



## **TEMPERABILIDADE JOMINY – UM ESTUDO VIA MULTIMÍDIA**

### **Irma Patrícia Kühn Arroyo**

CIMM – Centro de Informação Metal Mecânica  
Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Santa Catarina  
Caixa Postal 476  
88049-900 Florianópolis, SC, Brasil  
[irma@emc.ufsc.br](mailto:irma@emc.ufsc.br)

### **Ingeborg Kühn**

CIMM – Centro de Informação Metal Mecânica  
Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Santa Catarina  
Caixa Postal 476  
88049-900 Florianópolis, SC, Brasil  
[ingeborg@emc.ufsc.br](mailto:ingeborg@emc.ufsc.br)

### **Elizabeth Rosito da Costa Marques**

CIMM – Centro de Informação Metal Mecânica  
Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Santa Catarina  
Caixa Postal 476  
88049-900 Florianópolis, SC, Brasil  
[bethmarques@uol.com.br](mailto:bethmarques@uol.com.br)

**Resumo.** *Este trabalho apresenta o desenvolvimento de material didático fundamentado na Aprendizagem Baseada no Computador, usando a Internet como via de acesso. O tópico abrangido é o estudo da temperabilidade dos aços, tanto no que se refere ao ensaio de temperabilidade como as análises possíveis da sua interpretação. O material é apresentado sob a forma de textos, figuras, fotografias e animações de cenários virtuais da realidade laboratorial. O trabalho destina-se a complementar as aulas expositivas trazendo como vantagens animação e interação, modos de impossível representação em papel. O trabalho enfoca ainda os procedimentos projetuais adotados, bem como faz um resumo do conceito de temperabilidade e de sua importância prática.*

**Palavras chave:** *temperabilidade Jominy, multimídia, Internet.*

## **1. INTRODUÇÃO**

A Aprendizagem Baseada no Computador - ABC (*Computer Based Learning – CBL*) associada a todas as vantagens das apresentações em multimídia interativa via Internet, vem tendo importância crescente no ensino. A ABC não deve substituir as aulas ou as experiências laboratoriais, mas deve facilitar a auto-instrução e permitir aos estudantes selecionar seu modo individual da aprendizagem. A Internet alia bom (a rápido) acesso, elevada qualidade de apresentação e completa interatividade. É de se esperar que novos aspectos da aprendizagem sejam explorados, em especial no ambiente universitário para o qual vêm sendo desenvolvidos diversos sistemas ABC que estão, em muitos casos, sendo disponibilizados na Internet (Wilkins, 2000; Robin, 1997; Smeaton, 1999).

A WWW (*world wide web*) é uma área que vem apresentando um desenvolvimento acelerado nas técnicas de comunicação, e que engloba uma série de vantagens que podem ser usadas na apresentação de dados e de informações técnicas e científicas. Considerando-a como veículo de ensino/aprendizagem, as vantagens mais significativas são:

- os documentos HTML podem ser facilmente gerados a partir de textos que estejam em seu formato habitual;
- os documentos disponibilizados na Internet podem ser utilizados por pessoas em qualquer parte do mundo (*world-wide*) ou podem ter seu acesso limitado quando do uso de permissões;
- todos os usuários têm acesso imediato às novas versões de um documento após a sua modificação (*updating*);
- A Internet pode ser utilizada a qualquer hora e em qualquer lugar, de acordo com as necessidades individuais de cada usuário;
- os documentos podem conter texto, gráficos, fotografias, animações, vídeos, áudio ou programas executáveis, em conformidade com as especificidades da aplicação;
- outros *sites* da Internet podem ser direcionados (*linked*) diretamente do documento ou anexados (*attached*) a este para *download* de forma a permitir rápido e fácil acesso a material suplementar.

No ensino de engenharia, e em especial de materiais de construção, apresentam-se situações muito peculiares: parte-se de um universo micro (dos átomos e estruturas cristalinas e moleculares), atravessa-se o mundo real, palpável, retorna-se ao universo micro (das microestruturas) e termina-se no universo industrial.

Os átomos já podem ser “virtualmente visualizados” bem como as estruturas cristalinas. Mas, para tal, é necessário dispor de um microscópio de força atômica, ou de tunelamento ou similar... Utilizou-se o termo “virtual” porque a imagem fornecida por estes tipos de microscópios é uma reconstrução gráfica de inúmeras medidas de rugosidade superficial.

O mundo real só se torna realmente palpável após a realização de ensaios (mecânicos, físicos e químicos) e de tratamentos térmicos (pelo menos).

Para “ver” as microestruturas é necessário um microscópio ótico.

Porém não cabe a Universidade reproduzir o universo industrial. Visitas são realizadas objetivando elucidar este universo, mas, por melhor que sejam, não conseguem suprir os interesses individuais de cada aluno.

