

NOVAS TECNOLOGIAS NO ENSINO DE DESENHO E GEOMETRIA*

Eduardo Toledo Santos

Depto. de Eng. Construção Civil (PCC) - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo
Edifício de Eng. Civil – Cid. Universitária – São Paulo – SP
CEP 05508-900 – eduardo.toledo@poli.usp.br

Abstract

Computer and electronics enormous evolution brings opportunities for using new technological resources for teaching and learning graphical subjects. In this paper, we report developments in three distinct, but related, areas: (i) software; (ii) stereoscopy, and (iii) rapid prototyping. Regarding software, both geometry standalone programs and Internet-based applications are accounted for. In the former group, CAD systems and dynamic geometry software are highlighted. In the web, examples appear in the form of Java *applets*, VRML worlds, etc. Some of these applications feature simple stereo capabilities. More revealing results demand stereoscopic devices, which add depth perception to images and animations. Rapid prototyping devices allow going one step further, providing physical representations of computer-designed objects leading to improvements on spatial visualization abilities.

Key Words

Design Graphics, Geometry, Education, Dynamic Geometry, VRML, CAD, Stereoscopy, Rapid Prototyping.

Resumo

A grande evolução da informática e da eletrônica trazem a oportunidade de empregar novos recursos tecnológicos para o ensino/aprendizagem de disciplinas na área gráfica. Neste trabalho, relatamos desenvolvimentos em três áreas distintas, porém relacionadas: (i) software; (ii) estereoscopia e (iii) prototipagem rápida. Na área de software são abordados programas para geometria e aplicativos disponibilizados através da Internet. Entre os primeiros, destacam-se os sistemas CAD e pacotes de geometria dinâmica. Na web, encontram-se ferramentas na forma de *applets* Java, mundos VRML, etc. Alguns destes aplicativos incorporam capacidades estereoscópicas simples. Para resultados mais expressivos, é necessário o uso de dispositivos estereoscópicos adicionando efeito de profundidade em imagens e animações. O uso de equipamentos de prototipagem rápida permite ir um passo além, obtendo-se representações físicas de objetos projetados no computador, com impacto positivo no desenvolvimento da visualização espacial.

Palavras Chave

Desenho Técnico, Geometria, Educação, Geometria Dinâmica, VRML, CAD, Estereoscopia, Prototipagem Rápida.

* Anais do I Encontro Regional do Vale do Paraíba de Profissionais do Ensino da Área de Expressão Gráfica, p. 71-81, out. 2000, Lorena, SP.

1. Introdução

O incessante desenvolvimento da informática e da microeletrônica têm propiciado oportunidades para a criação de novos aplicativos e dispositivos periféricos que podem ser utilizados no ensino de disciplinas gráficas como o Desenho Técnico e a Geometria. A melhoria do desempenho destes produtos, aliada à drástica redução em seus preços torna viável seu uso nestas aplicações, com importantes vantagens para a motivação dos alunos e o processo de aprendizagem.

Na área de *software*, a tecnologia denominada Geometria Dinâmica¹, encontrada em produtos como o *Cabri-Géomètre* e o *Geometer's Sketchpad*, abre novas possibilidades para o ensino de Geometria. A disponibilidade de versões Java destes produtos amplia o alcance destas ferramentas também para o ensino à distância, além do apoio ao ensino presencial. Outras tecnologias que têm sido empregadas no ensino de Desenho e Geometria incluem as animações gráficas, construção de ambientes virtuais com VRML e sistemas CAD 3D.

Em termos de *hardware*, surgem no mercado dispositivos para visualização estereoscópica, permitindo um novo enfoque para desenvolvimento da habilidade de visualização espacial dos estudantes. Equipamentos de prototipagem rápida de pequeno porte também passam a se integrar ao arsenal de novos recursos passíveis de utilização no ensino gráfico.

Tais tecnologias adquirem maior importância no contexto atual, onde os estudantes vivenciam uma realidade precocemente compartilhada com a televisão, os videojogos, a Internet e o computador em casa, desenvolvendo novas habilidades e possivelmente atrofiando outras. O certo é que sua motivação é despertada pelo mundo multimídia, interativo e animado.

No restante deste trabalho serão abordadas algumas destas tecnologias e sua possível aplicação no ensino de Desenho e Geometria.

2. Geometria Dinâmica

Uma das ferramentas mais importantes surgidas nos últimos anos no campo do ensino gráfico foi a Geometria Dinâmica, implementada por programas como o *Cabri-Géomètre II* (Laborde & Bellemain, 1994) e *The Geometer's Sketchpad* (Jackin, 1990).

