 trata de um exemplo de representação bidimensional de uma célula unitária tridimensional.

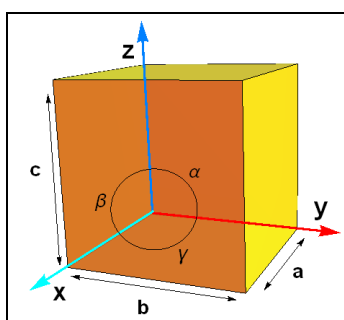


FIG.1 - Sistema de coordenadas na célula unitária.

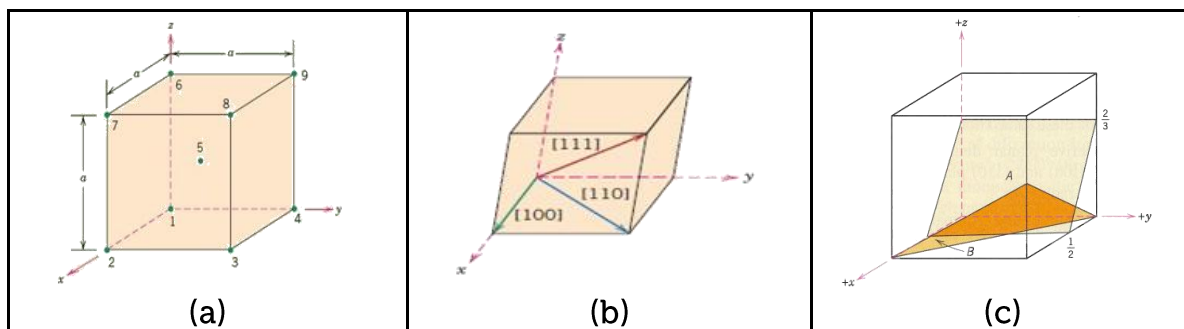


FIG.2 - Exemplos de pontos (a), direções (b) e planos cristalográficos (c) de uma célula cúbica (CALLISTER, 2008).

A análise das FIG.1 e FIG.2 permite identificar a dificuldade em compreender e determinar pontos, direções e planos cristalográficos no interior de uma célula cúbica, devido à bidimensionalidade das figuras. Essa foi a razão para desenvolver um curso EaD, que utilizasse os recursos de visualização científica como apoio para o aprendizado do tema.

6. 2.3. Visualização Científica

O termo surgiu em 1987 no relatório *Visualization in Scientific Computing* (McCORMICK et al., 1997).

A Visualização Científica é um método da computação para gerar imagens que auxiliem na compreensão de dados gerados pela simulação ou por medições físicas (HABER e MACNABB *apud* RAMOS, 2003). Ela transforma o simbólico no geométrico, permitindo que pesquisadores observem simulações e cálculos. Oferece um método para visualizar o que não está visível. Em muitos campos, está revolucionando a forma como os cientistas fazem ciência. É uma ferramenta para interpretar os dados inseridos no computador, e para a geração de imagens a partir de complexos conjuntos de dados multidimensionais (McCORMICK et al., 1997). Ela é aplicada em diversas áreas, incluindo engenharia, medicina, bioengenharia, geologia, meteorologia, entre outras. Suas diversas técnicas possibilitam a representação de dados escalares, vetoriais e tensoriais.

7. 2.3.1. Tridimensionalidade

É notória a dificuldade de visualização da tridimensionalidade por parte dos alunos. Exemplo disso são as células estudadas nas ciências da natureza, em sua maioria microscópicas, com tamanhos e formas variados, difíceis de representar fotográfica ou esquematicamente em duas dimensões. Assim, os alunos têm dificuldades de compreensão sobre as diferenças das células que constituem o corpo humano e suas reais dimensões, da forma como são representados nos livros didáticos (AMARAL, 2010).

