

## ESTRUTURA DOS METAIS VIA RECURSOS MULTIMÍDIA

Ingeborg Kühn - [ingeborg@emc.ufsc.br](mailto:ingeborg@emc.ufsc.br)

Pedro Amedeo Nanetti Bernardini – [pedro@materiais.ufsc.br](mailto:pedro@materiais.ufsc.br)

**Matheus Fontanelle Pereira**

Universidade Federal de Santa Catarina  
Departamento de Engenharia Mecânica  
Campus Universitário - Trindade / Caixa Postal 476  
88040-900 - Florianópolis, SC, Brasil

**Resumo.** *O estudo da estrutura dos materiais começa necessariamente pelo estudo das formas que os átomos utilizam para se agrupar. É devido aos arranjos atômicos que se encontram materiais diferentes, ou seja, com características distintas. É também devido a este entendimento que é possível desenvolver novos materiais. O primeiro problema que surge quando do entendimento dos arranjos atômicos é o da visualização no espaço 3D de elementos “imaginários”, uma vez que átomos não são visíveis nem nos mais poderosos microscópios eletrônicos. Neste artigo, a partir de reflexões sobre a epistemologia do conhecimento e a epistemologia associada às representações em software, apresentam-se os critérios utilizados para a construção de uma ferramenta de auxílio à problemática acima referenciada. Esta ferramenta consiste em um produto multimídia com características hipertextuais contendo uma série de imagens animadas que procuram simular os arranjos cristalinos mais comumente encontrados nos materiais metálicos. Este produto, que está disponibilizado na Internet, tem como vantagem adicional propiciar ao alunado o controle sobre a seqüência de animação, tal que etapas de interesse possam ser visualizadas repetida e independentemente.*

**Palavras-chave:** *Estruturas Cristalinas, Modelos Geométricos, Imagens Interativas.*

### 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem aumentado rapidamente a difusão das novas tecnologias da informação e comunicação. Elas começaram a fazer parte do nosso dia-a-dia, em casa, no trabalho, na escola. A magia da comunicação, através de imagens, som e texto, transformou o mundo numa Aldeia Global com uma nova dimensão espaço-temporal. Neste contexto, a educação adquire - ou deveria adquirir - um papel fundamental, preparando os alunos para o futuro, dotando-os dos instrumentos que lhes permitam traçar o seu próprio caminho, de forma autônoma e adulta. Compete aos profissionais da educação saber dominar as

potencialidades da tecnologia onipresente e colocá-las ao dispor do aluno. É importante usar a tecnologia para educar, bem como saber educar para a tecnologia da sociedade da informação.

Entre as novas ferramentas concretizadas pela tecnologia destaca-se a multimídia (veiculada via um *site* na Internet ou um título específico em CD-Rom), nova forma de comunicação, poderoso instrumento ao serviço da educação. As razões para utilizar ambientes virtuais em contexto educativo são várias: facilita a obtenção da motivação, experiências em primeira mão, um ensino-aprendizagem pela descoberta, o controle do espaço e do tempo, o desenvolvimento de capacidades e a superação de dificuldades. Em mundos multidisciplinares especialmente adaptados às suas características, os sentidos dos alunos são re-educados, o erro adquire um valor educativo, a conceitualização é preparada, a comunicação à distância enriquece-se.

O papel do professor altera-se mas permanece fundamental e os ambientes virtuais, onde a simulação facilita o conhecimento e a compreensão da realidade envolvente, favorecem a implantação de um novo paradigma educativo, que encara a educação como um processo dinâmico e criativo e os alunos como seres autônomos e completos, capazes de construir o seu próprio saber.

Real e virtual surgem cada vez mais associados, este simulando aquele, o primeiro diluindo-se no segundo; longe de se oporem são dois conceitos que se completam e que podem ser utilizados para a construção de uma escola aberta, que dote os alunos das capacidades cognitivas, sociais e afetivas de que necessitarão ao longo da vida.

