

SOLUÇÕES DE INTERFACE HUMANO-COMPUTADOR PARA A FERRAMENTA DE ANIMAÇÃO EM SOFTWARE DE GEOMETRIA DINÂMICA

Daniel Wyllie Lacerda Rodrigues¹

Vania Ribas Ulbricht²

RODRIGUES, D. W. L.; ULBRICHT, V. R. Soluções de interface humano-computador para a ferramenta de animação em software de geometria dinâmica. *Revista Educação Gráfica*, Bauru, n.8, p.127-136, 2004.

Resumo

Num ambiente informatizado, a Geometria Dinâmica está voltada para o ensino e a aprendizagem de uma série de disciplinas gráficas e matemáticas. A partir da construção de modelos geométricos precisos e interativos, os usuários podem usufruir de uma variedade de aplicações, das quais destacam-se: a visualização de lugares geométricos, a descoberta de relações entre elementos e a obtenção de provas experimentais. Este trabalho busca comparar diversas soluções de interface adotadas para o uso e controle da animação em cada um

¹ Mestre em Eng. Produção, doutorando do Programa de Pós-Graduação em Design da PUC-Rio, e-mail: dwyllie@ig.com.br

² Doutora em Eng. Produção, professora do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da UFSC, e-mail: ulbricht@floripa.com.br

de três programas selecionados: [1] Cabri Géomètre II, [2] The Geometer's Sketchpad 3 e [3] Cinderella. Como resultado, percebe-se que seus projetistas também apresentam diferentes pontos de vista quanto às restrições e possibilidades desta nova forma de representação.

Palavras-chave: Interface Humano-Computador (IHC), Animação, Geometria Dinâmica

Abstract

Dynamic Geometry focuses on the teaching and learning process covering a range of graphical and mathematical disciplines in the computing environment. Beginning with the drawing of accurate and interactive geometrical models, users can count on many benefits such as: loci visualization, finding out the relationship between elements and obtaining experimental proofs. This work intends to compare several interface approaches for the use and control of animation in each of the three selected software: [1] Cabri Géomètre II, [2] The Geometer's Sketchpad 3 e [3] Cinderella. Resulting from this comparison it is noticed that their designers similarly show different points of view as to the restrictions and the capabilities of this new kind of representation.

Keywords: HCI, Animation, Dynamic Geometry

Introdução

"A Geometria Dinâmica nasceu com a problemática da implementação da geometria no computador. Esta problemática sofreu forte influência das técnicas de modelização e representação

da informática e originou-se da necessidade de definir, aproveitando as potencialidades do computador, um novo sistema de representação dos objetos da geometria permitindo aproximar as propriedades perceptivas dessas representações das propriedades formais dos objetos representados." (Bellemain, 2001, p.1316).

As concepções informatizadas de Geometria Dinâmica surgiram como uma alternativa para a exploração dos mesmos conceitos da geometria euclidiana clássica, porém, por intermédio de programas interativos (King & Schattschneider, 1997). Segundo Winroth (1999), os três programas de Geometria Dinâmica que mais se destacam na atualidade são:

*Cabri Géomètre – sua criação foi proposta em 1985 por Jean Marie Laborde como um livro de exercícios de geometria euclidiana. Seu desenvolvimento original foi realizado por um grupo de pesquisadores do laboratório Leibnitz do Instituto de Informática e de Matemática Aplicada em Grenoble (IMAG), na França. A mais recente versão, Cabri Géomètre II Plus, é comercializada pela empresa Cabrilog. A versão anterior também funciona para um modelo específico de calculadoras da Texas Instruments.

*The Geometer's Sketchpad – surgiu do Projeto de Geometria Visual (VGP), adotado pela universidade Swarthmore em meados de 1980 e coordenado por Eugene Klotz e Doris Schattschneider. A proposta inicial tinha como objetivo a geometria tridimensional, mas devido às limitações impostas pelos processadores disponíveis na época, acabou por restringir-se à geometria plana (Scher, 2000). Nicholas Jackiw, o até então estudante de graduação selecionado

para programá-lo, tornou-se o principal desenvolvedor da aplicação. Atualmente, o Sketchpad está na quarta versão e é comercializado pela empresa Key Curriculum Press.