Em seu trabalho, Delizoicov *apud* Amaral afirma que:

A maioria das ilustrações que se encontram nos bons livros é pouco explicativa para quem tem um primeiro contato com as informações a ser passadas. A utilização de cortes, de projeções bidimensionais, de perspectivas distorcidas e de ampliações tornam os objetos tridimensionais irreconhecíveis para a maioria dos sujeitos que os veem pela primeira vez.

Os modelos bidimensionais, vistos nos livros, prejudicam a aprendizagem, pois fazem com que os alunos construam conceitos, relações e dimensões

equivocados. O que nos leva a acreditar, que os modelos tridimensionais podem contribuir ativamente para um aprendizado mais próximo da realidade em estudo (AMARAL, 2010).

8. 2.4. Ambientes virtuais de aprendizagem – AVA

A Internet teve sua popularização na década de 90 trazendo o desenvolvimento tecnológico e com isso novas ferramentas e aplicativos. Os ambientes virtuais de aprendizagem tiveram seu início nesse momento (PAIVA, 2010).

Em 1998 (McGREAL *apud* PAIVA), foram listados 23 AVAs: *Forum, Virtual-U, Learning Space, Learning Server, Symposium, Web-CT, FirstClass, TopClass, ClassNet, CourseSite Generator, Flax, IBT Author, Mallard, Oracle Learning Architecture, Peebblesoft, Polis, Serf, ShareKnowledge, Socrates, The Learning Manager, ToolBook II Librarian, Web Course in a Box* e *Zebu*. Nessa lista, não foram incluídos o *Blackboard*, ambiente de muito sucesso no Brasil, junto com *WebCT, LearningSpace* e *FirstClass* (PAIVA, 2010). Devido a todos esses aplicativos terem um alto custo, grupos de pesquisa começaram a ser formados em grandes universidades para desenvolver ambientes virtuais de aprendizagem gratuitos e alguns com o código aberto.

Em seu trabalho, Paiva (2010) afirma que *os ambientes virtuais de aprendizagem oferecem espaços virtuais ideais para que os alunos possam se reunir, compartilhar, colaborar e aprender juntos*. Ressalta que, no Brasil, tais ambientes virtuais se popularizaram como AVAs, mas também receberam diferentes siglas em inglês: LMS (Learning Management System), CMS (Course Management System ou Content Management System), LCMS (Learning Content and Management System) e IMS (Instructional Management Systems). Tori (2010) utilizou a sigla LMS para identificar tais sistemas, embora considere que qualquer denominação empregada esteja correta e possa ser usada para denominar cursos a distância, *blended learning* ou como suporte a atividades presenciais.

Neste trabalho, será usada a sigla AVA para denominar os ambientes virtuais de aprendizagem, por ter sido a mais referenciada na pesquisa realizada.

De acordo com Paiva (2010) e Behar (2009), AVA é um espaço na Internet formado pelos sujeitos, suas comunicações e formas de interação numa plataforma cujo objetivo é aprender. Segundo Behar (2009), plataforma é uma infraestrutura tecnológica composta por comunicação síncrona, assíncrona e interface gráfica. A comunicação síncrona (*chat* e videoconferência) permite a comunicação entre as pessoas em tempo real, enquanto que a comunicação assíncrona (*fórum* e *e-mail*) dispensa a participação simultânea das pessoas.

Um bom AVA é aquele que disponibiliza em único ambiente tecnológico todos os componentes necessários para o estudo *online* (SIMÃO, 2008).

