
Caso de uso do Geo na aplicação do modelo instrumental

Artigo

Augusto César Pires Spinelli, Alex Sandro Gomes

Centro de Informática – Universidade Federal de Pernambuco(UFPE)
Caixa Postal 7851 – 50732 970– Recife – PE – Brazil

{acps3, asg}@cin.ufpe.br

Resumo. *O aprendizado do campo matemático da geometria é historicamente deficiente, principalmente se considerarmos o ensino brasileiro. Este artigo descreve a aplicação do modelo instrumental, que avalia o potencial de uma interface à aprendizagem de conceitos específicos, para o campo da geometria. Tomou-se como estudo de caso para a aplicação da metodologia em questão e colheita de dados o Geo, um sistema de apoio ao ensino da geometria desenvolvido na UFPE, e os resultados encontrados são aqui apresentados.*

Palavras Chave. *Software Educativo, Análise Instrumental, Geometria, Multimídia*

Abstract. *The learning of the mathematical field of geometry is historically deficient, mainly if we consider the Brazilian education model. This article describes the application of the instrumental model for the field of geometry. This model evaluates the potential of an graphical user interface to teach specific concepts. As case study for the application of this model and harvest of data we choose Geo, a system developed in UFPE that offers support to geometry learning, and the final results are presented in this paper.*

Keywords. *Learnware, Instrumental Analysis, Geometry, Multimedia*

Caso de uso do Geo na aplicação do modelo instrumental

1. Introdução

O ensino da Geometria é um assunto que sempre está em foco no campo da matemática. Os conceitos geométricos envolvem um nível de complexidade altíssimo, que exige dos alunos não somente o conhecimento dos conceitos matemáticos envolvidos em seu ensino, como também sua aplicação prática no mundo real. Para atingir tal nível, os alunos necessitam elaborar um modelo mental que relacione o conhecimento aprendido (inteligência adquirida no saber) com a aplicação prática dos conceitos (ver e sentir o mundo a seu redor) [Parzysz 89].

Os estudantes historicamente apresentam dificuldades no ensino deste campo matemático. Esta dificuldade é apresentada principalmente nos primeiros anos de ensino da geometria quando os alunos, em escolas que utilizam metodologias tradicionais de ensino, são apresentados à geometria euclidiana, seus postulados, definições, princípios e axiomas [Guichard 86]. Essa dificuldade fez Michel Serres sabiamente postular, com relação ao ensino tradicional da geometria: “A Geometria é astúcia, faz rodeios, pega uma via indireta para chegar ao que ultrapassa a prática imediata”. O distanciamento entre teoria e prática da geometria faz com que os teoremas aprendidos em sala de aula não sejam bem assimilados pelos alunos, que se mostram incapazes de ter uma visão prática dos conceitos geométricos.

Uma vez identificado o distanciamento entre teoria e prática apresentado pelos estudantes de geometria, e que isto estaria causando um impacto negativo com relação ao aprendizado foi desenvolvido o Geo, um sistema de apoio ao ensino da geometria elaborado em ação conjunta do Centro de informática e Departamento de Expressão Gráfica da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Tomando o Geo como estudo de caso, este trabalho se propõe a realizar uma análise do sistema de acordo com o modelo instrumental apresentado em [Gomes 05], visando avaliar o aprendizado através do uso do sistema.

2. O sistema Geo

O Geo é um sistema que se propõe a ensinar geometria para alunos dos ensinos médio e fundamental. Ele pode ser utilizado por professores em suas aulas como ferramenta de suporte ao ensino da geometria, trazendo para um ambiente multimídia os conceitos apresentados em sala de aula. O Geo foi implementado utilizando tecnologias típicas da web, como HTML na codificação de suas páginas e Flash [Reinhardt&Dowd 02] nos desafios e animações. A interface do sistema está disponível na web, o que possibilita seu fácil acesso através de um browser comum, necessitando o usuário apenas ter o Flash Player instalado em sua máquina.