* Cinderella – originalmente concebido por Henry Crapo e Jürgen Richter-Gebert, trata-se do resultado da continuação de três projetos realizados entre 1993 e 1998. Comercializado pela Springer-Verlag e embora não tão popular quanto os seus antecessores, o Cinderella apresenta características singulares, tais como: a precisão matemática, o suporte para múltiplas geometrias, a independência de plataforma e a verificação automática de teoremas (Richter-Gebert & Kortenkamp, 1999).

Vários outros programas se encontram no mercado, dentre eles: Dr. Genius (sucessor do Dr. Geo), Euklid, Géom Spécif, Geometric Inventor, Geometric Supposer, Juno 2, PDB, Uni-Géom, GEUP, Calques 3D (van Labeke, 2001), Tabulae e Igeom (Brandão, 2001). Cumpre ressaltar que os dois últimos são resultados de pesquisas nacionais, valendo a pena conhecê-los e explorá-los.

Metodologia e desenvolvimento de pesquisa

Compreende-se que os modelos formais para a avaliação de software tais como o uso apropriado de métricas e a testagem com usuários em laboratórios de usabilidade sejam de grande valia. Na prática, se tomadas as devidas precauções, estes métodos garantem uma maior precisão e conseqüente confiabilidade dos dados obtidos. Entretanto, tais alternativas, além de exigirem recursos de difícil acesso e de alto custo, são geralmente aplicadas em

várias etapas de desenvolvimento de um único software (Nielsen, 1993; Rubin, 1994; Shneiderman, 1998).

Como o objetivo primordial desta pesquisa era reconhecer e comparar os diferentes aspectos de IHC encontrados em mais de um software de Geometria Dinâmica (Cabri Géomètre II, The Geometer's Sketchpad 3 e Cinderella), optou-se tanto pela avaliação heurística quanto pela aplicação de um questionário a usuários desta categoria específica de programas.

Inicialmente, foi escolhido um grupo de 7 funcionalidades, ou características, comuns aos 3 programas estudados. Os tópicos de interesse selecionados foram: [1] ordem de comandos; [2] mudança de atributos; [3] *feedback*; [4] manipulação direta; [5] animação; [6] lugar geométrico e [7] macros e *scripts*. Este artigo discute apenas as questões referentes ao item sobre animação.

Elaborou-se um questionário de 20 questões, englobando os 7 itens previamente destacados. Várias perguntas foram apresentadas na forma de múltipla escolha, e praticamente todas elas foram acrescidas de um campo para a apresentação de comentários ou justificativas. Ao todo, 14 participantes colaboraram na pesquisa, a saber:

* 4 alunos de graduação do curso de licenciatura em Educação Artística (habilitação em desenho) da UFRJ – EBA;

* 5 alunos de pós-graduação (*latu-sensu*) do curso de Especialização em Técnicas de Representação Gráfica da UFRJ – EBA;

* 5 professores, sendo 3 deles da UFRJ, um da Universidade Estadual de Londrina e outro do Colégio Pedro II, no Rio de Janeiro.

A tabela 1 mostra a familiaridade dos respondentes com os programas de Geometria Dinâmica avaliados e a(s) área(s) de conhecimento em que eles os aplicam. Os códigos de 1 a 9 (R1 a R9) e os de 10 a

14 (R10 a R14) correspondem respectivamente aos 9 alunos e aos 5 professores participantes.

Ao longo do texto, os mesmos códigos são usados para referenciar seus comentários.