Partindo destas considerações iniciais, este trabalho comenta acerca da epistemologia do conhecimento e da epistemologia associada às representações em software e finaliza apresentando um produto multimídia com características hipertextuais especialmente desenvolvido para auxiliar o estudo dos arranjos atômicos em ciência dos materiais.

## 2. A LINGUAGEM MULTIMÍDIA

A linguagem de um meio adequa-se e desenvolve-se a partir das possibilidades e limitações que o meio oferece. MacLuhan (1964) afirmava que a linguagem de um novo canal traz consigo características do canal (ou canais) que o antecede. Por exemplo, a linguagem do cinema se desenvolveu a partir da fotografia e do teatro. Mas, claro, precisou desenvolver técnicas inéditas adequadas às então novas tecnologias (como a montagem, movimentos de câmera e de lente, etc.). Já a televisão abarcou uma série de técnicas desenvolvidas especificamente para o cinema, mas teve de adaptá-las às suas limitações (tela pequena, baixa definição da imagem, etc.).

O mesmo ocorre com a multimídia, que pode trabalhar com texto, ilustrações, fotos, vídeos e sons simultaneamente. Esse novo meio adapta a linguagem de canais anteriores como tevê, rádio, fotografia, jornal, etc. às suas próprias possibilidades e limitações.

É comum que se desenvolvam textos para multimídia como se fossem para livros ou revistas; que os vídeos tenham forma e conteúdo similares aos usados em TV; e ilustrações e fotos sejam produzidas como se fossem ser publicadas em meios impressos tradicionais. Porém, essa produção pode não cumprir seus objetivos comunicacionais, pois não foi produzida, especificamente, para um CD-ROM ou um *site* da Internet. Isto é, utiliza-se da linguagem tradicional e não de um código adequado à multimídia e suas características.

As possibilidades e, principalmente, as limitações do meio interativo urgem uma linguagem nova (Primo, 1997). Se não nova, reformulada e repensada. Que possa permitir o máximo em conteúdo informativo, sem esbarrar no super-dimensionamento da técnica trazendo prejuízos e ruídos à interação.

A característica interativa dos produtos multimídia possibilita que o manuseio de informações se dê de forma natural e não forçada. Nossa atividade cognitiva não funciona de

forma linear, onde uma informação leva necessariamente a outra. Nosso aparato cognitivo trabalha com associações entre informações que nem sempre parecem lógicas. A multimídia permite uma aproximação ao trabalho cognitivo natural. Como as informações em um bom produto multimídia podem ser cruzadas, confrontadas e conjugadas a qualquer momento, além de poderem ser avaliadas nas mais variadas ordens e até desordenadamente, a multimídia torna-se uma fonte de informações que oferece poucos limites a atividade cognitiva normal.

Na verdade, o diferencial preponderante da multimídia é a sua não-linearidade. Um programa de TV ou um livro de ficção tem suas mensagens recebidas de forma linear. Isto é, a seqüência das informações é única e imutável (tem um mesmo começo, um mesmo meio e um mesmo fim). Cada parte depende da anterior. Nos meios tradicionais restam poucas atitudes possíveis aos usuários: virar a página, buscar uma referência no rodapé ou ao fim do livro, aumentar ou diminuir o volume da TV, etc. A multimídia permite ao usuário escolher que informações quer receber primeiro. Ele pode recusar-se a ver um vídeo e rever várias vezes um slide-show de sua preferência. Já na TV e no rádio, como as informações são transmitidas em um fluxo seqüencial o receptor não tem chance de bloquear ou alterar a seqüência.

É bem verdade que canais tradicionais como o livro já possibilitavam uma leitura de certa forma não-linear ao remeter o leitor a notas de rodapé ou de fim de capítulo, a ilustrações em caderno em cores e a capítulos ou obras diferentes. Porém, tal tímido recurso não se compara a capacidade não-linear do suporte informático.