Técnicas de Geometria Dinâmica aparentemente foram implementadas pela primeira vez no programa *The Geometric Supposer* (Schwartz & Yerushalmy, 1983). Trata-se da capacidade de construir-se configurações geométricas precisas com o computador as quais podem depois ser alteradas em termos de posições, ângulos e dimensões, mantendo-se automaticamente as restrições estabelecidas na construção original.

Esta capacidade têm grande impacto no ensino e aprendizagem de Geometria e de outros tópicos matemáticos. Seus principais benefícios e aplicações são (King & Schattschneider, 1997): (i) a **precisão** e a capacidade de **visualização** das relações geométricas, (ii) a possibilidade de **exploração** das construções e **descoberta** de relações e propriedades geométricas, (iii) a **prova de teoremas**, de forma experimental; (iv) a geração de **transformações** e **lugares geométricos**, e (v) a possibilidade de **simulação** e de construção de **micromundos** com características próprias.

¹ O termo "dynamic geometry" é marca registrada da Key Curriculum Press

Diversos trabalhos mencionam o uso de software de geometria dinâmica no ensino, não só de Geometria (Braviano, 1998) e outras disciplinas gráficas (Rodrigues, 1999), mas também de diferentes tópicos da Matemática (Morrow, 1997) – Transformações Similares (King, 1997), Teoria de Grupos (Schattschneider, 1997) e Cálculo (Gorini, 1997) – além de Física (Backus, 1997).

Os principais programas que implementam o conceito de Geometria Dinâmica são:

- **Cabri-Geometry II:** criado na Universidade Joseph Fourier de Grenoble, (França) por Yves Baulac, Franck Bellemain e Jean-Marie Laborde (Laborde & Bellemain, 1994), permite a criação de quaisquer construções com régua e compasso. Implementa recursos de animação e lugar geométrico. Permite que se façam medidas e computa relações entre elas. Também é capaz de associar elementos de geometria analítica às construções, fazendo atualizações automáticas nos parâmetros das equações ao modificar-se interativamente os elementos gráficos na tela. É disponível em seis diferentes línguas para várias plataformas (<http://www.ti.com/calc/docs/cabri.htm> e <http://www.cabri.net/>) (figura 01).
- **The Geometer's Sketchpad (GSP):** este programa foi desenvolvido por Nicholas Jackiw nos EUA e é comercializado pela Key Curriculum Press (<http://www.keypress.com>). Apresenta funcionalidade semelhante ao Cabri. A figura 02 ilustra sua interface.
- **Cinderella:** criado na Alemanha por Jürgen Richter-Gebert e Ulrich Kortenkamp, foi lançado comercialmente na forma de livro+CD-ROM (Richter-Gebert & Ulrich Kortenkamp, 1999) em maio de 1999. Foi todo programado em linguagem Java de forma que executa em qualquer plataforma. Sua funcionalidade é um pouco mais limitada que seus concorrentes, porém seus pontos fortes são seus algoritmos que garantem continuidade nas animações e a exportação imediata e completa para a web (<http://www.cinderella.de>). Trabalha com geometrias euclidiana, hiperbólica e esférica. Já dispõe de versão em português. A figura 03 ilustra a interface do Cinderella.