Mesmo a experimentação em laboratório fica restrita a alguns casos (entre os possíveis) e a tempos restritos, devido a causas diversas tais como custo do experimento e disponibilidade de equipamento e de pessoal.

Assim sendo, o uso da ABC em materiais é uma ferramenta de especial interesse, pois possibilita complementar e suplementar os assuntos estudados em aula e em laboratório. Permite ainda que, mesmo as experiências vivenciadas em laboratório, possam ser repetidas de forma a elevar o grau de fixação do conteúdo envolvido nas mesmas.

Considerando-se estes aspectos, está sendo desenvolvido material multimídia que auxilie o ensino de materiais de construção. Este vem sendo disponibilizado na Internet através do *site* <http://www.cimm.com.br>.

Este trabalho apresenta o material desenvolvido para o estudo da temperabilidade dos aços. A temperabilidade é uma característica muito importante, pois determina o campo de aplicabilidade de muitos aços. A realização do ensaio permite compreender a natureza dos resultados das medidas de dureza que, quando relacionadas às microestruturas associadas, possibilitam a interação da trilogia Microestrutura  $\Leftrightarrow$  Processos  $\Leftrightarrow$  Propriedades.

## **2. TEMPERABILIDADE – CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES**

O conceito de temperabilidade ou endurecibilidade dos aços está diretamente relacionado com a capacidade que os mesmos tem de endurecer da superfície em direção ao núcleo, considerando-se a

quantidade de martensita formada durante a têmpera. O conhecimento das curvas de temperabilidade obtidas através de ensaios apropriados permite ao engenheiro selecionar o aço com melhores propriedades para uma determinada aplicação na construção mecânica.

Um fator que impede a utilização de aços comuns ao carbono em peças de grandes dimensões é a baixa temperabilidade exibida por estes materiais, o que significa a obtenção de componentes com o interior (núcleo) de menor resistência e sua possível deformação ou não sujeição adequada de carregamento quando em serviço. Na avaliação de uso de um material são levadas em conta para sua resistência mecânica, principalmente as solicitações de origem estática e dinâmica. Assim, para cada situação, devem-se fazer simulações de uso do componente ou ferramenta de maneira que se obtenham dados confiáveis com relação à seleção do aço para o trabalho especificado. Desta maneira, é inconcebível a idéia de manufatura de uma ferramenta tipo matriz, utilizando-se aços de baixa ou média temperabilidade, uma vez que esta teria sua geometria alterada quando em serviço.

O efeito da seção da peça é mostrado na Tabela 1. Todos os ensaios foram realizados a partir de uma mesma barra de aço que foi usinada de forma a obterem-se os perfis desejados (barras cilíndricas de diferentes diâmetros).

Tabela 1. Efeito da seção da peça sobre as propriedades mecânicas de aço ABNT 1045 (C-0,45%, Si-0,32%; Mn-0,78%; S and P-0,02%)

<b>diâmetro da barra (mm)</b>	<b>resistência a tração (MPa)</b>	<b>alongamento (%)</b>	<b>resistência ao choque Izod (J)</b>
<i>temperada em água a partir de 870° C e não revenida</i>			
17	1853	3	4
29	1035	8	18
76	803	15	32
<i>revenida a 600° C</i>			
17	850	18	103
76	741	25	59

A temperabilidade é determinada através da profundidade e distribuição da dureza obtida por tratamento térmico de têmpera. Os ensaios mais conhecidos para a determinação da temperabilidade são o Jominy e o Grossmann, sendo que o método Jominy é o mais utilizado devido a razões de ordem prática.

Uma curva de temperabilidade Jominy (ABNT, 1989) relaciona a dureza com o comprimento do corpo de prova. Como resultado dessas medições tem-se uma curva que decresce da posição de 100% de transformação martensítica até obtenção de microestrutura perlítica ou ferrito-perlítica.

A dureza máxima é basicamente função do teor de carbono do aço. A temperabilidade, todavia depende (Shackelford, 1996):

- do meio de têmpera
- do método de têmpera
- da composição de aço
- do processo utilizado na fabricação do aço
- da seção do material

O ensaio Jominy não é apenas um teste de boa reprodutibilidade, mas é também uma poderosa ferramenta quando da classificação dos aços quanto a temperabilidade, fornecendo uma primeira aproximação muito útil para a sua seleção.

Atualmente têm-se disponíveis soluções analíticas que permitem prever, com razoável precisão, as propriedades mecânicas de um componente de aço de qualquer dimensão a partir das curvas Jominy.

### 3. TEMPERABILIDADE – UMA ABORDAGEM MULTIMÍDIA

No material multimídia desenvolvido foi dada ênfase a representação visual, sendo que o texto associado ficou restrito ao mínimo necessário para a compreensão do que estava sendo visto. Quando pertinente, foi utilizada em sua potencialidade a qualidade de interatividade inerente a multimídia.