9. 2.4.1. Principais Recursos de um AVA

Alguns dos principais recursos de um Ambiente Virtual de Aprendizagem, segundo Tori (2010) são:

- a) Gerenciamento do curso e conteúdo: criação de cursos, disciplinas, matrícula de alunos, gerenciamento de senhas, registro de atividades e de acessos realizados pelos usuários, cálculo e publicação de notas, armazenamento, gerenciamento, edição e exibição de conteúdo multimídia.
- b) Correio eletrônico (*e-mail*) e sala de bate-papo (*chat room*): sala virtual para encontros e troca de mensagens síncronas, podendo ser de texto, vídeo ou voz.
- c) Fórum de discussão: local onde são postadas questões sobre o curso para serem debatidas pelos alunos.
- d) Quadro de avisos: área para publicação de informes de interesse geral.
- e) Compartilhamento de recursos: permite que um ou mais usuários compartilhem a tela, um documento ou recursos de seus computadores.
- f) Avaliação: correção de avaliações, programação de horário para disponibilização da avaliação aos alunos, controle de tempo de realização, correção automática, cálculo e publicação de médias,

geração de estatísticas e até mesmo *feedback* automático ao aluno sobre o seu desempenho.

3. Metodologia

Para escolher o AVA mais apropriado para desenvolver o curso EaD, optou-se por analisar os gratuitos (alguns de código aberto) adotados por instituições de ensino brasileiras. A pesquisa também foi embasada por livros que abordam o tema: "Educação sem Distância – As tecnologias Interativas na Redução de Distâncias em Ensino e Aprendizagem" (TORI, 2010), "Modelos Pedagógicos em Educação a Distância" (BEHAR, 2009), "EAD nas organizações" (MULLER, 2009), "Competências em educação a Distância" (BEHAR, 2009), por artigos científicos e pelos próprios sites de cada ambiente virtual. O buscador *GOOGLE* também foi consultado para obter os endereços eletrônicos das instituições de ensino.

As imagens tridimensionais interativas foram elaboradas no *software Wolfram Mathematica 10.0.1*, por ser um *software* oferecido aos alunos da USP e que possui um banco de imagens alimentado com dados de simulações reais. Os roteiros foram elaborados no *software Adobe Macromedia Flash 8.0*. As imagens das células unitárias CCC e CFC foram elaboradas no *software Solid Works 2013* por ser um *software* de modelagem 3D.

A parte teórica do curso foi embasada por livros que abordam o tema: "Ciência de Materiais Uma Introdução" (CALLISTER, 2008), "Fundamentos de Engenharia e Ciência dos Materiais" (SMITH, 2012), "Princípios de Ciência dos Materiais" (VAN VLACK, 1970) e "Introdução à Física do Estado Sólido" (KITTEL, 1978).

A estrutura do curso é assíncrona e a hospedagem foi feita pela empresa MCO2³.

O equipamento utilizado para o desenvolvimento do curso e das imagens foi um notebook com processador Intel Core i3, 4GB de memória RAM, disco rígido com capacidade de armazenamento de dados de 320GB e Internet banda larga de 10MB.

³ <<http://www.mco2.com.br>>.

4. Resultados

10. 4.1. Requisitos para a pesquisa dos AVA

Dois foram os requisitos:

- Ser gratuito - com código aberto ou não.
- Ser utilizado em grandes instituições de ensino brasileiras.

11. 4.2. Universidades Pesquisadas

Foi feita uma pesquisa dos AVA adotados em universidades brasileiras de renome e o resultado está na tabela 2.

Tabela 2 - Ambientes Virtuais de Aprendizagem nas universidades brasileiras de renome.

UNIVERSIDADE	SIGLA	AVA
Pontifícia Universidade Católica	PUC	Moodle/Teleduc
Universidade Anhembi Morumbi	-----	Moodle
Universidade de Brasília	UnB	Moodle
Universidade de São Paulo	USP	Tidia-Ae
Universidade do Estado de Minas Gerais	UEMG	Teleduc
Universidade Estadual de Campinas	UNICAMP	Moodle/Teleduc
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul	UERGS	Moodle
Universidade Federal da Bahia	UFBA	Moodle
Universidade Federal de Minas Gerais	UFMG	Teleduc
Universidade Federal de Pernambuco	UFPE	Amadeus
Universidade Federal de São Carlos	UFSCAR	Moodle
Universidade Federal de São Paulo	UNIFESP	Moodle
Universidade Federal do ABC	UFABC	Tidia-Ae
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	UFRGS	Moodle
Universidade Presbiteriana Mackenzie	UPM	Moodle
Universidade Federal do Paraná	UFPR	Moodle

De acordo com a tabela 2, o ambiente virtual de aprendizagem **MOODLE** é o mais utilizado entre as universidades brasileiras.