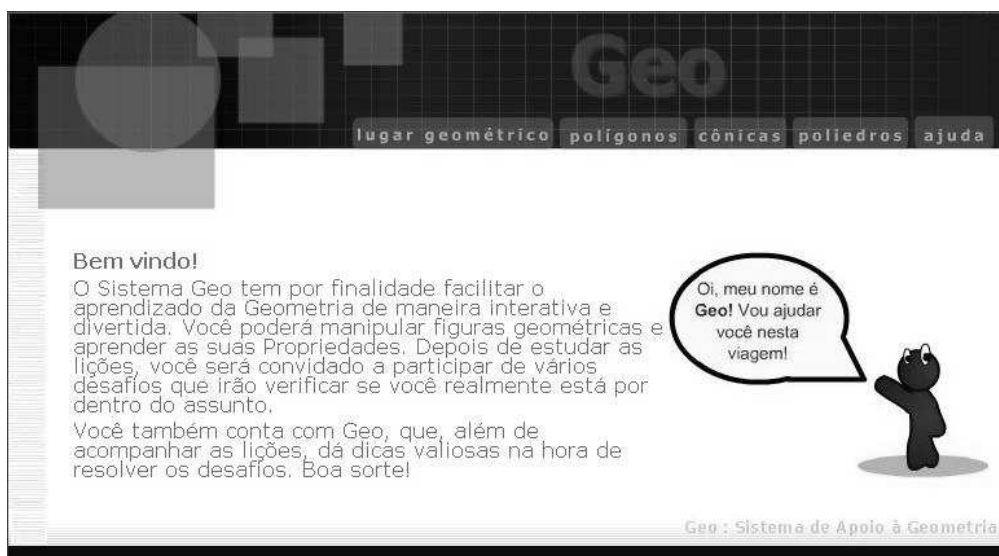


Figura 1. Interface de Boas Vindas do Geo

O sistema está dividido em módulos, cada qual cobrindo um assunto relevante no estudo da geometria. Até o presente momento o sistema contém os módulos de lugar geométrico, polígonos, cônicas e poliedros. O módulo de lugar geométrico explora o conceito de lugar geométrico, suas diversas manifestações e propriedades. Já o módulo de polígonos apresenta a teoria dos polígonos focando em duas categorias: triângulos e quadriláteros. No módulo de cônicas o aluno pode visualizar a geração de curvas cônicas, como por exemplo, circunferências, elipses, parábolas e hipérbolas. Finalmente, o módulo de poliedros apresenta este importante conceito de geometria espacial para os alunos, focando na visualização em três dimensões de poliedros regulares e suas propriedades. Neste mesmo módulo é também apresentada a planificação dos poliedros em questão, fazendo com que os alunos elaborem um modelo cognitivo que os permite tanto visualizar a planificação resultante de um poliedro em três dimensões como, por conseguinte, saber de que poliedro estamos tratando ao ver sua figura plana.

Cada um dos módulos está dividido em três conceitos fundamentais: teoria, lições e desafios. A teoria apresenta os conceitos de acordo com a geometria tradicional; são apresentadas as propriedades sob a forma de fórmulas matemáticas e uma descrição textual do assunto também é apresentada. As lições apresentam a teoria sob uma diferente perspectiva: os conceitos abordados na teoria são apresentados de forma interativa para os alunos, utilizando recursos multimídia. No Geo, utilizamos duas diferentes tecnologias nas lições: para os módulos que tratam de objetos em duas dimensões (polígonos e lugar geométrico) utilizamos uma extensão em Java Applets do Cabri Géomètri [Bellemain 92]. Já para os módulos que tratam de objetos em três dimensões (poliedros e cônicas) utilizamos animações Flash, que é uma ótima ferramenta para a elaboração de ambientes 3D interativos. Ao conjunto de teoria e lições chamamos de aula.