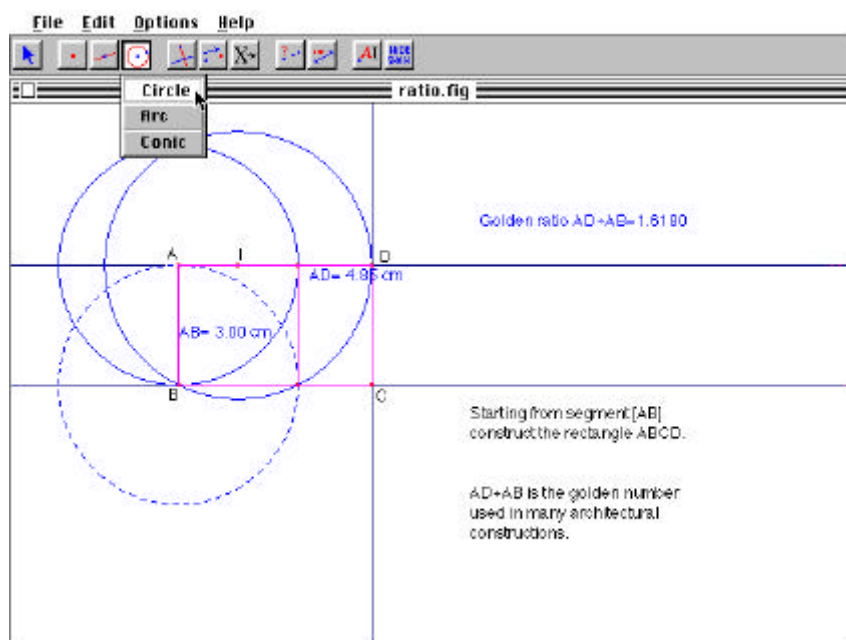


Figura 01 - Interface do Cabri

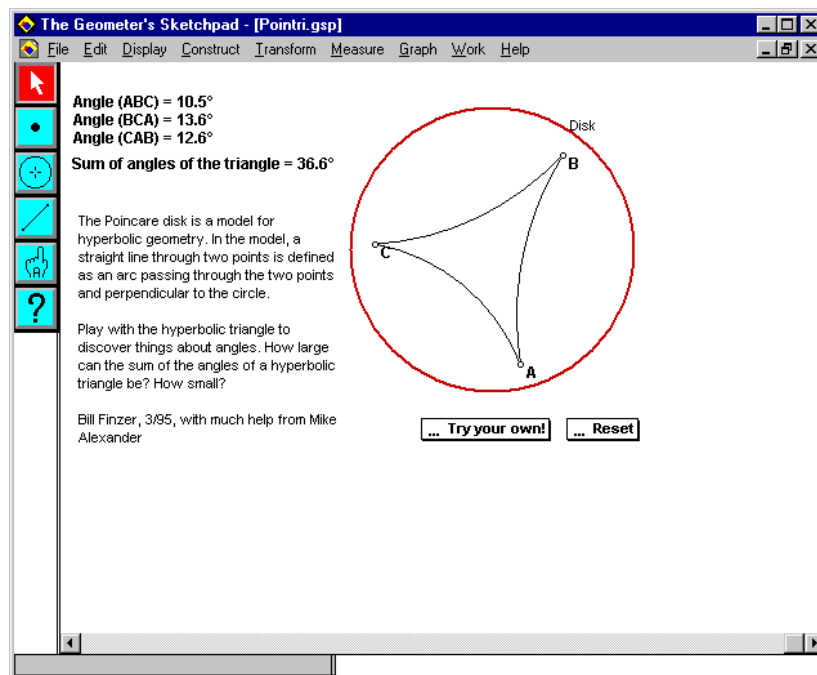


Figura 02 - Interface do Geometer's Sketchpad

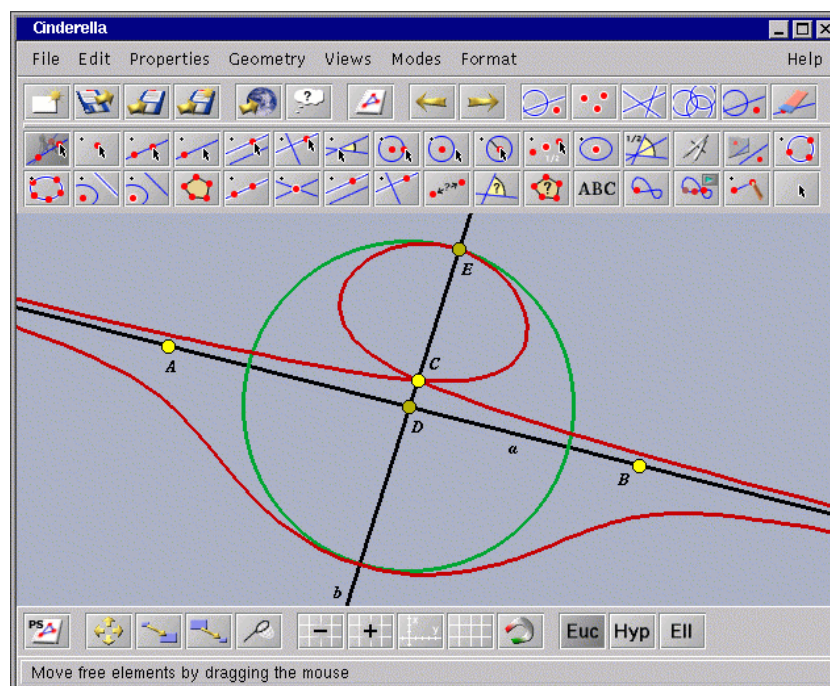


Figura 03 - Interface do Cinderella

Uma tendência recente apresentada pelos três pacotes principais é a exportação das construções e animações para a web. Os três sistemas usam soluções baseadas em Java 1.1 e permitem interação (figura 04). Assim, o Cabri tem uma ferramenta, ainda em fase experimental, chamada *CabriJava* (<http://www.cabri.net/cabrijava/>). O GSP dispõe do *JavaSketchpad* (http://forum.swarthmore.edu/dynamic/java_gsp/), também ainda em desenvolvimento. O *Cinderella* é o mais bem adaptado à web já que atualmente é todo implementado em Java, e tem a interface mais simples de exportação. Além disso, permite a criação de exercícios on-line, com dicas para o estudante e verificação automática da solução.