| Resp | Programa conhecido pelo respondente | | | | Área de aplicação |
|------|-------------------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------------------|---|
| | Cabri Géomètre II | The Geo's Skecthpad 3 | Cinderella | Outros | |
| R1 | 1 ano e meio | 6 meses | só observação | - | Geom. Plana (M/Pós) |
| R2 | 1 ano | 6 meses | só observação | - | Geom. Plana (Pós) |
| R3 | 6 meses | 6 meses | só observação | - | Geom. Plana (M/Pós) |
| R4 | 1 ano e meio | 6 meses | 6 meses | - | Geom. Plana (Pós) |
| R5 | 6 meses | 6 meses | só observação | - | Geom. Plana (Pós) |
| R6 | 9 meses | 3 semanas | 3 semanas | - | G. Plana, GD (U/Pós) |
| R7 | 5 meses | 3 semanas | só observação | - | Geom. Plana (U) |
| R8 | 5 meses | 3 semanas | só observação | - | Geom. Plana (U) |
| R9 | 1 ano | 6 meses | só observação | - | Geom. Plana (U) |
| R10 | 3 anos e meio | 2 anos e meio | 1 ano | - | G. Plana, GD, Persp. e Sombras.; Axonometria. |
| R11 | 2 anos | 3 anos | - | Cabri I – 2 anos Tabulae – 1 mês | G. Plana, GD (Ensino Fund. e Médio) |
| R12 | 4 anos | - | 3 anos, porém sem usá-lo | - | Matem., G. Plana, GD (U e com professores) |
| R13 | 4 anos | 4 anos | - | Tabulae – 1 ano | G. Plana e G.Esp. (U); GD (M) |
| R14 | 3 anos | 6 meses | Alguns dias | - | G. Plana e Perspec. (U) |

Tabela 1 – Familiaridade dos respondentes com os programas de Geometria Dinâmica e áreas em que eles atuam.

Recursos de animação

Uma investigação prévia das interfaces em estudo, realizada pelo próprio pesquisador, indicou diversas maneiras de se pensar em termos de animação. Primeiramente, foram observados quatro itens fundamentais:

A. múltipla animação (animação de mais de um objeto ao mesmo tempo);

B. associação de um botão específico para cada animação preestabelecida;

C. controle da velocidade de animação;

D. escolha do sentido sobre o trajeto (no caso de ser selecionado um ponto e um caminho).

A tabela 2 indica quais programas contém cada um destes recursos.

| | A | B | C | D |
|----------------------------|---|---|---|---|
| Cabri Géomètre II | X | | X | X |
| The Geometer's Sketchpad 3 | X | X | X | |
| Cinderella | | | X | |

Tabela 2 – Programas e recursos para animação.

Ao serem questionados sobre a relevância destes itens para a ferramenta de animação, grande parte dos respondentes demonstrou ter maior interesse na múltipla animação, no controle de velocidade e na escolha do sentido. Os dados obtidos podem ser visualizados na tabela 3.

| Item / Valor | Essencial | Secundário | Desnecessário |
|--------------|-----------|------------|---------------|
| A | 12 | 2 | - |
| B | 3 | 8 | 3 |
| C | 11 | 3 | - |
| D | 12 | 2 | - |

Tabela 3 – Resultados de frequência fornecidos pelos participantes da pesquisa em relação aos recursos associados à ferramenta de animação.

Das opiniões recolhidas, algumas das mais relevantes são apresentadas abaixo:

R6 – O recurso B é bastante útil desde que adequado às demais opções (sentido etc).

R8 – Todos os recursos são necessários conforme a utilização.

R9 – Seria ideal que todos os programas oferecessem as várias possibilidades.

R11 – O recurso B é prático pois permite que se possa salvar uma animação (às vezes temos vários elementos para animar) mas não chega a ser essencial.

R13 – Não considero a animação como uma das características importantes do software de Geometria Dinâmica. Acho que ela induz o professor a realizar o trabalho do aluno que pode ficar reduzido ao papel de espectador de uma animação, o que não é um uso relevante dos software de Geometria Dinâmica.

Mesmo quando dois ou mais programas contêm um recurso em comum, a qualidade de acesso e de uso costuma diferir significativamente entre eles. O controle de velocidade da animação é um exemplo deste fato.

Controles e conseqüências

No Cabri Géomètre II, ao utilizar a “técnica de semimodo” (Raskin, 2000) – pressionar, arrastar e soltar – o usuário cria um dispositivo virtual que lembra uma mola. Este dispositivo, além de representar um mapeamento natural (Norman, 1990), que facilita o reconhecimento por analogia, agrega dois benefícios consideráveis à animação (figura 1): é possível tanto a escolha do sentido sobre o trajeto quanto o controle da sua velocidade (quanto mais esticada estiver a mola, mais veloz será o movimento; quanto menos esticada estiver a mola, mais lento será o movimento).