12. 4.3. Desenvolvimento do curso EaD

13. 4.3.1. Plataforma escolhida

O **MOODLE** foi a plataforma escolhida para desenvolver o curso. O que levou a essa escolha foram os seguintes elementos:

- a) ser gratuito e código aberto;
- b) usado em universidades brasileiras de renome;
- c) existir uma comunidade mundial que faz uso dessa plataforma;
- d) usado no IPEN – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares;
- e) fácil acesso.

14. 4.3.2. Hospedagem do curso

O curso foi hospedado no servidor *web* MCO2, que executou toda a instalação da plataforma de ensino **MOODLE** versão 2.6.4. Pretende-se que o curso, no futuro, seja hospedado no servidor do IPEN. Para tanto, a versão do **MOODLE** instalada atualmente naquele servidor deverá ser atualizada.

15. 4.3.3. Domínio do curso

O domínio é o endereço do *website*: *www.tnm-indices-de-miller.com/novo*.

16. 4.3.4. Home Page do curso

A imagem abaixo (FIG.3) ⁴ representa a *home page* do curso. É exibida logo após ser digitado o domínio do curso. O aluno deverá clicar no *link* **cursos** para ter acesso aos seus cursos.

⁴ <<http://www.tnm-indices-de-miller.com/novo>>.

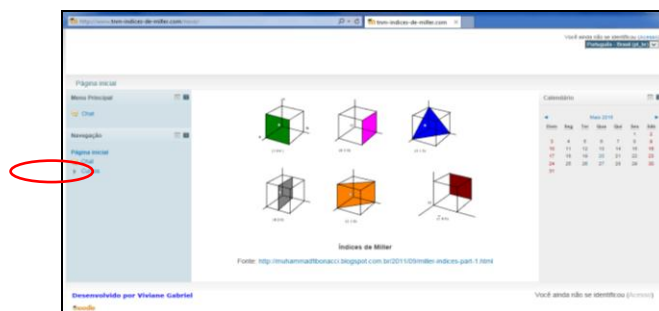


FIG.3 – Página principal do curso

17.4.3.5. Divisão do curso

O curso é dividido em tópicos e subtópicos que contemplam os conhecimentos básicos que o aluno deve ter sobre a disciplina Ciência dos Materiais.

Cada tópico contém uma breve descrição sobre o assunto abordado, sendo que os tópicos Coordenadas dos Pontos, Direções Cristalográficas e Planos Cristalográficos possuem roteiros autoexplicativos e exemplos interativos desenvolvidos nos softwares *Adobe Flash* e *Wolfram Mathematica*, respectivamente. Ao final de cada tópico, há exercícios de múltipla escolha e exercícios que o aluno resolve e envia ao professor através da ferramenta Tarefa.

18.4.3.6. Exemplo de Roteiro – A partir do traço de uma direção encontrar seus índices

As figuras de 4 a 7⁵ correspondem ao roteiro para encontrarmos os índices da direção assinalada no interior da célula unitária.

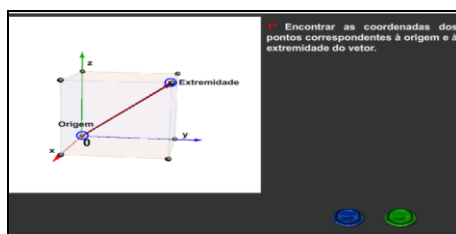


FIG.4 – Encontrar as coordenadas dos pontos

⁵ <<http://www.tnm-indices-de-miller.com/novo>>.