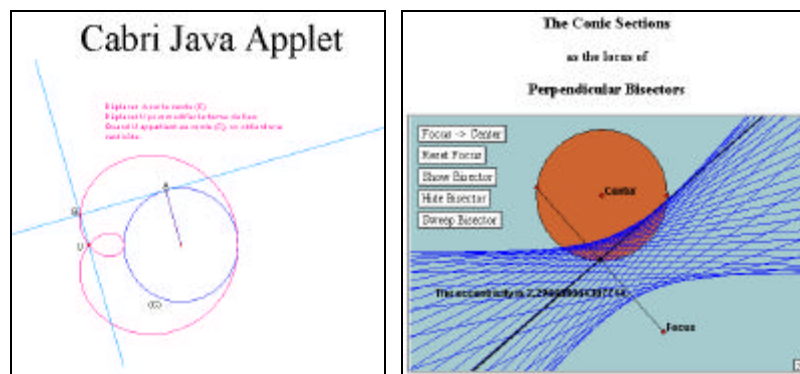


Figura 04 - CabriJava e GSP JavaSketchpad

3. Internet

Além das versões Java dos aplicativos de Geometria Dinâmica, várias outras ferramentas produzidas na forma de *applets* também têm sido criadas para o ensino de Geometria. Por exemplo, no artigo (Santos et al., 1998) é relatado o desenvolvimento de 3 *applets* no contexto de um tutorial de Geometria Projetiva, permitindo interatividade em 3D e visualização passo a passo de exercícios deste tema. Em (Santos, 1999) é relatado trabalho semelhante aplicado à Geometria Descritiva, permitindo a solução e avaliação de exercícios em ambiente Internet.

Outra tecnologia útil neste contexto é a linguagem **VRML** - Virtual Reality Modeling Language (Ames et al., 1997). Esta linguagem permite a construção de mundos virtuais, tridimensionais e interativos, passíveis de serem explorados através de um navegador (*browser*) web. Vários sistemas para o ensino de Geometria espacial foram desenvolvidos com o uso de VRML: (Keller & Schreiber, 1999) relatam um ambiente na forma de jogo onde o usuário navega por um cenário VRML respondendo a questões sobre poliedros e interagindo com estes objetos. (Leopold & Müller, 1998) investigam o uso de modelos 3D com VRML para desenvolvimento da habilidade de visualização espacial.

4. Sistemas CAD

Outra ferramenta às vezes utilizada no ensino de Desenho Técnico e Geometria são os sistemas CAD (*Computer Aided Design*).

A maioria dos sistemas CAD modernos (AutoCAD, Microstation Modeler, etc.) dispõem do recurso de geração automática de vistas ortográficas a partir do modelo 3D sólido. Este recurso pode ser utilizado como apoio ao ensino de desenho técnico, facilitando tanto a conferência de exercícios de vistas ortográficas quanto a visualização de modelos 3D, interativamente. Diversos fabricantes fornecem visualizadores 3D para os arquivos gerados por seus produtos que podem ser distribuídos gratuitamente, permitindo que se disponibilizem na Internet arquivos com modelos para ser explorados pelos estudantes.

Através da linguagem de programação dos pacotes CAD, outras ferramentas de ensino têm sido desenvolvidas: (Derks, 1998) relata o desenvolvimento de um aplicativo interativo executando no ambiente AutoCAD para o ensino de Geometria Descritiva. (Cavalcante et al., 1999) propõem um uso bastante simples do AutoCAD para a mesma finalidade, porém privilegiando a visualização 3D.

5. Estereoscopia

A estereoscopia está relacionada com a capacidade de percepção de profundidade espacial. Por isso, há muito tempo atrás, começou a ser utilizada para facilitar a visualização de situações espaciais complexas e, particularmente, também no estudo da Geometria Descritiva. As primeiras experiências se utilizavam de técnicas simples como anaglifos e pares estéreo. Com o desenvolvimento tecnológico, hoje dispõe-se de dispositivos mais sofisticados que abrem novas possibilidades para uso destas técnicas.

A utilização de técnicas estereoscópicas apresenta grande potencial para melhoria na habilidade de visualização espacial, particularmente nos indivíduos com maiores dificuldades, pois permitem a compreensão das situações 3D apresentadas nos exercícios, permitindo seu desenvolvimento.

A estereoscopia está relacionada à capacidade de enxergar em 3 dimensões, de perceber profundidade. O princípio de funcionamento da maioria dos dispositivos estereoscópicos é o oferecimento de imagens distintas aos olhos esquerdo e direito do usuário, proporcionando sensação de profundidade, tal qual a obtida quando observa-se um objeto real, sólido (do grego *stéreo* = sólido).