Alguns educadores temem a utilização da multimídia pois acreditam que o seu uso possa trazer uma imagem reduzida, parcial e tendenciosa do mundo e da realidade. Rheingold (1990) oferece um estudo de oposição a essa crítica. Através de uma análise cognitivista, esse autor lembra que o ser humano tende sempre a produzir modelos mentais da realidade. Portanto, na verdade o que percebemos é uma representação de realidade que existe apenas em nossas mentes. É justamente essa capacidade de simulação que a mente humana e o computador possuem que oferece um grande potencial de sinergia entre as duas entidades (Kühn & Kühn, 1997). Como o computador é uma ferramenta de simulação por excelência, torna-se um canal potente de expressão e representação cognitiva. Rheingold lembra a observação de Baudrillard de que hoje o mapa não depende da existência prévia do território. Um objeto ou um fenômeno pode hoje ser representado antes mesmo da existência real de tal objeto ou fenômeno. O computador então amplia significativamente nosso poder de representação.

Até aqui, deu-se muita ênfase a interação a partir da capacidade do sistema multimídia. É preciso agora analisar a interatividade sob outro ângulo, pois, do contrário, o interagente humano acaba sendo posicionado apenas como um disparador de programas.

Sims (1995), em *Interactivity: a forgotten art?* comenta que não é mais adequado trivializar a interatividade ao simples ato de selecionar opções em menu, objetos clicáveis ou seqüências lineares. O autor considera que a implementação da interatividade é uma arte pois ela exige a compreensão das amplitudes de níveis e demandas, incluindo o entendimento do aluno, uma apreciação das capacidades de engenharia de software, a importância da produção rigorosa de contextos instrucionais e a aplicação de interfaces gráficas adequadas. Ele entende que a interatividade multimídia-usuário/aluno deve ser descrita como uma atividade entre dois organismos, sendo que um deles é um aplicativo informático. Nesse caso uma interação de qualidade só emerge quando as respostas do computador sejam adequadas com as necessidades informativas do usuário.

Berlo (1991) identifica que existe uma relação de interdependência na interação, onde cada agente depende do outro, isto é, cada qual influencia o outro. Essa interdependência, por sua vez, varia em grau, qualidade e de contexto para contexto. Alerta, porém, para a limitação em entender-se a interação apenas como ação e reação. Segundo Littlejohn (1992), os

comportamentos são construídos pela pessoa durante o curso da ação, logo o comportamento não é reativo ou mecanicista; a conduta humana depende da definição da situação pelo ator; e o eu é constituído por definições tanto sociais como pessoais.

As perspectivas que valorizam a máquina e seus recursos acabam por apresentar um quadro tão ilusório e otimista que parece garantir que um aluno pode em um programa multimídia encontrar tudo o que precisa para sua formação, sem que haja a necessidade do professor, de colegas ou de ações reais. Por outro lado, as perspectivas que dão importância apenas ao aluno, também minimizam a importância da interatividade, do choque de idéias, enfim, da construção pela ação.

### 3. A MULTIMÍDIA NA EDUCAÇÃO

A multimídia na escola deve ser usada para enriquecer o processo educacional (Vaughan, 1994). Somente o professor pode dar tratamento individualizado e diferenciado. Os títulos multimídia por mais completos que sejam não podem cobrir todas as dúvidas que porventura podem ocorrer a um aluno. Assim, em situações aonde títulos multimídia venham a ser utilizados, o professor deve assumir uma posição de mentor ou guia durante a utilização do computador e de mediador de debates após o uso do mesmo (Primo, 1996).

As disciplinas que tradicionalmente oferecem alguma dificuldade aos alunos por tratarem de assuntos que exigem grande abstração, podem se valer do poder de simulação da multimídia. Em vez de uma explicação textual sobre um conceito que havia gerado dúvida, pode-se receber um complemento informativo através de diferentes mídias como gráfico ou vídeo. O aluno pode então escolher se quer ver tal assunto em foto(s) ou vídeo(s), por exemplo, ou se prefere assistir a todas as informações disponíveis.