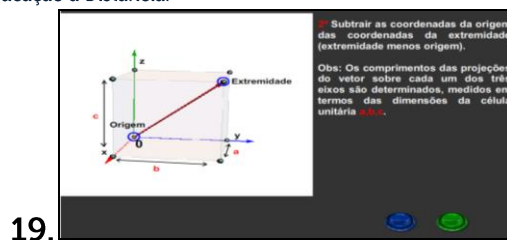


FIG.5 – Subtrair as coordenadas da origem das coordenadas da extremidade

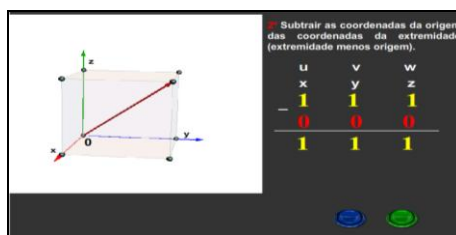


FIG.6 – Subtrair as coordenadas da origem das coordenadas da extremidade

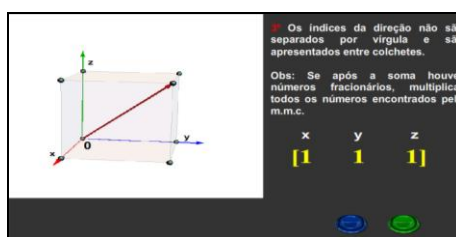


FIG.7 - Os índices encontrados são [111]

20. 4.3.7. Exemplo Interativo de direção cristalográfica

A figura abaixo, FIG.7⁶, ilustra um exemplo interativo de plano cristalográfico apresentado no curso.

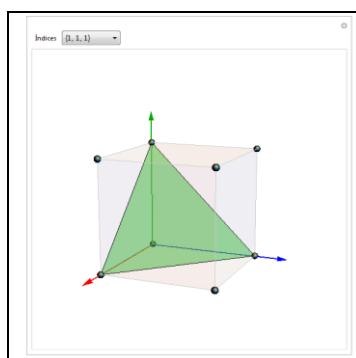


FIG.7 – Direção Cristalográfica

5 Conclusões

⁶ <<http://www.tnm-indices-de-miller.com/novo>>.

Foi elaborado um curso de Educação a Distância com a temática proposta neste trabalho, a partir da plataforma *Moodle*, acessível a alunos de graduação e pós-graduação do IPEN.

O curso foi estruturado de modo que o aluno possa compreender como determinar os índices de pontos, direções e planos cristalográficos a partir da indicação ou traço destes elementos em uma célula cúbica. O caminho inverso, ou seja, localizar pontos e traçar direções e planos a partir dos seus índices também foi contemplado.

As imagens para a visualização tridimensional interativa, componentes fundamentais desse trabalho, foram desenvolvidas no programa *Wolfram Mathematica 10.1*. Os roteiros para determinar pontos, direções e planos cristalográficos foram elaborados com o auxílio do programa *Adobe Macromedia Flash 8.0* e as outras imagens que ilustram o curso foram criadas no programa *Solid Works*. Espera-se que a possibilidade de interação com as representações tridimensionais possa auxiliar aqueles que possuem dificuldades de visualização espacial.

O código de programação das representações tridimensionais interativas pode ser implementado para outros planos e direções.

Ao final do curso, há um questionário sobre sua estrutura e compreensão dos conceitos teóricos disponibilizados, para que se possa aprimorá-lo. Esse questionário deverá ser respondido pelos próprios alunos que farão o curso.