Algumas das principais técnicas de estereoscopia são resumidas a seguir:

- **Projeção polarizada:** nesta técnica utilizam-se dois projetores, cada um projetando a imagem referente a um olho. Na frente das lentes dos projetores são colocados filtros polarizadores da luz projetada. Os filtros são rotacionados de tal forma que a polarização da luz dos projetores tem orientações defasadas de 90° . O usuário, por sua vez, utiliza óculos também com lentes polarizadoras, com orientações coincidentes com os filtros dos projetores. As projeções dos dois projetores são feitas sobrepostas em uma tela prateada (que preserva a polarização da luz incidente, na reflexão). Desta forma, cada olho enxerga apenas a imagem projetada por um dos projetores, gerando o efeito 3D (figura 05).

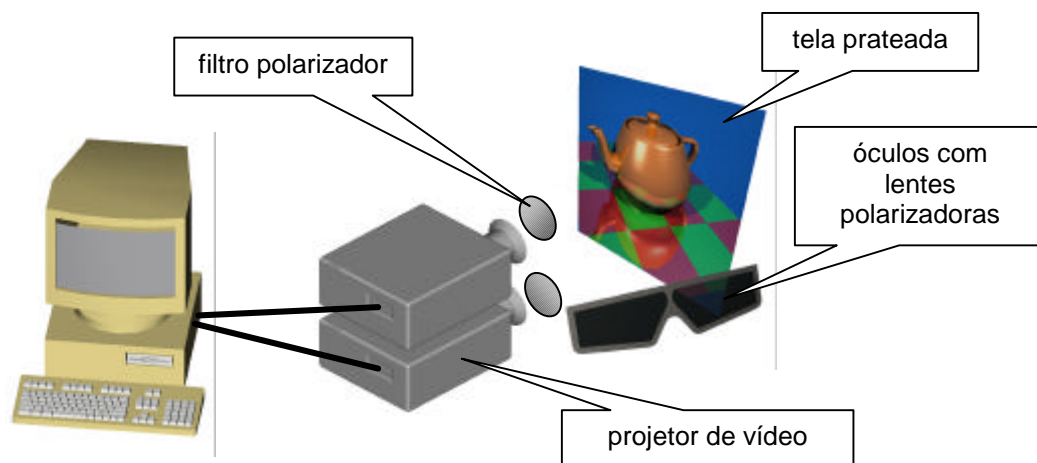


Figura 05 - Projeção polarizada

- **Óculos obturadores sincronizados:** nesta técnica o usuário que observa a tela do computador ou televisor deve utilizar um par de óculos especiais, cujas lentes são feitas de cristal líquido. As lentes podem ficar instantaneamente transparentes ou opacas, de acordo com um controle eletrônico. Este controle é sincronizado com o sinal de sincronismo vertical do sinal de vídeo de forma a deixar, por exemplo,

opaca a lente da esquerda e transparente a da direita quando estiver sendo exibido na tela o quadro referente ao olho direito e vice-versa. O sinal de vídeo deve apresentar, sucessivamente, as imagens esquerda e direita, em sincronismo. Como as taxas de refrescamento do vídeo são suficientemente rápidas (30 ou 60Hz), o resultado é que cada olho enxerga uma imagem diferente, resultando no efeito 3D. Alternativamente, o sinal de vídeo pode ser entrelaçado (linhas pares mostram a imagem esquerda e linhas ímpares mostram a imagem para o olho direito), reduzindo o cintilamento da imagem. Existem hoje no mercado óculos obturadores de baixo custo como o modelo mostrado na figura 06. Estes óculos, com seu controlador conectado a microcomputador ou fonte de vídeo, permitem a visualização em estéreo no monitor de vídeo ou televisão. São adequados para uso individual.



Figura 06 - Óculos obturadores de cristal líquido

- **Par estéreo:** neste modo de visualização são apresentadas duas imagens, lado a lado, geradas de forma que a posição do observador utilizado na geração de cada uma encontra-se em posição ligeiramente deslocada na horizontal (correspondendo à distância entre os "olhos" do observador). Para a visualização de um par estéreo, o usuário deve procurar convergir os olhos (vesgando-os ou mirando um ponto muito distante, dependendo da disposição das imagens no par), de modo a ver três imagens. A imagem central aparece com profundidade. Os pares podem ser impressos ou mostrados na tela do computador. A figura 07 mostra um par estéreo (visualização cruzada).