Este procedimento utilizado no desenvolvimento do material baseou-se nas experiências relatadas na literatura bem como na experiência dos autores sobre as dificuldades relacionadas a leitura de textos extensos via monitor de vídeo. Muter et al. (1982) compararam a leitura a partir de um monitor de vídeo e de um livro quanto à velocidade e ao nível de compreensão. Seus resultados indicaram que a leitura a partir de um monitor de vídeo era viável, contudo esta se apresentou 28% mais lenta que a leitura a partir do papel, em seções de leitura de 2 h de duração. Contudo, os autores não verificaram nenhuma diferença quanto ao nível de compreensão. Todavia, outros pesquisadores encontraram um decréscimo de eficiência na leitura a partir de monitores de vídeo (Gould & Grischkowsky, 1984; Wilkinson & Robinslaw, 1987).

O conceito de projeto instrucional teve como base a visão de ensino/aprendizagem cognitivista/construtivista. Nesta conceituação, os leitores, a partir de seu conhecimento prévio, atribuem sentido aos novos conhecimentos (Bruner, 1966). Os alunos a quem previamente se destina o material desenvolvido possuem uma base de conhecimentos razoável, adquirida em sala de aula e/ou práticas experimentais. Assim, eles têm aptidão para explorar o ambiente virtual, e, ao mesmo tempo, poderem organizar a sua base de conhecimentos individual.

O ensaio de temperabilidade pode ser acompanhado através de uma animação, a qual está representada pelas imagens contidas nas Figuras 1 a 3.

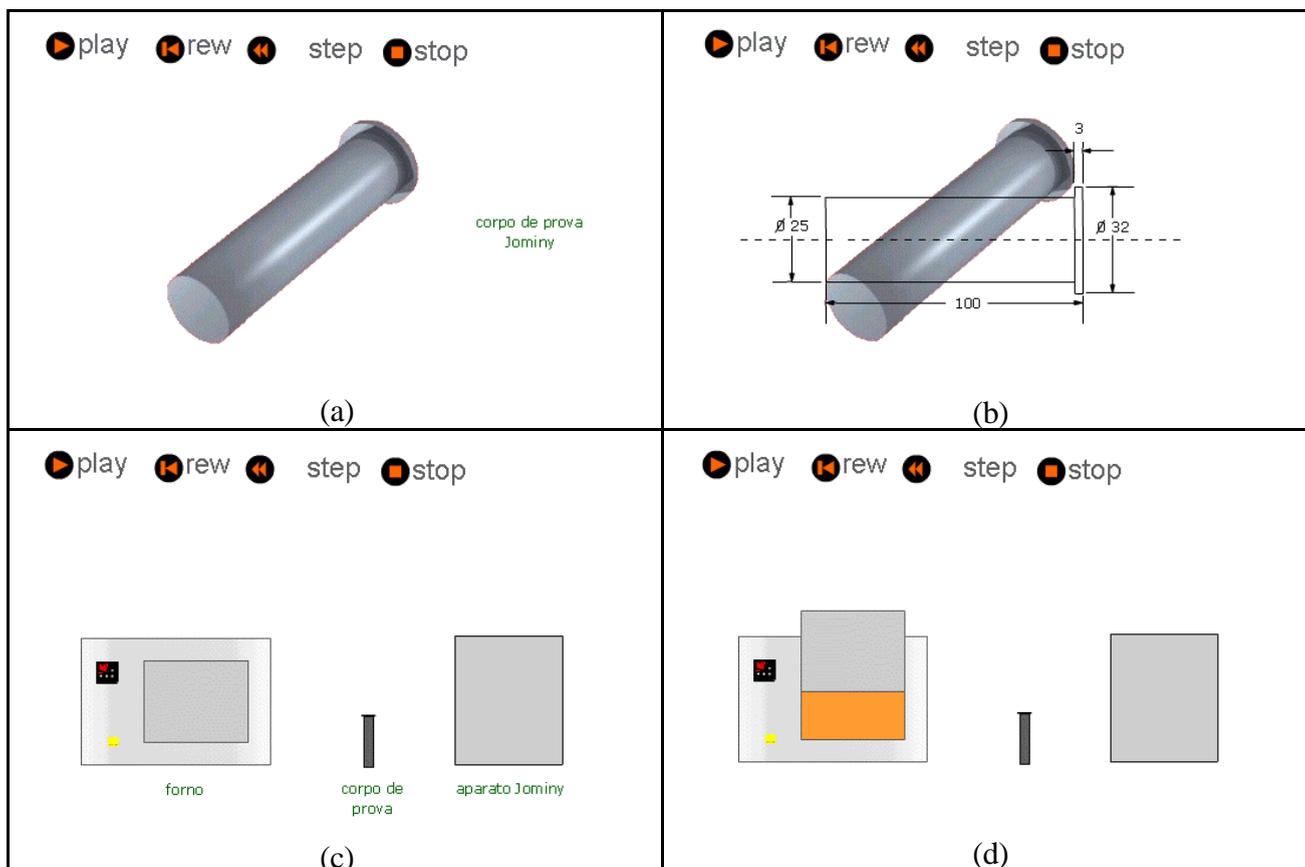


Figura 1. Ensaio de temperabilidade Jominy. A animação começa por (a) apresentar o corpo de prova usado no ensaio em 3D e (b) suas dimensões, mostrando a seguir o (c) aparato experimental necessário e (d) iniciando o procedimento de ensaio.