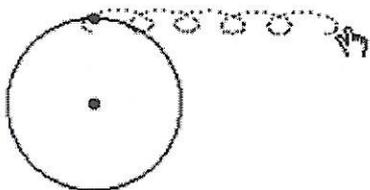


Figura 1: Controle de velocidade no Cabri Géomètre II.

No Geometer’s Sketchpad 3, o método de controle da velocidade varia significativamente do corresponde anterior. Conforme mostra a figura 2, é fornecido um menu com três opções de velocidade.

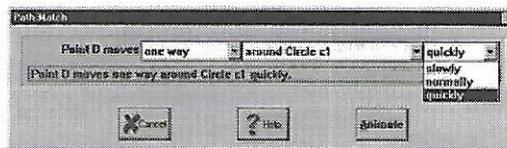


Figura 2: Controle de velocidade no Geo. Sketchpad 3.

Ao utilizar o Cabri, o usuário detém um maior controle sobre a velocidade que o objeto pode alcançar. O dispositivo que imita a mola, além de permitir uma estimativa inicial do percentual de velocidade da animação, também garante a escolha de valores intermediários entre os limites inferior e superior. No caso do Sketchpad só existem três valores disponíveis. A velocidade pode ser: (1) lenta, (2) normal ou (3) rápida. O problema se agrava quando se percebe que estes valores são relativos e dependem da maneira pela qual a figura foi construída. Figuras simples determinam velocidades altas, mesmo quando se escolhe a primeira opção (lenta).

O Cinderella possui um controle de velocidade mais simples, prático e adequado aos propósitos do usuário. A figura 3 mostra o diálogo de controle da animação. Quando o usuário “clica e arrasta” o pequeno traço em branco sobre a barra horizontal, ele pode escolher qualquer velocidade desejada, indo do zero até seu valor máximo. Ao contrário da solução encontrada no Cabri, no Cinderella o controle é executado em paralelo com a animação. Portanto, além de diminuir e aumentar a velocidade conforme suas intenções, o usuário pode parar o movimento e retomá-lo com a mesma intensidade a partir de qualquer posição predeterminada.

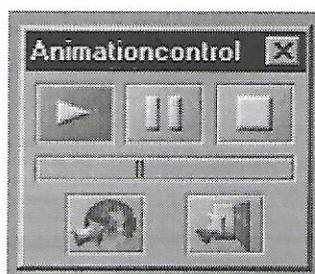


Figura 3: Controle de velocidade no Cinderella.

Ordem de comandos e exemplos

Para se animar uma figura no Cabri, deve-se inicialmente ativar a ferramenta de animação para depois escolher o objeto desejado (ordem pré-fixada). Já no Sketchpad,

primeiramente são indicados o objeto e o trajeto (ordem pós-fixada), para depois ser acessado o comando de animação. No Cabri não há necessidade de indicar um caminho, pois o programa deduz qual o trajeto a ser percorrido pela própria geometria da figura. Por exemplo, um ponto criado sobre um círculo só pode ser animado sobre este próprio círculo. Neste caso específico, o Cinderella segue a mesma abordagem adotada pelo Cabri: se a dedução do trajeto for possível, o programa se satisfaz com a indicação de apenas um parâmetro (o ponto). Os resultados das animações destes programas variam de acordo com as diversas situações apresentadas. Observe-se a tabela 4.