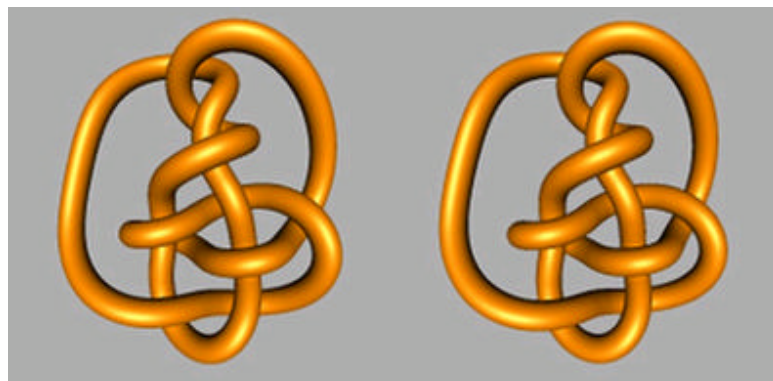


Figura 07 - Par estéreo²

² © Robert G. Scharein

- **Anaglifos:** nesta técnica (Nycyper & Heppes, 1994), as mesmas imagens do par estéreo são agora reproduzidas, porém centralizadas na tela, superpondo-se. No entanto, a imagem correspondente ao olho direito é desenhada na cor vermelha enquanto a do olho esquerdo usa a cor verde. O uso de óculos com lentes vermelha no olho esquerdo e verde no olho direito, atuando como filtros, permitem que cada olho enxergue apenas a imagem correspondente, gerando o efeito estéreo. Os óculos bi-cromáticos são de baixíssimo custo. O anaglifo pode ser impresso ou exibido na tela do computador. As cores das lentes podem variar, sendo comum a substituição do verde pelo azul. Existem anaglifos onde a imagem é colorida, outros em tons de cinza ou com cores puras (somente vermelho e verde/azul). A qualidade do efeito estéreo varia, sendo crescente nesta mesma ordem.
- **Monitores lenticulares:** estes monitores especiais têm um sistema de lentes que permitem que, quando duas imagens são mostradas lado a lado no monitor (comprimidas no sentido horizontal) o usuário enxergue apenas uma (não comprimida), em estéreo, sem o uso de óculos especiais. São dispositivos ainda raros e caros e o efeito estéreo só aparece quando o usuário visualiza a tela de uma posição bem específica, frontal.
- **Estéreo por disparidade cromática (ChromaDepth™) :** Com o uso de óculos com lentes especiais é possível codificar diferentes profundidades na imagem através de suas cores. As lentes ChromaDepth™ (<http://www.chromatek.com/>) mudam a direção da luz que as atravessa de acordo com sua cor, criando o efeito estéreo. Este método é bastante barato porém não permite o uso das cores de forma natural e de fácil controle. Pode, no entanto, ser usado na forma impressa, no computador ou em vídeo.

A estereoscopia foi usada no passado em livros de Geometria Descritiva para auxiliar a visualização das formas e inter-relacionamento entre elementos geométricos no espaço. A técnica usada normalmente era o anaglifo.

Com o advento de novas tecnologias, pode-se agora utilizar com mais facilidade e sucesso técnicas estereoscópicas no aprendizado de Geometria e Desenho Técnico. A finalidade básica de seu uso é sempre o de facilitar a visualização espacial.

Pode-se aplicar estas tecnologias do desenvolvimento de programas interativos na forma de *applets* ou aplicações independentes. Podem assim ser disponibilizados na Internet e usados no ensino à distância, além de apoiar o ensino presencial. Como exemplo desta aplicação pode-se citar o desenvolvimento de um *applet* para visualização interativa, em estéreo, de situações geométricas espaciais para o ensino de geometria projetiva (Santos et al, 1998). Neste applet foram implementados os métodos anaglifo e par estéreo, adaptados ao uso no ambiente diversificado da Internet através de configuração (figura 08). Esta ferramenta pode ser disponibilizada em páginas web e integra um tutorial *on-line*.

Para uso em sala de aula, programas deste tipo podem ser implementados na forma de aplicação independente (*standalone*), e visualizados através de projeção polarizada ou óculos obturadores individuais. Dispondo de uma interface que permita ao professor facilmente criar planos e linhas em posição especial (topo, vertical, de perfil, paralelo à linha de terra, horizontal, etc.) ou qualquer e ainda posicionar pontos, esta aplicação pode facilitar a visualização de propriedades geométricas espaciais e estratégias de solução de exercícios de Geometrias Projetiva, Descritiva e Cotada.

Também podem ser desenvolvidas animações estéreo por computador, ilustrando problemas e conceitos complexos. Tais animações podem ser gravadas em fita de vídeo ou ficar disponibilizadas em computador em forma de arquivo AVI, para uso imediato, de acordo com a conveniência do professor.