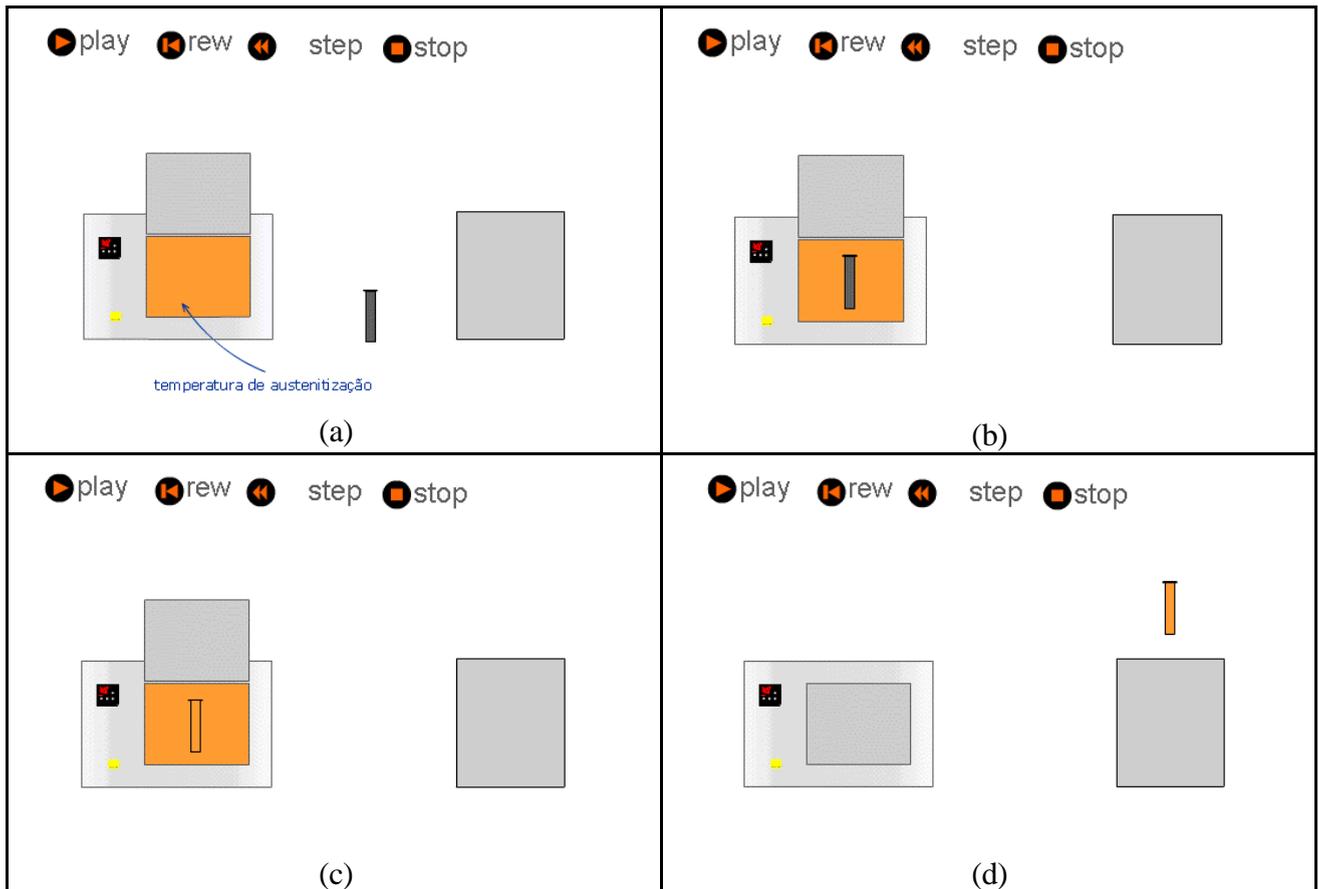


Figura 2. Ensaio de temperabilidade Jominy. Na seqüência, a animação apresenta (a) e (b) a colocação do corpo de prova no forno aquecido a temperatura de austenitização do aço e (c) a sua retirada, quando então apresenta uma coloração alaranjada clara, e, posteriormente, (d) a sua colocação no aparato Jominy.