| Parâmetros oferecidos | Cabri Géomètre II | Sketchpad 3 | Cinderella |
|--|--|--|--|
| [1] Somente o ponto (completamente solto). | Sim , anima sobre uma reta, de acordo com a direção e sentido indicados. | Não anima, pois é necessária a indicação de um caminho. | Não anima, pois para o Cinderella o ponto precisa ter ao menos um caminho. |
| [1] Somente o ponto (pertencente a um único caminho). | Sim , anima sobre este caminho. | Não anima, pois é necessária a indicação de um caminho. | Sim , anima sobre este caminho. |
| [1] Ponto e [2] caminho único ao qual ele pertence. | Não anima, pois não faz sentido a seleção de mais de um parâmetro. O item anterior é uma alternativa possível. | Sim , anima sobre este caminho. | Não anima, pois não faz sentido a seleção de mais de um parâmetro se o ponto só pertence a um caminho. O item anterior é uma alternativa possível. |
| [1] Somente o ponto (solto mas com um caminho cuja definição depende dele). | Sim , anima sobre uma reta, de acordo com a direção e sentido indicados. | Não anima, pois é necessária a indicação de um caminho. | Sim , anima sobre este caminho. |
| [1] Ponto (solto) e [2] caminho cuja definição depende deste ponto (referente ao 1º exemplo mostrado adiante). | Não anima, pois não faz sentido a seleção de mais de um parâmetro. O item anterior é uma alternativa possível. | Não anima, justamente pelo fato de o caminho depender do ponto. | Sim , anima sobre este caminho, desde que exista ao menos um outro caminho que também depende deste ponto. |
| [1] Ponto (completamente solto) e [2] caminho ao qual ele não pertence (referente ao 2º exemplo mostrado adiante). | Não anima, pois não faz sentido a seleção de mais de um parâmetro. | Sim , tira o ponto de onde ele está e anima sobre este caminho. | Não anima. Não se permite a seleção de um caminho ao qual o ponto não pertence, ou de um que ele não define. |
| [1] Ponto (pertencente a outro caminho) e [2] caminho ao qual ele não pertence (referente ao 3º exemplo mostrado adiante). | Não anima, pois não faz sentido a seleção de mais de um parâmetro. | Sim , anima (mas de forma peculiar sobre o caminho ao qual ele pertence). | Não anima. Não se permite a seleção de um caminho ao qual ele não pertence, ou de um que ele não define. |

Tabela 4 – Possibilidades de animação nos programas analisados.

Quando as três últimas linhas da tabela são comparadas, percebe-se com clareza que os projetistas reservam diferentes pontos de vista quanto às restrições e possibilidades da Geometria Dinâmica. Para investigar as reações dos usuários a respeito destas concepções, foram elaborados três exemplos básicos.

Exemplo 1

Observe-se a seguinte construção (figura 4):

1. criação de um ponto P1 qualquer;
2. criação de um círculo c2, passando por P1, de centro P2 qualquer (diferente de P1);
3. criação de um círculo c3, passando por P1, de centro P3 qualquer (diferente de P1 e de P2).

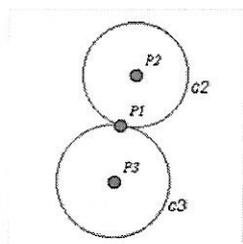


Figura 4 – Primeiro exemplo de animação.

Na situação apresentada, levando-se em conta as características dos programas analisados, existem três possibilidades para se trabalhar com a ferramenta de animação:

- A. não ser possível a animação de P1;
- B. ser possível a animação de P1 mas sem associar seu trajeto ao círculo c2 ou c3;
- C. ser possível a animação de P1 ao longo do círculo c2 e também no círculo c3, sendo apenas estes trajetos possíveis.

Ao serem questionados sobre qual comportamento seria coerente, a maioria dos respondentes optou pela alternativa C (tabela 5).

| Categorias | n° | % |
|---------------|----|-----|
| Alternativa C | 11 | 79 |
| Alternativa B | 2 | 14 |
| Alternativa A | 1 | 7 |
| Total | 14 | 100 |

Tabela 5 – Resultados da questão relativa ao exemplo 1.

Os que optaram pela alternativa C valorizaram as possibilidades de aplicação. No entanto, deixaram em segundo plano a idéia de Geometria Dinâmica como um sistema baseado em restrições. Alguns comentários reforçaram esta hipótese.

R3 – O terceiro item lhe dá possibilidade de animação sem nenhuma dificuldade.

R6 – O fato de termos mais uma possibilidade de animação.

R10 – Parece-me ser mais útil na resolução de problemas.

Por outro lado, as opiniões dos professores que mais conhecem e utilizam a Geometria Dinâmica indicaram o inverso. Os respondentes R11 e R12 assinalaram a alternativa B. Já o R13 optou pela A.