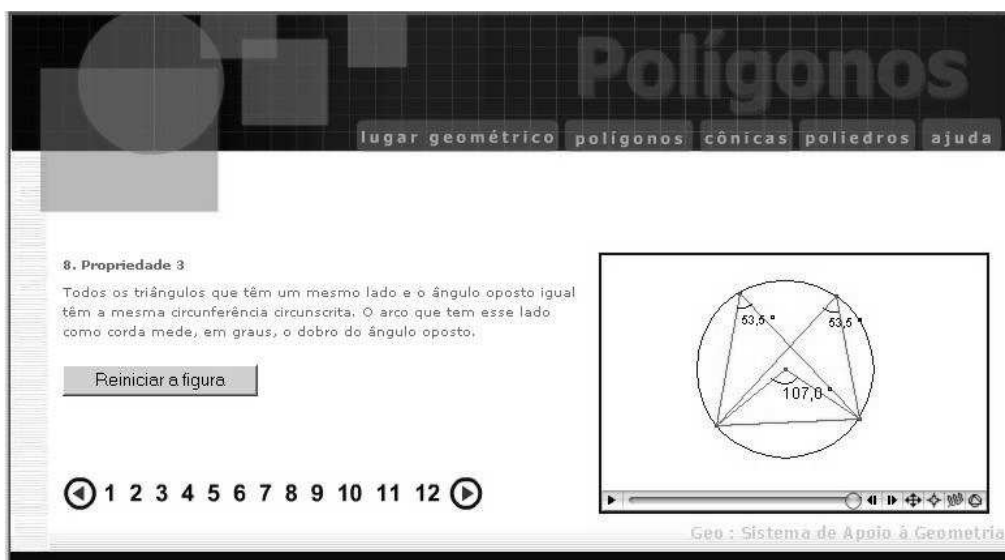


Figura 2. Típica lição do Geo, mostrando o uso do Cabri Géomètre Java Applet

Finalmente, os desafios apresentam-se sob a forma de teste interativo no qual o aluno poderá verificar seu nível de aprendizado realizando uma pequena prova e recebendo uma nota no final. Os desafios foram implementados em Flash utilizando a técnica Flash Learning Interactions [Nelson 02], o que trouxe uma grande dinamicidade para o sistema que possibilita diferentes tipos de interação ao questionar o usuário como, por exemplo, questões tipo “verdadeiro ou falso”, múltipla escolha, “fill in the blank”, “drag and drop”, “hot spot” e “hot object” [Nelson 02].

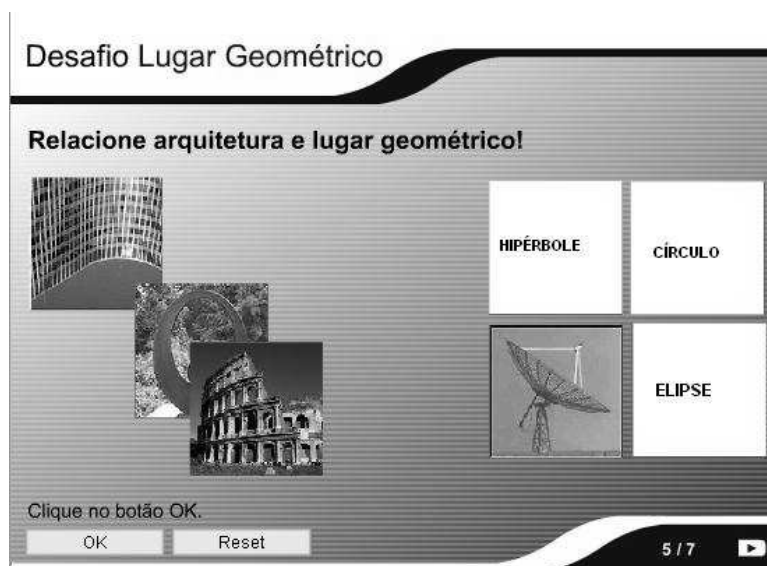


Figura 3. Desafio utilizando o "drag and drop" learning interaction

O aluno pode, sempre que achar necessário, contar com a ajuda do Geo, um avatar interativo desenvolvido na forma de um amiguinho digital que ajudará o aluno no decorrer do uso do sistema. Além disso, foi implementado um tutorial online, no qual via interface do sistema o usuário pode ter auxílio no uso de suas principais funcionalidades. A ajuda do tutorial é apresentada numa linguagem clara e simples, pois