O *site* apresenta uma animação, ou seja, o movimento contínuo das imagens que se sucedem. Note-se nas figuras a presença de botões de controle com as designações *play* (início da reprodução), *rew* (retorna ao início da animação), *step* (apresentação quadro a quadro) e *stop* (interrupção da apresentação). Estes botões permitem ao aluno determinar o seu ritmo de aprendizagem, uma vez que possibilitam o controle sobre a seqüência de animação, tal que etapas de interesse possam ser visualizadas repetida e independentemente.

A Figura 4 mostra com detalhes a relação entre a localização da medida ao longo do corpo de prova com os valores de dureza correspondentes. A Figura 5 busca correlacionar a influência da distância da extremidade resfriada diretamente pelo jato de água (temperada) com a velocidade de resfriamento, utilizando como pano de fundo um diagrama CCT. Através da análise deste diagrama, é possível verificar-se os prováveis produtos da transformação austenítica e assim constatar o porque das diferenças de dureza. As Figuras 6 e 7 mostram as microestruturas resultantes das diferentes velocidades de resfriamento em diversas regiões do corpo de prova Jominy.

Todas estas considerações aqui resumidamente apresentadas são detalhadas didaticamente ao longo dos textos que acompanham as figuras e as animações.

Assim como no conceito de temperabilidade, cada tópico abordado pelo módulo de ensino do *site* <http://www.cimm.com.br> foi desenvolvido de modo a abranger os aspectos essenciais do assunto e fornecer abordagens novas e únicas sobre o mesmo.