R11 – O ponto é livre e deve se movimentar livremente; as circunferências é que devem acompanhar o movimento do ponto. Penso que, se o programa tem por objetivo ensinar a geometria, é importante manter as propriedades geométricas dos elementos; entretanto, se usado para outras finalidades, esses recursos podem facilitar a execução de um desenho. Ainda assim, dou preferência ao recurso de “redefinição do objeto”, disponível no Cabri.

R12 – O primeiro item é possível, pois se P1 é um ponto qualquer, pode ser movimentado para onde se queira, como no Cabri (se bem que aí os 2 círculos variam). Não sei animar no Sketchpad mas pude mover o ponto arbitrariamente. Idem no Cinderella. O terceiro item é possível no Cinderella, apesar de eu achar meio estranho. No Cabri isso não é possível pois é o círculo que está amarrado no ponto e não o inverso.

R13 – P1 é um ponto livre.

Exemplo 2

Observe-se a seguinte construção (figura 5):

1. criação de um ponto P1 qualquer;
2. criação de um círculo c2, não contendo P1, de centro P2 qualquer (diferente de P1).

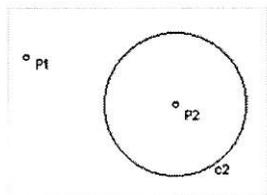


Figura 5 – Segundo exemplo de animação.

Na situação apresentada, levando-se em conta as características dos programas analisados, existem duas possibilidades para se trabalhar com o recurso de animação:

- A. ser possível a animação de P1 ao longo do círculo c2;
- B. não ser possível a animação de P1 ao longo do círculo c2.

Desta vez, a questão sobre o comportamento mais coerente determinou um empate entre os participantes (tabela 6).

| Categorias | nº | % |
|---------------|----|-----|
| Alternativa A | 7 | 50 |
| Alternativa B | 7 | 50 |
| Total | 14 | 100 |

Tabela 6 – Resultados da questão relativa ao exemplo 2.

Novamente, ao aceitar a animação de P1 ao longo do círculo c2, há um conflito com idéia do sistema baseado em restrições. O ponto P1 está livre e conseqüentemente não pertence ao círculo c2. Todos os 5 professores (e mais 2 alunos), que conhecem há mais tempo a Geometria Dinâmica, optaram pela alternativa B. Seus comentários são os seguintes:

R9 – A não ser que o comportamento do ponto P1 ao longo do círculo c2 seja justificado graficamente / matematica-

mente. Não sei nada sobre isso.

R10 – Seria um recurso a mais que possibilitaria redefinir o objeto, porém acho o perfeitamente dispensável e pode confundir o usuário.

R11 – O ponto P1 não tem nenhuma relação geométrica com o círculo; sua movimentação deve ser independente.

R12 – Não tem por que isso acontecer. Se algum dos programas fizer isso, gostaria de saber SE e POR QUE faz isso.

R13 – P1 é um ponto livre, não há caminho para ser percorrido, logo não faz sentido falar em sua animação.

Os respondentes que se mostraram a favor da alternativa A apresentaram uma outra visão do problema.

R2 – Mais coerente à dinâmica do exercício.

R5 – É importante que ele possa ser animado para que existam possibilidades de diferentes estudos na figura.

R8 – Seria melhor para o usuário que o ponto fosse animado no círculo, mesmo não estando contido neste, porém mostrando o caminho percorrido pelo ponto.

Exemplo 3

Observe-se a seguinte construção (figura 6):

1. criação de um círculo c1 qualquer, de centro P1;
2. criação de um círculo c2 qualquer, diferente de c1, de centro P2;
3. criação de um ponto P3 qualquer, pertencente ao círculo c1.

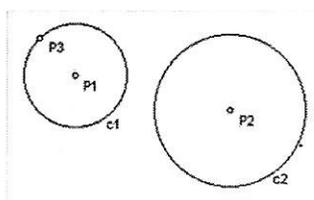


Figura 6 – Terceiro exemplo de animação.

Na situação apresentada, levando-se em conta as características dos programas analisados, existem duas possibilidades para se trabalhar com o recurso de animação:

A. ser possível a animação de P3 somente ao longo do círculo c1;

B. ser possível a animação de P3 em torno do círculo c1 e também quando se aponta o círculo c2 como caminho.

A segunda alternativa, definitivamente, aparenta incoerência. No entanto, 6 dos 14 participantes optaram por ela (tabela 7).

| Categorias | nº | % |
|---------------|----|-----|
| Alternativa A | 8 | 57 |
| Alternativa B | 6 | 43 |
| Total | 14 | 100 |

Tabela 7 – Resultados da questão relativa ao exemplo 3.