o foco desta seção são os usuários finais do sistema: alunos dos ensinos médio e fundamental.

As ferramentas utilizadas para elaboração do trabalho foram o Macromedia Flash MX, Macromedia Dreamweaver MX, Macromedia Robohelp X5 e o Sun/Java JDK 1.4.2 com codificação no IBM Eclipse.

3. O Modelo Instrumental

Existe uma grande necessidade de avaliações sistemáticas da qualidade dos softwares educativos e de seu efeito no aprendizado, pois a maioria dos que estão no mercado é de baixa qualidade, o que os torna sem utilidade para uso em ambientes de ensino-aprendizagem [Campos 93]. O modelo instrumental de [Gomes 05] evidencia o processo de aprendizagem envolvido no uso de um software educativo. Dessa maneira, ele permite a realização de análises qualitativas e quantitativas com relação ao impacto na aprendizagem de uso da interface deste software.

Para entender o modelo é importante estar a par dos conceitos de instrumento e artefato de Mounoud (1970) e Rabardel (1995). Segundo eles, artefato é o meio utilizado para atingir um objetivo e temos um instrumento quando um esquema mental se adapta a uma porção da interface e organiza ações específicas com os artefatos que a mesma dispõe. Através do uso dos instrumentos os esquemas mentais do usuário evoluem, se especializando progressivamente num processo de adaptação por aproximação.

O modelo instrumental [Gomes 05], propõe uma avaliação mais ampla do que as tradicionais avaliações heurísticas e avaliações baseadas na análise da tarefa, até então, as principais fontes de conhecimento para análise de interfaces de softwares educativos. O modelo apresenta dois conceitos de análise: a análise de adaptação à interface e a análise da aprendizagem mediada. A análise de adaptação à interface é similar a tradicional análise da tarefa, permitindo descrever a forma de adaptação do usuário a interface. A análise de aprendizagem mediada é realizada através da análise dos teoremas-em-ato (TEAs) que são mobilizados em cada uma das tentativas de ação com os artefatos. Um teorema em ato, também chamado de invariante, representa os conceitos, definições e propriedades intrinsecamente ligados ao assunto de ensino em questão, no nosso caso a geometria. A identificação dos teoremas-em-ato de um campo de estudo específico é um trabalho árduo, que exige conhecimento da área. Para resolver tal problema, o modelo instrumental sugere a participação de um especialista na área para as atividades de identificação de TEAs e posterior análise dos dados colhidos junto aos avaliadores.

4. Testes de Usabilidade

Como estudo de caso da utilização do modelo instrumental [Gomes 05] foi elaborado um teste de usabilidade utilizando como instrumento o software educativo Geo, no qual analisamos a resolução de problemas de Geometria a partir de dois scripts elaborados para aplicação com alunos da sexta série do ensino fundamental do Colégio de Aplicação da UFPE.