CRYSTALLOGRAPHIC MILLER INDICES: A PROPOSAL IN DISTANCE EDUCATION

ABSTRACT: *In the study of the crystal structure of materials, pertaining to the discipline of materials science and others alike, students have been shown great difficulty on understanding how identify points, directions and plans using the standard notation with the well known Miller indices. Part of this issue arises from the need to visualize something that is three dimensional in only two dimensions. To overcome this problem a asynchronous Distance Education course was created for undergraduated and graduated students, helping them on determining crystallographic Miller indices by means of three-dimensional visualization resources. In the present version of the course only the crystal cubic system was covered. Three-dimensional representations were created using Wolfram Mathematica 10.1. The course were built in a virtual free-learning environment (MOODLE 2.6.4) and hosted in a dedicated commercial server (MCO2). For determining crystal points, directions and planes, guide instructions were worked out with the support of Adobe Macromedia Flash 8.0. Some pictures were created with Solid*

Works. Course interactivity is accomplished by proposed exercises and chat among the participants. For providing continuous improvement, students at the end can answer a survey about the course structure and the available theoretical concepts.

Keywords: *Three-dimensional, Distance Education, Crystal Structure, Interactive Visualization, Learning.*

Referências bibliográficas

AMARAL, S. R. **Estratégia para o Ensino de Ciências: Modelos Tridimensionais – Uma Nova Abordagem no Ensino do Conceito.** Bandeirantes, 2010. Disponível em: <<http://migre.me/ILv7z>>. Acesso em: 19 set. 2014.

BEHAR, P. A. **Modelos Pedagógicos em Educação a Distância.** Porto Alegre: Armed, 2009. p. 29.

_____. **Competências em Educação a Distância.** Porto Alegre: Penso, 2006. p. 59.

CALLISTER JÚNIOR, W. D. **Ciência de Materiais Uma Introdução.** In: _____. **A estrutura dos Sólidos Cristalinos.** Rio de Janeiro: LTC, 2008. cap. 3, p. 29-43.

CHERMANN, M.; BONINI, L.M. **Educação a Distância: Novas Tecnologias em ambientes de aprendizagem pela Internet.** In: _____. **O que é Educação a Distância?** São Paulo: Universidade Braz Cubas, 2000. cap. 1, p. 17-25.

_____. **Educação a Distância: Novas Tecnologias em ambientes de aprendizagem pela Internet.** In: _____. **Modelo Teórico de Aprendizagem.** São Paulo: Universidade Braz Cubas, 2000. cap. 2, p. 35-37.

GONZALEZ, M. **Fundamentos da Tutoria em Educação a Distância.** In: _____. **Conhecendo Políticas de EaD no Brasil.** São Paulo: Avercamp, 2005. cap. 1, p. 25.

_____. **Fundamentos da Tutoria em Educação a Distância.** In: _____. **Perspectivas Históricas da EaD.** São Paulo: Avercamp, 2005. cap. 2, p. 33.

ÍNDICES cristalográficos de Miller: uma proposta em educação a distância. **Página on-line do curso.** Disponível em: <<http://www.tnm-indices-de-miller.com/novo>>. Acesso em: 08 abr. 2015.

KITTEL, C. **Introdução à Física do Estado Sólido.** In: _____. **Estrutura Cristalina.** Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978. cap. 1, p. 3-18.

McCORMICK, B.H.; DeFANTI, T.A.; BROWN, M.D. **Visualization in Scientific Computing.** *Computer Graphics*, New York, NY, ACM SIGGRAPH, v.21, n.6, p. 13, nov. 1987.

MCO2 - Hospedagem Inteligente. Disponível em: [≤https://www.mco2.com.br≥](https://www.mco2.com.br). Acesso em: 19 set. 2014.

MORAN, J.M. O que é educação a distância. Rio de Janeiro: SENAI, ano 1, n.5, out-dez. 1994, p. 1-3. Disponível em: [≤http://migre.me/k9L3k≥](http://migre.me/k9L3k). Acesso em: 14 mai. 2014.

MULLER, C.C. EAD nas organizações. Curitiba: IESDE BRASIL SA, 2009. p. 54.