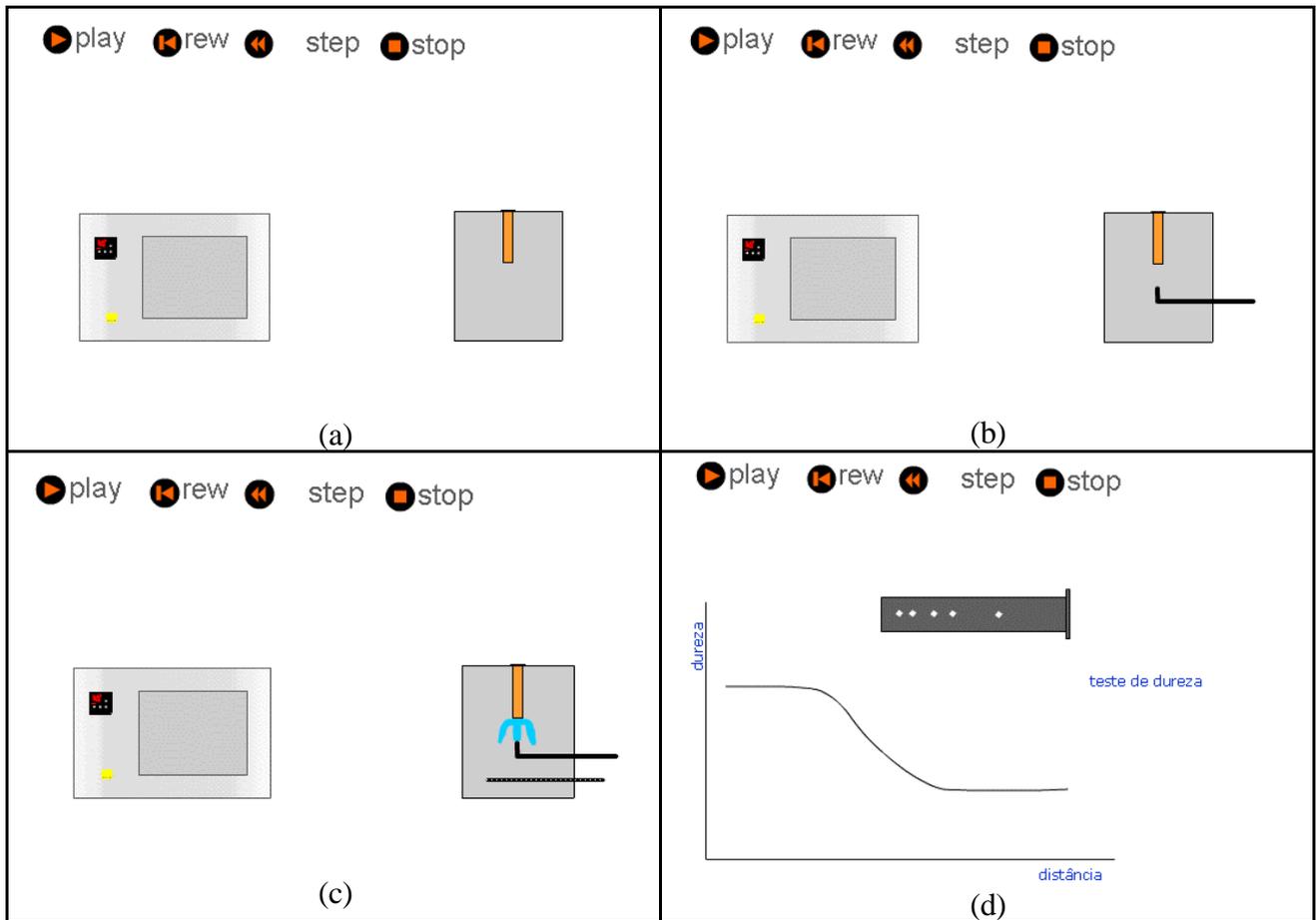


Figura 3. Ensaio de temperabilidade Jominy. As seqüências finais mostram (a) o corpo de prova devidamente colocado no aparato e (b) e (c) o início de processo de resfriamento, culminando com (d) a medição de dureza no sentido longitudinal.

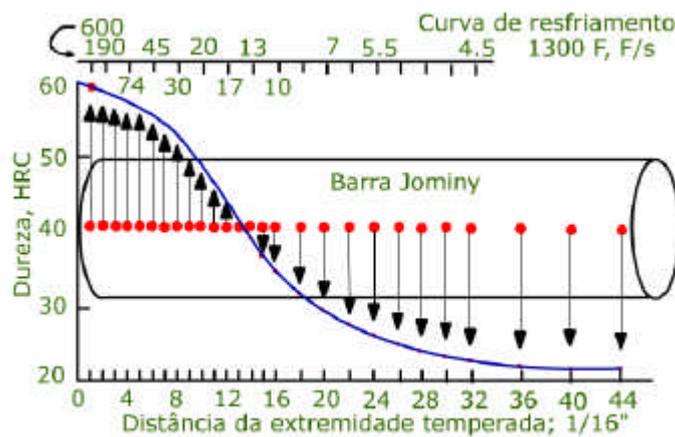


Figura 4. Dureza em função da distância da extremidade temperada.

A seqüência de imagens aqui apresentada descreve por si só o trabalho desenvolvido. A representação visual é o tipo de mídia que mais auxilia na construção do conhecimento (Wilkins, 2000). A apresentação foi inteiramente convertida para HTML devido à facilidade de sincronização desta linguagem quando comparada a outras linguagens desenvolvidas para a WWW, tal como Java. Os gráficos e animações foram desenvolvidos originariamente através do programa Flash da Macromedia.

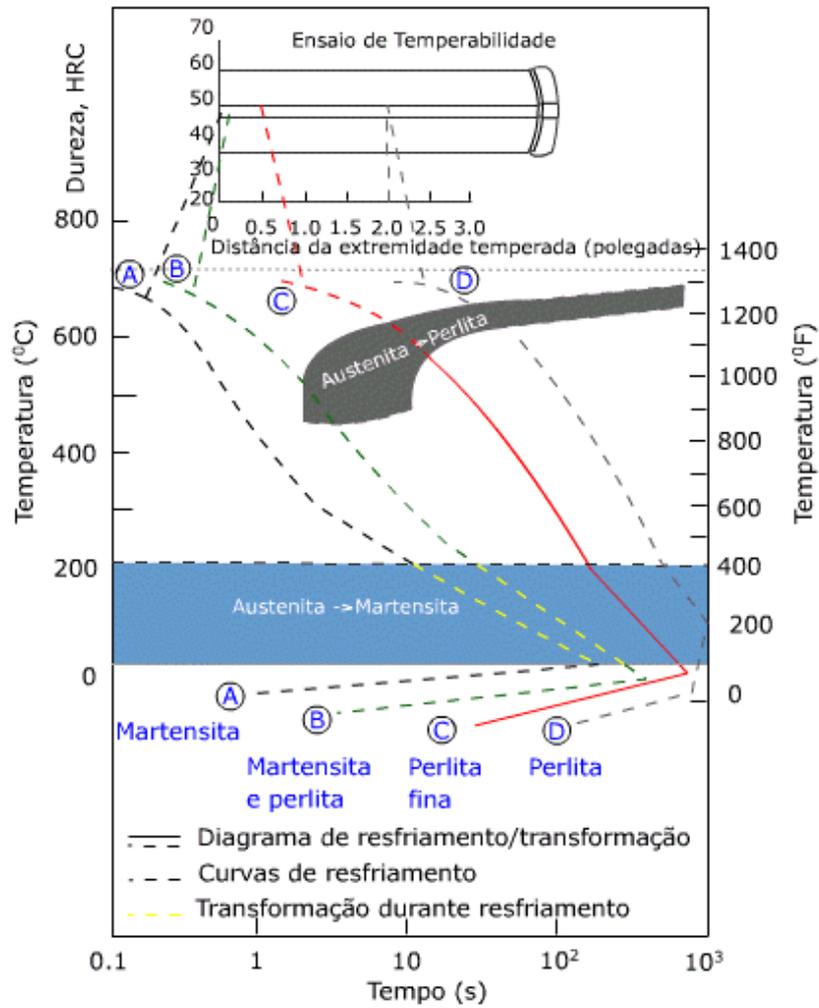


Figura 5. Velocidade de resfriamento em função da distância da extremidade temperada.