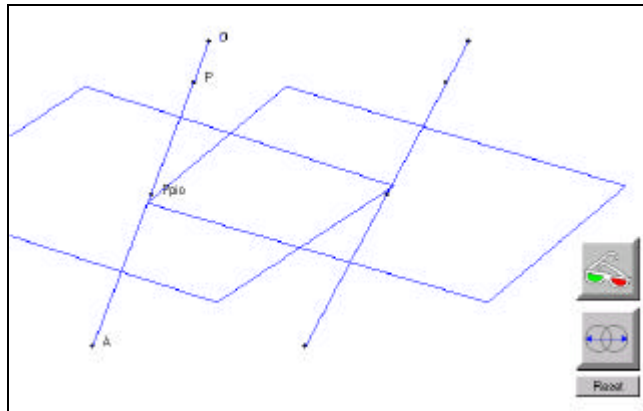


Figura 08 - Applet para visualização estéreo

6. Prototipagem Rápida

A prototipagem rápida é uma tecnologia que permite a geração de protótipos automaticamente a partir de modelos 3D desenvolvidos em CAD. Os processos de fabricação rápida de protótipos de peças são bastante variados, classificando-se em subtrativos, aditivos e compressivos. Os mais comuns são os processos subtrativos, onde um bloco de material é esculpido para gerar a forma projetada. Os processos compressivos comprimem um material semi-sólido ou líquido até a forma desejada. Os mais modernos são os processos aditivos tais como os fotopolímeros (resina líquida solidificada por luz com comprimentos específicos).

Atualmente existem no mercado equipamentos CNC (Comando Numérico Computadorizado) bastante pequenos e de custo reduzido, que permitem o uso de técnicas de prototipagem rápida no ensino de Desenho Técnico (figura 09).

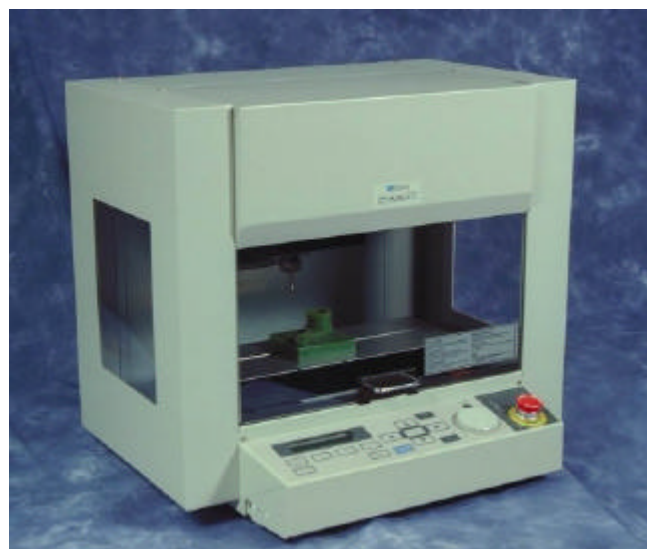


Figura 09 - Máquina CNC de pequeno porte

A utilidade de tais equipamentos como apoio ao ensino de Desenho pode se dar tanto através do uso dos modelos físicos facilmente gerados por eles como também através da atividade de programação de tais máquinas pelos próprios alunos.

O uso de modelos físicos pode ocorrer nos primeiros contatos do aluno com o desenho, pois dispensa totalmente a visualização espacial, sendo a maneira mais intuitiva de representação de uma forma tridimensional. Neste processo, dois sentidos (visão e tato) estão envolvidos, facilitando a compreensão da forma. Em seguida, na prática de esboço, a manipulação do modelo físico também é interessante pois facilita a memorização das formas e porque permite a orientação do objeto em inúmeras posições, enriquecendo o exercício (MAFALDA & KAWANO, 1999).

Os modelos físicos ainda podem ser úteis na aquisição do conceito de formação das vistas ortográficas pela projeção na "caixa de vidro". As várias vistas ortográficas podem ainda ser rapidamente visualizadas (aproximadamente) através das várias faces do objeto. Por fim, na axonometria ortogonal, as várias perspectivas podem ser ensaiadas pelo aluno alterando a posição do modelo em suas mãos.

A programação de máquinas CNC também pode ajudar a desenvolver as habilidades de visualização espacial do aluno, pois requer a visualização mental do caminho a ser percorrido pela ferramenta de corte e das posições relativas entre pontos da peça (MAFALDA & KAWANO, 1999).

Por fim, a motivação despertada nos alunos pelo uso destes interessantes equipamentos também não deve ser desprezada, já que normalmente se tratam de estudantes dos primeiros anos dos cursos de Engenharia, que tradicionalmente apresentam elevadas taxas de evasão.

7. Conclusão

As novas tecnologias incorporadas no hardware e no software modernos abrem inúmeras possibilidades para o ensino de Desenho e Geometria.

As diferentes manifestações do software, desde os sistemas CAD introduzidos nos anos 80 e 90, passando pelos programas de Geometria Dinâmica, até as mais novas aplicações na Internet, são todas oportunidades para modernizar o ensino gráfico, incrementar o aprendizado e motivar o estudante.

Dispositivos estereoscópios prometem auxiliar os estudantes com mais baixa capacidade de visualização espacial a desenvolverem esta habilidade. A prototipagem rápida traz a facilidade de confecção de modelos que podem ser usados para estimular não só a visão, mas também o tato, no processo de exercitar a mente para a concepção e entendimento de formas no espaço.