OLIVEIRA, E.G. Educação a Distância na transição pragmática. In: _____. **Uma rede teórico-metodológica dos novos tempos, espaços e paradigmas**. Campinas: Papirus, 2003. cap. 1, p. 35.

PAIVA, V.M. Ambientes virtuais de aprendizagem: implicações epistemológicas. **Educação em Revista**, v. 26, n.3. Belo Horizonte, dez. 2010. Disponível em: [≤http://migre.me/muCM7≥](http://migre.me/muCM7). Acesso em: 19 set. 2014.

RAMOS, C. da S. **Visualização Cartográfica e Cartografia Multimídia Conceitos e tecnologias**. UNESP, 2003. p. 34 [≤http://migre.me/q9dAd>](http://migre.me/q9dAd). Acesso em: 10 abr. 2015.

SIMÃO NETO, A. **Cenários e Modalidades de Ead**. Curitiba: IESDE BRASIL SA, 2008. p.124.

SMITH, W.F.; HASHEMI, J. Fundamentos de Engenharia e Ciência dos Materiais. In: _____. **Estrutura Cristalina e Amorfa nos metais**. São Paulo: McGraw-Hill, 2012. cap. 3, p. 59-73.

TORI, R. Educação sem distância: As tecnologias interativas na redução de distâncias em ensino e aprendizagem. In: _____. **Sistemas de gerenciamento de Conteúdo e Aprendizagem**. São Paulo: Senac, 2010. cap. 9, p. 129-148.

UEMG. **Página on-line do projeto**. Disponível em: [≤www.uemg.br≥](http://www.uemg.br). Acesso em: 29 jun. 2014.

UERGS. **Página on-line do projeto**. Disponível em: [≤http://migre.me/kb3Vq≥](http://migre.me/kb3Vq). Acesso em: 29 jun. 2014.

UFABC. **Página on-line do projeto**. Disponível em: [≤http://tidia-ae.ufabc.edu.br/portal≥](http://tidia-ae.ufabc.edu.br/portal). Acesso em: 29 jun. 2014.

UFMG. **Página on-line do projeto**. Disponível em: [≤www.ufmg.br≥](http://www.ufmg.br). Acesso em: 29 jun. 2014.

UFPR. **Página on-line do projeto**. Disponível em: [≤http://www.ufpr.br/portalufpr/educacao-a-distancia-ead/≥](http://www.ufpr.br/portalufpr/educacao-a-distancia-ead). Acesso em: 29 jun. 2014.

UFRGS. **Página on-line do projeto**. Disponível em:

[≤https://moodle.ufrgs.br/login/index.php>](https://moodle.ufrgs.br/login/index.php). Acesso em: 29 jun. 2014.

UFSCAR. **Página on-line do projeto.** Disponível em:

[≤http://www.moodle.ufscar.br/>](http://www.moodle.ufscar.br/). Acesso em: 29 jun. 2014.

UNICAMP. **Página on-line do projeto.** Disponível em: [≤http://migre.me/kb3hE>](http://migre.me/kb3hE).

Acesso em: 29 jun. 2014.

_____. **Página on-line do projeto.** Disponível em:

[<http://www.ggte.unicamp.br/moodle/>](http://www.ggte.unicamp.br/moodle/). Acesso em: 29 jun. 2014.

UNIFESP. **Página on-line do projeto.** Disponível em:

[<http://moodle.unifesp.br/graduacao/>](http://moodle.unifesp.br/graduacao/). Acesso em: 29 jun. 2014.

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI. **Página on-line do projeto.** Disponível em:

[<http://migre.me/kb3sr>](http://migre.me/kb3sr). Acesso em: 29 jun. 2014.

VAN VLACK, L. H. Princípios de Ciência dos Materiais. In: _____. **Arranjos Atômicos.** São Paulo: Edgard Blücher, 1970. cap. 3, p. 51-64.