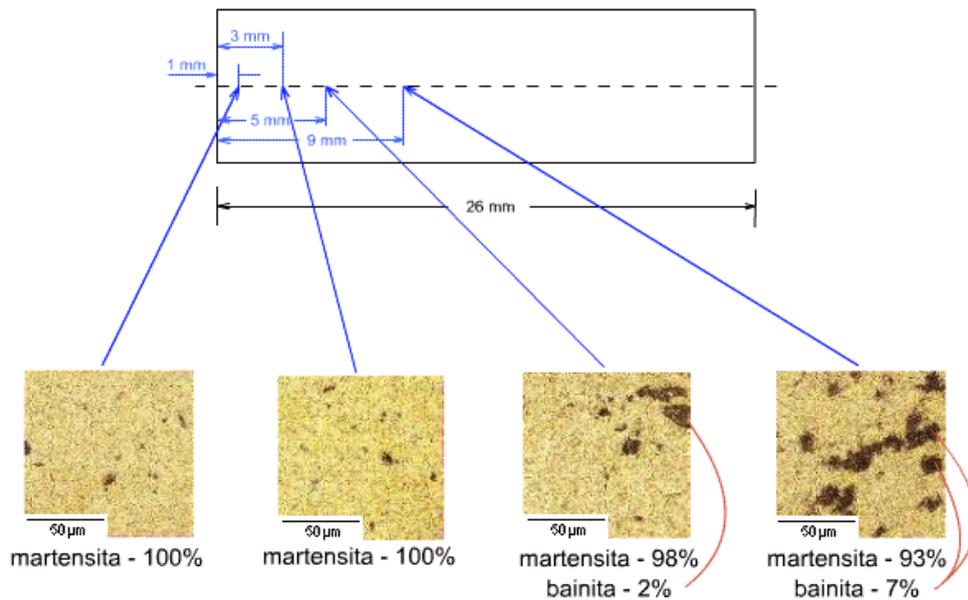


Figura 6. Microestrutura resultante das diferentes velocidades de resfriamento das regiões ao longo do comprimento do corpo de prova Jominy. Medidas até 9 mm da extremidade temperada.

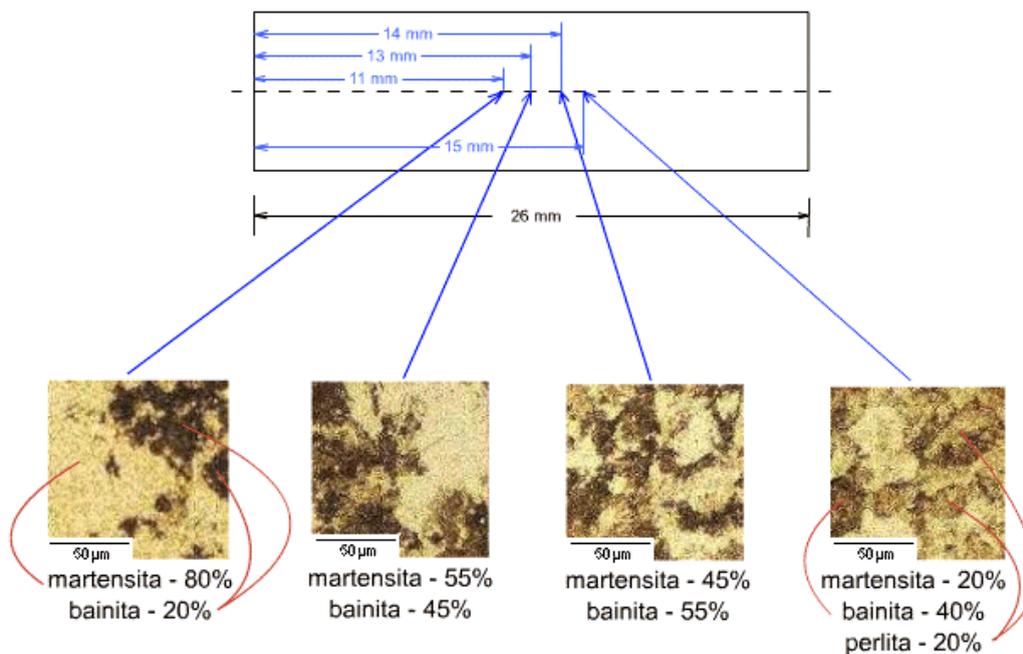


Figura 7. Microestrutura resultante das diferentes velocidades de resfriamento das regiões ao longo do comprimento do corpo de prova Jominy. Medidas a ~ 12 mm da extremidade temperada.