No script os alunos são organizados em duplas e cada dupla tem suas atividades no sistema acompanhadas por uma equipe única composta de dois observadores, um

facilitador, e um especialista. O papel dos observadores é analisar a tarefa do usuário, anotando os passos de sua interação com o sistema e registrando eventuais reações que demonstrem prazer ou insatisfação. Já o papel do facilitador é tirar eventuais dúvidas do par de usuários sem, no entanto, auxiliá-los na realização das tarefas definidas pelo script. O facilitador é o único que pode interagir diretamente com os usuários. No total são observados vinte alunos, totalizando dez duplas que executam cada um dos scripts uma única vez. Cada indivíduo do grupo avaliado tem um perfil similar ao seu semelhante: todos eles são alunos do Colégio de Aplicação da UFPE, cursando a sétima série do ensino fundamental e com idades que variam entre doze e quatorze anos. Como o grupo de avaliadores é único, apenas uma dupla é observada por vez. Todas as duplas e a execução dos scripts são acompanhadas de perto pelo especialista em Geometria, um professor de matemática do próprio Colégio de Aplicação da UFPE. Seu papel durante a execução dos testes é identificar os TEAs utilizados pelos alunos durante a execução do fluxo de atividades do script.

4.1 Script I: estudo dos lugares geométricos

Ponto de partida: Tela inicial de boas vindas do Geo

Objetivo macro do script: Estudar os lugares geométricos utilizando ferramentas interativas para realização das atividades.

Fluxo de atividades a ser seguido pelo usuário:

- [1] O usuário acessa o menu de *Aula 1* dentro da seção de lugar geométrico. O usuário deve seguir para o próximo item.
- [2] O usuário deve interagir com o artefato ponto até conseguir desenhar uma circunferência completa. O usuário deve seguir para o próximo item.
- [3] Mover o ponto até desenhar a elipse. O usuário deve seguir para o próximo item.
- [4] Mover o ponto até desenhar a parábola. O usuário deve seguir para o próximo item.
- [5] Mover o ponto até desenhar a hipérbole. O usuário deve seguir para o próximo item.
- [6] Mover o ponto até desenhar o arco capaz. O usuário deve seguir para o próximo item.
- [7] O usuário deve permanecer na tela atual e informar o término do primeiro script.

As propriedades que são implícitas as ações executadas pelo usuário a partir do script I, identificadas em conjunto com o especialista em Geometria, são mostradas na Tabela I.

Tabela 1. TEAs do Script I

Atividade	Conhecimento Envolvido	Código
Script I – Passo II	A circunferência é o lugar geométrico de todos os pontos de um plano que estão localizados a uma mesma distância r de um ponto fixo denominado o centro da circunferência	CI-01
Script I – Passo II	Os pontos interiores de um círculo são os pontos do círculo que não estão na circunferência	CI-02

Script I – Passo II	Os pontos exteriores a um círculo são os pontos localizados fora do círculo	CI-03
Script I – Passo II	Raio de uma circunferência (ou de um círculo) é um segmento de reta com uma extremidade no centro da circunferência e a outra extremidade num ponto qualquer da circunferência	CI-04
Script I – Passo III	Elipse É o lugar geométrico dos pontos do plano tal que o valor absoluto da diferença das distâncias a dois pontos fixos, chamados focos, é um valor constante.	EL-01
Script I – Passo III	Os segmentos de reta que ligam um ponto P qualquer (<i>pertencente a elipse</i>) aos focos são chamados raios vetores da elipse	EL-02
Script I – Passo IV	Parábola é o lugar geométrico dos pontos do plano que equidistam de uma reta fixa, chamada diretriz, e de um ponto fixo, chamado foco, que não pertence a essa reta.	PA-01
Script I – Passo V	Hipérbole é o lugar geométrico dos pontos do plano tal que o valor absoluto da diferença das distâncias a dois pontos fixos, chamados focos, é um valor constante.	HI-01
Script I – Passo VI	Dado um segmento AB e um ângulo k , o lugar geométrico de todos os pontos do plano que contém os vértices dos ângulos cujos lados passam pelos pontos A e B sendo todos os ângulos congruentes ao ângulo k é um arco de circunferência denominado <i>arco capaz</i> .	AR-01
Script I – Passo VI	O ângulo de segmento é formado pelo próprio segmento (corda) e uma tangente à circunferência num dos extremos do segmento	AR-02
Script I – Passo VI	O ângulo central é o ângulo inscrito de um arco capaz	AR-03

4.2 Script II: visualização de poliedros regulares

Ponto de partida: Tela inicial de boas vindas do Geo

Objetivo macro do script: Visualizar em 3D os poliedros regulares e suas simetrias, relacionando com a teoria (definições e propriedades) relativa a poliedros.