#### 3.1 O caso das ciências dos materiais

*“Existem apenas cerca de 100 tipos de átomos em todo o universo, dependendo de como eles estão arranjados uns em relação aos outros, podem formar árvores ou pneus, cinzas ou animais, água ou o ar que respiramos, etc. A estrutura determina não apenas a aparência dos materiais, mas também suas propriedades. Quando um isolante elétrico pode tornar-se um supercondutor, um lápis um diamante, uma simples gripe uma tremenda virose, começamos a compreender como é importante conhecer a estrutura dos materiais”*

É assim que iniciamos a informação textual no sistema multimídia desenvolvido para complementar o estudo de ciência dos materiais. Os modelos dos arranjos atômicos constituem um conhecimento básico a partir do qual vão se delineando conceitos mais complexos como os de deformação e resistência, até que seja entendida a fenomenologia associada à tríade **Microestrutura Û Processamento Û Propriedades e Desempenho**.

Embora os modelos dos arranjos atômicos sejam relativamente simples, sua visualização e conseqüente entendimento por parte do alunado têm mostrado uma certa dificuldade. Talvez pelo simples fato de que átomos não sejam “visíveis”, não sejam parte do cotidiano - o que se conhece de fato são as interações entre eles. E mais, os átomos especificamente possuem dimensões além da nossa capacidade de imaginação (Kühn & Pereira, 2000).

Os modelos dos arranjos atômicos são um excelente substituto racional do inobservável. Por serem geométricos, permitem que sejam criadas soluções multimídia aonde se aproveite todo o potencial que as imagens oferecem. Este fato foi devidamente considerado quando do desenvolvimento do sistema aqui em análise.

### 4. ESTRUTURA DA MATÉRIA VIA MULTIMÍDIA

Para uma melhor avaliação do recurso multimídia desenvolvido nas análises que se seguem, adotou-se algumas páginas que compõem este produto para inicialmente identificar as relações estruturais e formais entre os diferentes elementos da composição, sua materialidade, os códigos e as qualidades concretas entre si (Análise Sintática). Em seguida, as relações do sistema com o seu conteúdo serão indicadas (Análise Semântica) para depois, no domínio do simbólico (Análise Pragmática), trabalhar com as relações entre o sistema, seu conteúdo e os significados para os usuários/alunos.

#### 4.1 ANÁLISE SINTÁTICA

*Do suporte* - O suporte deste sistema é a estrutura de comunicação em redes, a Internet (Figura 1), que possui como mediador para atualização das suas informações o próprio computador e suas interfaces (monitor, modem, impressora, linguagens de programação).



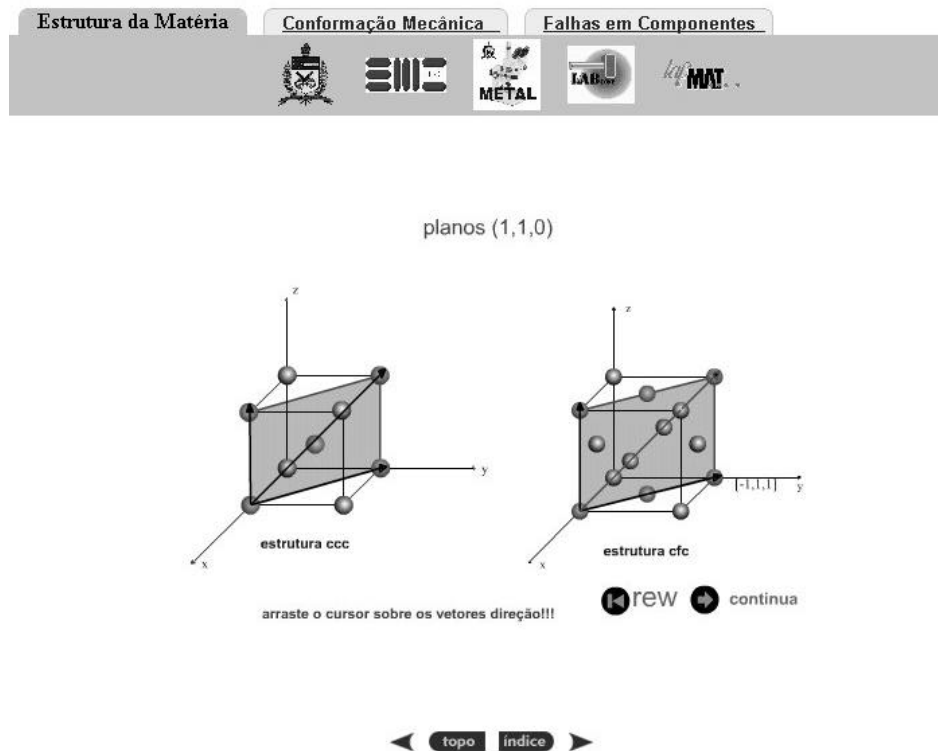
**Figura 1** – Páginas iniciais do recurso multimídia desenvolvido para complementar o estudo de arranjos atômicos em ciência dos materiais.