Bibliografia

AMES, Andrea L., NADEAU, David R., MORELAND, John L. *VRML 2.0 Sourcebook*, 2nd Ed. New York: John Wiley and Sons, 1997.

- BACKUS, Benjamin T. *The Use of Dynamic Geometry Software in Teaching and Researching Optometry and Vision Science*. In: *Geometry Turned On: Dynamic Software in Learning, Teaching, and Research*, eds. James R. King and Doris Schattschneider Washington: The Mathematical Association of America, pp.161-168, 1997.
- BRAVIANO, Gilson, *O Uso do Cabri-Géomètre nas Aulas de Desenho Geométrico - Resultado de uma Análise Estatística*. In: *Anais do Graphica 98*, pp.359-366. Feira de Santana, 1998.
- CAVALCANTE, Antonio P. H., DUTRA, Nadja G. S., CAETANO, Luis A. C., *Sistema especialista para ensino de Geometria Descritiva*. In: *Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia*, pp. 865-870. Natal, 1999.
- DERKIS, Johannes C. J. M. *Aplicativo AutoCAD para Ensino de Geometria Descritiva*. In: *Anais do Graphica 98*, pp.326-332. Feira de Santana, 1998.
- GORINI, Catherine A. *Dynamic Visualization in Calculus*. In: *Geometry Turned On - dynamic software in learning, teaching, and research*, eds. James R. King and Doris Schattschneider Washington: Mathematical Association of America, p.89-94, 1997.
- JACKIN, Nicholas *The Geometer's Sketchpad*. Berkeley: Key Curriculum Press, 1990.
- KELLER, Rodrigo & SCHREIBER, Jacques *O Ambiente GEO-3D: Realidade Virtual aplicada no Ensino*. In: *Anais do X Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. pp.362-364, Curitiba, 1999.
- KING, James *An Eye for Similarity Transformations*. In: *Geometry Turned On - dynamic software in learning, teaching, and research*, eds. James R. King and Doris Schattschneider. Washington: Mathematical Association of America, p.109-120, 1997.
- KING, James & SCHATTSCHEIDER, Doris *Geometry Turned On - dynamic software in learning, teaching, and research*. (Eds.) Washington: Mathematical Association of America, 1997.
- LABORDE, Jean-Marie & BELLEMAIN, Franck *Cabri-geometry II®*. Dallas: Texas Instruments, 1994.
- LEOPOLD, Cornelia, MÜLLER, Luc *Development of Spatial Visualization Skills by Means of VRML-Tools*. In: *Proceedings of the Eighth International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry*, pp. 257-260, Austin, Texas, USA, 1998.
- MAFALDA, R.; KAWANO, A. *Aplicações de Comando Numérico na Disciplina Desenho para Engenharia*. Boletim Técnico PCC/EPUSP, 2000.
- MORROW, James *Dynamic Visualization from Middle School through College*. In: *Geometry Turned On - dynamic software in learning, teaching, and research*, eds. James R. King and Doris Schattschneider. Washington: Mathematical Association of America, p.47-54, 1997.
- NICYPER, R., HEPPE, A. *Constructing Anaglyph Images on Phantogram Perspective Charts*, West Covina, Calif., USA: Jerry Haines Sales: 1994.

- RICHTER-GEBERT, Jürgen & KORTENKAMP, Ulrich H. *The Interactive Geometry Software Cinderella*. Berlin: Springer, 1999.
- RODRIGUES, Maria H. W. L. *A Contribuição do Cabri Géomètre para um Projeto de Integração das Disciplinas Gráficas*. In: Anais on-line do Cabri World 99 (http://www.cabri.com.br/anais_cabriworld/cc/cc_mwyillie.htm), São Paulo, 1999.
- SANTOS, E. T. ; CHENG, L. Y. ; PETRECHE, J. R. *D An On-Line Interactive Tutorial on Projective Geometry* In: Proceedings of the Eighth International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry, pp.593-597, Austin, TX, USA, 1998.
- SANTOS, Eduardo. T. *Un applet java para hacer disponibles ejercicios de geometría descriptiva en Internet*. In: Actas del II Congreso Iberoamericano de Expresión Gráfica, v.1, pp.144-149, Salta - Argentina, 1999.
- SCHATTSCHEIDER, Doris *Visualization of Group Theory Concepts With Dynamic Geometry Software*. In: Geometry Turned On - dynamic software in learning, teaching, and research, eds. James R. King and Doris Schattschneider Washington: Mathematical Association of America, p.121-127, 1997.
- SCHWARTZ, Judah L. & YERUSHALMY, Michal *The Geometric Supposer*. Pleasantville: Sunburst Communications, 1983.