O ponto P3 pertence ao círculo c1. Conseqüentemente, o movimento de P3 em torno de c2 não deve ocorrer. Justamente os usuários que mais contato tiveram com a Geometria Dinâmica se posicionaram contra a alternativa B. Os comentários abaixo reforçam esta idéia.

R10 – Apesar de provavelmente ter alguma utilidade, acho que confunde o usuário, pois o ponto não fica pertencendo ao segundo círculo.

R12 – Não consigo ver uma lógica para a segunda opção, nos moldes em que foi posta a questão. Talvez até seja interessante que aconteça essa dupla rotação, como por exemplo para simular a rotação da lua em torno da Terra e esta em torno do Sol, mas da maneira como foi colocada a questão, acho incoerente.

Conclusão

Da mesma forma que na matemática não há um modelo único de geometria,

também ocorrem diversas maneiras de se pensar numa geometria atrelada ao movimento. Qual é a melhor abordagem? Quem deve responder? Os projetistas, professores ou alunos? Neste trabalho, três programas de Geometria Dinâmica foram analisados: Cabri Géomètre II, [2] The Geometer's Sketchpad 3 e [3] Cinderella. O artigo tratou apenas das questões relativas à ferramenta de animação, recurso comum a todos. Além das interfaces, foram observadas todas as combinações elementares de animação que cada programa permite. Os exemplos selecionados indicam que não somente os projetistas assumem diferentes pontos de vista quanto às restrições e possibilidades da Geometria Dinâmica mas também podem ocorrer antagonismos entre usuários iniciantes e especialistas (geralmente alunos e professores). Cabe agora ao leitor refletir e decidir sobre quais características lhe parecem mais consistentes.

Referências bibliográficas

BELLEMAIN, F. Geometria Dinâmica: diferentes implementações, papel da manipulação direta e usos na aprendizagem. In: GRAPHICA 2001, INTERNATIONAL CONGRESS ON GRAPHICS ENGINEERING FOR ARTS AND TECHNICAL DRAWING, IV; SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, 15^o., Anais..., São São Paulo: CD-ROM, 2001. p. 1314-1329..

BRANDÃO, L. O. Geometria Dinâmica na Internet: iGeom e iMática. In: GRAPHICA 2001, INTERNATIONAL CONGRESS ON GRAPHICS ENGINEERING FOR ARTS AND TECHNICAL DRAWING, IV; SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, 15^o., Anais... São Paulo: CD-ROM, 2001. p. 1254-1254.

NORMAN, D. A. **The Design of Everyday Things**. New York: Basic Books, 1990.

NIELSEN, J. **Usability Engineering**. Boston: Academic Press, 1993.

RASKIN, J. **The Humane Interface Reading**, MA: Addison-Wesley / ACM Press, 2000.

RICHTER-GEBERT, J. & KORTEMKAMP, U. H. **The Interactive Geometry Software Cinderella**. Berlin: Springer-Verlag, 1999.

RUBIN, J. **Handbook of usability testing: how to plan, design and conduct effective tests**. NY: John Wiley & Sons, Inc, 1994.

SCHER, D. **Lifting the Curtain: The Evolution of The Geometer's Sketchpad**. In: *The Mathematics Educator*, Volume 10, Number 2, p. 42-48, 2000.

SHNEIDERMAN, B. **Designing the User Interface Reading**, MA: Addison-Wesley, 1998.

VAN LABEKE, N. Multiple External Representations in Dynamic Geometry: a Domain-Informed Design. AIED'2001 WORKSHOP - External Representations in AIED: Multiple forms and Multiple Roles. San Antonio, TX, May 20. p. 24-31, 2001.

WINROTH, H. **Projective Dynamic Geometry**. Tese de doutorado. Disponível em <<http://www.lib.kth.se/fulltext/winroth990324.pdf>>. Acesso em 21/10/2004