*Da composição* - A composição é gerada pela aplicação de linguagens de programação e podemos dizer que definem dois níveis de composição: a composição estática, que se refere ao posicionamento dos elementos relacionados à composição gráfica das páginas, e a composição dinâmica, que trata das possibilidades de deslocamentos na mesma página e entre as páginas, a própria navegação. Na composição estática os elementos visuais, que compõem as páginas e que estabelecem as configurações são linhas, planos, formas, texturas e tipologia

que interagem segundo relações de cor, dimensão, posição e movimento (sobreposição, permutação, rebatimento, repetição, justaposição).

Este sistema multimídia se fundamenta na qualidade de imagens não verbais, que se valem de suas qualidades plásticas e dinâmicas para corporificar os modelos dos arranjos atômicos. A maioria das imagens apresenta forma figurativa e é tridimensional. A narrativa neste sistema é sustentada pela imagem (Figuras 2 a 6).

Referências indiciais de direção, localização e espaço são identificadas em algumas formas geométricas como a seta que representa direção (Figura 2).



**Figura 2** – Direções cristalinas interativas - o usuário/aluno determina o fluxo informativo; arrastando o mouse sobre os planos, surgem, em cor diferenciada, as direções pertinentes.

## 4.2 ANÁLISE SEMÂNTICA

A simples navegação pelo site amplia a possibilidade da composição dinâmica, ao considerar-se que a cada percurso estabelecido pelo usuário se forma uma diferente narrativa imagética. Torna-se então importante reconhecer que a navegação acontece não linearmente, embora exista um fluxograma estabelecido, uma estrutura interna que organiza em potência todas as configurações de distribuição dos nós a serem visitados.

Um recurso bastante utilizado foi a seqüência dinâmica de imagens, uma vez que esta possibilita representações não ambíguas dos conceitos. A Figura 2 apresenta uma das imagens de uma seqüência que mostra as três famílias principais de planos de deslizamento sobre uma célula unitária, tanto para o sistema cúbico de corpo centrado como para o sistema cúbico de face centrada. Movendo o cursor sobre um plano surgem ou desaparecem as possíveis direções de deslizamento. O uso de cores (presentes no site) auxilia nesta ilustração.

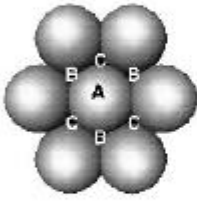
Já a Figura 5 ilustra uma seqüência de imagens que evidencia como é feito o corte da estrutura cristalina por um plano e quais os átomos que são afetados por este corte, caracterizando desta forma o empilhamento atômico numa dada situação. Os botões, neste

caso, propiciam ainda ao usuário/aluno o controle sobre a seqüência de animação, tal que etapas de interesse possam ser visualizadas repetida e independentemente.

Apresentação | Estrutura da Matéria | Conformação Mecânica | Falhas em Componentes

Formando os materiais

como os átomos se arranjam?