#### 4. CONCLUSÕES

A WWW oferece aos educadores um novo meio de disponibilizar o material de ensino: um meio que permite novas maneiras de aprendizagem e abordagens alternativas das técnicas de ensino. O uso da multimídia oferece uma nova perspectiva para a representação da informação. A interação é uma ferramenta altamente poderosa: o usuário pode controlar as apresentações, selecionar elementos a partir delas, ir de um lugar a outro e retornar com um novo significado que nasceu da justaposição de idéias durante este trabalho (Kühn et al, 2001).

Cabe lembrar que a interação com simulações, embora permita uma exploração fácil e rápida de métodos e técnicas, pode levar a tendência de ignorar procedimentos práticos e/ou informações textuais (Allen, 1998).

Este trabalho procurou mostrar a importância da Internet no ensino principalmente quando do estudo de assuntos dos universos micro, industrial e laboratorial. Enfocou com detalhes o material desenvolvido para o estudo da temperabilidade, que se apresenta dentro de uma seqüência que procura evidenciar a correlação Microestrutura  $\Leftrightarrow$  Processos  $\Leftrightarrow$  Propriedades, fundamental para o entendimento de materiais.

O material apresentado utiliza-se de recursos de gráficos, de fotografias e de animações com o propósito de interrelacionar os aspectos em estudo de forma didática, atrativa e singular.

Apesar das facilidades da *Web*, o seu uso no ensino não substitui os métodos tradicionais.

#### 5. REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1989, "ABNT NBR 6339: Aço – Determinação da Temperabilidade (Jominy)".
- Allen, R., 1998, "The Web: interactive and multimedia education". Computer Networks and ISDN Systems, Vol. 30, pp. 1717-1727.
- Bruner, J. S., 1966, "Toward a theory of instruction". Norton, New York, USA, 286 p.

- Gould, J. D., Grischkowsky, N., 1984, "Doing the same work with hard copy and with cathode-ray tube (CRT) computer terminals". Human Factors, Vol. 26, pp.323 –337.
- Kühn, I., Boehs, L., Bernardini, P. A. N., 2001, "CIMM – a comunidade virtual do setor metal mecânico". Proceedings of the 16th Brazilian Congress of Mechanical Engineering, Uberlândia, Brazil, CD-Rom.
- Muter, P., 1996, "Interface design and optimization of reading of continuous". In H. van Oostendorp & S.de Mul (Eds.), Cognitive aspects of electronic text processing. Norwood, NJ, USA, pp. 161-180.
- Robin, B. R., McNeil, S. G., 1997, "Creating a course-based web site in a university environment". Computers & Geosciences, Vol. 23, No. 5, pp. 563-572.
- Shackelford, J. F., 1996, "Introduction to Materials Science for Engineers", Prentice Hall, New Jersey, USA, 670 p.
- Smeaton, A. F., Keogh, G., 1999, "An analysis of the use of virtual delivery of undergraduate lectures". Computers & Education, Vol. 32, pp. 83-94.
- Wilkins, B., Barrett, J., 2000, "The virtual construction site: a web-based teaching/learning environment in construction technology". Automation in Construction, Vol. 10, pp. 169-179.
- Wilkinson, R. T., Robinshaw, H. M., 1987, "Proof-reading:VDU and paper text compared for speed, accuracy and fatigue". Behavior & Information Technology , Vol. 6, pp. 125 –133.

## **JOMINY HARDENABILITY – A MULTIMEDIA STUDY**

**Irma Patrícia Kühn Arroyo**<sup>1</sup>

[irma@emc.ufsc.br](mailto:irma@emc.ufsc.br)

**Ingeborg Kühn**<sup>1</sup>

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

**Elizabeth Rosito da Costa Marques**<sup>1</sup>

[bethmarques@uol.com.br](mailto:bethmarques@uol.com.br)

<sup>1</sup> CIMM – Metal Mechanics Information Center  
Mechanical Engineering Department - Federal University of Santa Catarina  
P. O. Box 476  
88049-900 Florianópolis, SC, Brazil

**Abstract.** *This work presents the development of didactic material based on the Computer Based Learning, using the Internet as access way. The enclosed topic is the study of steel hardenability, as much as for the hardenability test as the possible analyses of its interpretation. The material is presented under the form of texts, figures, photographs and animations of virtual scenarios of the laboratorial reality. The work is destined to complement classrooms having as advantages animation and interaction, modes of impossible representation in paper. The work still focuses the adopted design procedure, as well as it makes a summary of the concept of hardenability and its practical importance.*

**Keywords:** *Jominy hardenability, multimedia, Internet*