Fluxo de atividades a ser seguido pelo usuário:

- [1] O usuário acessa o menu de *Aula 1* dentro da seção de poliedros. O usuário deve seguir para o próximo item.
- [2] O usuário deve utilizar o mouse para rotacionar o tetraedro, ficando a vontade para ver sua rotação em 3 dimensões. O usuário deve seguir para o próximo item.
- [3] O usuário deve utilizar o mouse para rotacionar o hexaedro, ficando a vontade para ver sua rotação em 3 dimensões. O usuário deve seguir para o próximo item.

[4] O usuário deve utilizar o mouse para rotacionar o octaedro, ficando a vontade para ver sua rotação em 3 dimensões. O usuário deve seguir para o próximo item.

[5] O usuário deve utilizar o mouse para rotacionar o dodecaedro, ficando a vontade para ver sua rotação em 3 dimensões. O usuário deve seguir para o próximo item.

[6] O usuário deve utilizar o mouse para rotacionar o icosaedro, ficando a vontade para ver sua rotação em 3 dimensões. O usuário deve seguir para o próximo item.

[7] Quando finalizar a tarefa, o usuário deve informar ao facilitador e permanecer na tela atual.

As propriedades que são implícitas as ações executadas pelo usuário a partir do script II, identificadas em conjunto com o especialista em Geometria, são mostradas na Tabela II.

Tabela 2. TEAs do Script II

Atividade	Conhecimento Envolvido	Código
Script II – Passo II	Simetria do tetraedro I: todas as faces de um tetraedro são triângulos equiláteros	TE-01
Script II – Passo II	Simetria do tetraedro II: o tetraedro possui 4 faces	TE-02
Script II – Passo II	Simetria do tetraedro III: o tetraedro possui 4 vértices	TE-03
Script II – Passo II	Simetria do tetraedro IV: o tetraedro possui 6 arestas e 12 ângulos entre as arestas	TE-04
Script II – Passo III	Simetria do hexaedro I: todas as faces de um hexaedro são quadrados	HE-01
Script II – Passo III	Simetria do hexaedro II: o hexaedro possui 6 faces	HE-02
Script II – Passo III	Simetria do hexaedro III: o hexaedro possui 8 vértices	HE-03
Script II – Passo III	Simetria do hexaedro IV: o hexaedro possui 12 arestas e 24 ângulos entre as arestas	HE-04
Script II – Passo IV	Simetria do octaedro I: todas as faces de um octaedro são triângulos equiláteros	OC-01
Script II – Passo IV	Simetria do octaedro II: o octaedro possui 8 faces	OC-02
Script II – Passo IV	Simetria do octaedro III: o octaedro possui 6 vértices	OC-03
Script II – Passo IV	Simetria do octaedro IV: o octaedro possui 12 arestas e 24 ângulos entre as arestas	OC-04
Script II – Passo V	Simetria do dodecaedro I: todas as faces de um dodecaedro são pentágonos regulares	DO-01