Imagine um monte de bolas de gude em uma caixa de sapato. Esta era a forma padrão de como as estruturas eram visualizadas antes do computador. As bolas tendem a ficar arranjadas de forma a melhor ocupar o espaço. Este arranjo é chamado **empacotamento compacto** – você também pode comparar este arranjo ao de uma pilha de laranjas no supermercado: note como as laranjas formam um padrão. Cada laranja rotulada de **A** estará rodeada por seis outras laranjas em uma mesma camada. Veja os "buracos" (espaços vazios) chamados **B** e **C**. Podemos colocar uma segunda camada de laranjas empacotadas compactamente tanto sobre as posições **B** como sobre as posições **A** (mas não ao mesmo tempo). Desta forma, podemos construir uma estrutura em 3D.

empacotamento compacto

Esta estrutura corresponde a alguma coisa na natureza (além das laranjas no supermercado)? Uma pilha de camadas do tipo **ABC,ABC...** representa a estrutura atômica **cúbica de empacotamento compacto**, que o **ouro** possui conforme determinado por raios-X. Átomos estão colocados nos vértices de um cubo, com átomos adicionais nos centros de cada face do cubo; por esta razão esta estrutura é normalmente conhecida por **cúbica de face centrada** ou **ccf**. Muitos metais tem esta estrutura, tais como o alumínio e o cobre.

estrutura cúbica de face centrada do ouro →




Figura 3 – Empacotamento atômico – e exemplo da pilha de laranjas no supermercado.

Apresentação | Estrutura da Matéria | Conformação Mecânica | Falhas em Componentes

Supercondutores

química do estado sólido

Os óxidos, como a sílica, normalmente são isolantes porque seus elétrons estão fortemente associados com as ligações individuais ou iões. Os metais podem ser bons condutores porque seus elétrons estão relativamente livres. Mas há óxidos que podem se tornar condutores metálicos, ou mesmo supercondutores. Os mais interessantes contêm átomos de valência 'misturados', como o cobre, que pode deixar livre um número variável de elétrons quando ligado. De acordo com as ideias de Linus Pauling sobre ligações químicas, olhando para a coordenação destes átomos, podemos inferir algo sobre a sua valência.



Por exemplo, vejamos a coordenação do cobre em um dos novos óxidos cerâmicos supercondutores:  $YBa_2Cu_3O_7$  (YBCO). O cobre (Cu) são os átomos verdes, o oxigênio é como sempre vermelho e o bário é azul. Pode-se ver que há dois tipos de átomos de cobre - aqueles que são coordenados por 4 átomos de oxigênio (losangos verdes), típico do íon divalente  $Cu^{++}$ , e aqueles que têm um quinto átomo de oxigênio (pirâmides verdes). Este material tem resistência elétrica zero até mesmo na temperatura do ar líquido - baixa, mas possível de ser alcançada. Este é fato é verdadeiramente incrível, e, há alguns anos atrás, teria sido pensado como impossível.

←  $YBa_2Cu_3O_7$

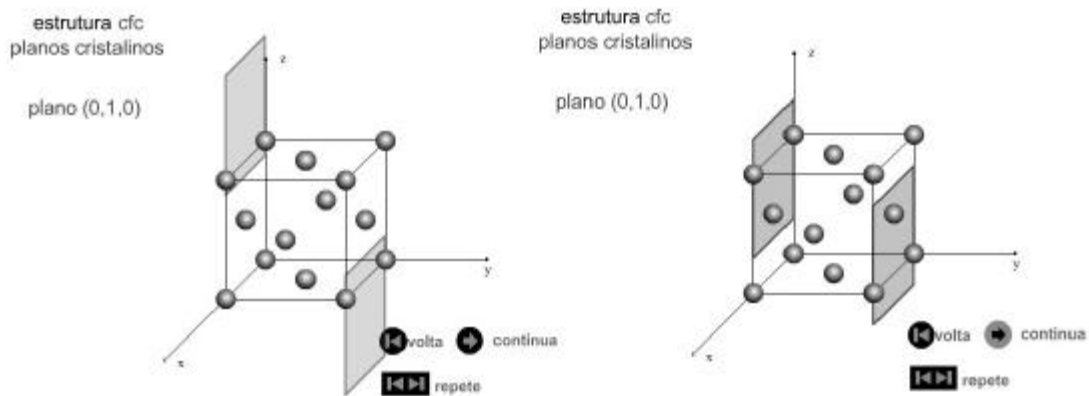
Se aquecemos este magnífico supercondutor na ausência de oxigênio, ele perde um de seus átomos de oxigênio e se torna o isolante  $YBa_2Cu_3O_6$  com uma estrutura bem parecida à que lhe deu origem. O oxigênio é perdido de um local bem particular: as cadeias de  $CuO_4$  (losangos). O cobre nestes losangos é deixado com só dois átomos de oxigênio, típico do íon monovalente  $Cu^+$ . Diz-se que o cobre é reduzido de  $Cu^{++}$  para  $Cu^+$ . O oxigênio e a supercondutividade podem ser restabelecidos novamente através da oxidação do cobre de



Figura 4 – Simplificando a química do estado sólido com exemplos de supercondutores.

## 4.2 ANÁLISE PRAGMÁTICA

Neste nível de análise, os significados associados à visualização e à navegação do site dependem do repertório do usuário/aluno. Uma vez que é possível uma incursão não linear, hipertextual e interativa, o sistema permite uma exposição que envolve significados mais profundos quando trata o comportamento, a complexa relação humana com o virtual tecnológico. As imagens trabalham com a expectativa do usuário, propõem uma busca para determinar *links* e estabelecem relações de sentido (Figura 6). Estas relações de significado rompem com o esperado e são reforçadas pelos processos de reconstrução e de veiculação de informações neste meio.



**Figura 5** – Parte das imagens que apresentam em animação o corte de uma célula unitária do sistema cúbico de face centrada por um plano da família (1 0 0).

**Figura 6** – Explicando o arranjo hexagonal compacto e propondo um *link* para visualização dinâmica deste arranjo.



Na relação homem-máquina, existe a necessidade de interfaces para que se estabeleça a comunicação, para que uma informação reconhecida pela máquina torne-se legível ao homem e transmita assim um significado. Este ir e vir de códigos, trabalhados pelo repertório do interpretante, é representado neste sistema por texto e imagens (estáticas e dinâmicas) perfeitamente intertextualizados.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de recursos multimídia no ensino de materiais constitui um formidável recurso, na medida em que facilita a representação de conceitos abstratos (tais como organização atômica, espaços intersticiais e outros).

Possibilita também que um determinado tópico seja estudado de forma não linear, facultando ao aluno, através dos *links* a escolha de qual tópico pretende explorar mais detalhadamente.

Por outro lado, embora um recurso novo e poderoso, há que se ter em mente que o uso de tal ferramenta não dispensa o professor de seu papel de mediador (e facilitador) do conhecimento.

## REFERÊNCIAS

- Berlo, D. K., O processo da comunicação: introdução à teoria e à prática. *São Paulo: Martins Fontes, 1991.*
- Kühn, I. & Kühn, M. L., Os processos de aprendizagem e a estrutura da multimídia, *2ª Conf. Latinoamericana de Fac. Y Esc. de Ing. de Sistemas y Ciencias de la Computación, Santiago/Chile (mai/1997) CD-Rom.*
- Kühn, I. & Pereira, M. F., Estruturas cristalinas: um caso de geometria projetiva, *Graphica 2000 - III Int. Cong.on Graphics Engineering for Arts and Technical Drawing & 14º Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico, Ouro Preto/MG (jun/2000) CD-Rom.*
- Littlejohn, S. W., Theories of human communication. *Belmont: Wadsworth, 1992.*
- McLuhan, M., Os meios de comunicação como extensões do homem. *São Paulo: Cultrix, 1964.*
- Primo, A. F. T., Multimídia e educação, *Revista de divulgação cultural, ano 18, nº 60 (1996) 83-88.*
- Primo, A. F. T., Multimídia e educação, *Ecos em Revista, vol. 1, nº 1 (1997) 83-88.*
- Rheingold, H., What's the big deal about cyberspace? In The art of human-computer interface design ed. By Brenda Laurel, *Menlo Park: Addison-Wesley, 1990.*
- SIMS, R., Interactivity: a forgotten art?, <http://itech1.coe.uga.edu/itforum/paper10/paper10.html>, 31/05/1999.
- Vaughan, T., Multimedia: making it work. *Berkeley: Osborne, 1994.*