Script II – Passo V	Simetria do dodecaedro II: o dodecaedro possui 12 faces	DO-02
Script II – Passo V	Simetria do dodecaedro III: o dodecaedro possui 20 vértices	DO-03
Script II – Passo V	Simetria do dodecaedro IV: o dodecaedro possui 30 arestas e 60 ângulos entre as arestas	DO-04
Script II – Passo VI	Simetria do icosaedro I: todas as faces de um icosaedro são triângulos equiláteros	IC-01
Script II – Passo VI	Simetria do icosaedro II: o icosaedro possui 20 faces	IC-02
Script II – Passo VI	Simetria do icosaedro III: o icosaedro possui 12 vértices	IC-03
Script II – Passo VI	Simetria do icosaedro IV: o icosaedro possui 30 arestas e 60 ângulos entre as arestas	IC-04
Script II – Fim	Um poliedro é regular se todas as suas faces são regiões poligonais regulares com n lados, o que significa que o mesmo número de arestas se encontram em cada vértice.	PO-01
Script II – Fim	Relação de Euler I: o número de faces(F) somado ao número de vértices (v) é igual ao número de arestas (A) somado a dois; $F + V = A + 2$	PO-02
Script II – Fim	Relação de Euler II: o número A de arestas é a metade do número M de ângulos entre as arestas. $M = 2A$	PO-03

5. Resultados

Para ilustrar os resultados obtidos através do teste de usabilidade, utilizaremos como modelo a seqüência de passos realizada no Script II por uma das dez duplas avaliadas. Esta seqüência pode ser observada na Tabela 3. A análise dos dados representados pela seqüência obtida na tabela mostra que, ao utilizar o Geo, diversos teoremas em ato implicitamente eram executados e percebidos pelo usuário do sistema. No entanto, alguns deles passaram em branco, como por exemplo, o CI-03 e CI-04.

Tabela 3. Seqüência realizada pelo usuário e seu mapeamento em TEAs.

Instrumento		Código do
Ação realizada pelo usuário	Artefato	T.E.A
Moveu-se o ponto (P) ao redor do ponto (C), formando a circunferência.	(P)	CI-01
Moveu-se o ponto (C), dentro da área da circunferência, e o ponto (P) continuou desenhando na tela ininterruptamente. O usuário se mostrou insatisfeito com o resultado.	(C)	CI-02
Passou-se para o próximo item, clicando na seta triangular	(>)	

direita (>). O usuário reclamou da falta de feedback com relação ao momento atual da lição (se ele estava na 2 ^a , 3 ^a , 4 ^a , etc. atividade)		
O usuário movimentou o ponto (P) formando a elipse. Ele verificou, pela indicação numérica, que a soma dos raios vetores era sempre constante.	(P)	EL-01 EL-02
Passou-se para o próximo item, clicando na seta triangular direita (>).	(>)	
O usuário movimentou o ponto (P) e verificou a formação da parábola.	(P)	PA-01
O usuário tentou mover o Ponto Tangente à Parábola (PTP) e não obteve resultado.	(PTP)	
Passou-se para o próximo item, clicando na seta triangular direita (>).	(>)	
O usuário movimentou o ponto (P) e verificou a formação da hipérbole. O usuário achou estranho o “salto” ocorrido ao traçar o outro lado da hipérbole.	(P)	HI-01
O usuário verificou a formação do arco capaz movendo o ponto (P). O usuário indagou: “Cadê esse ângulo de segmento?”, verificando em seguida a reta e complementando: “ah, tem essa reta aí também!”.	(P)	AR-01 AR-03
O usuário tentou movimentar o ponto (P) novamente, mas não conseguiu encontrá-lo (a cor vermelha do ponto foi também utilizada para pintar o arco capaz), movendo apenas o rótulo deste ponto (RP).	(RP)	
O usuário clicou na seta triangular direita (>) e informou o fim da execução do script.	(>)	

A análise instrumental da tarefa ainda mostrou que existem algumas oportunidades de melhoria na interface do sistema, pois a sua navegabilidade deixou o usuário insatisfeito em alguns momentos (vide Tabela 3). Além disso, alguns artefatos não ficaram claros para o usuário, o que causou alguns erros no fluxo previsto de execução como, por exemplo, movimentar o rótulo do ponto (RP) ao invés do ponto em questão (P).

6. Considerações finais

Segundo Giambattista Vico em [SEDL 95], os humanos podem apenas entender claramente o que eles mesmos constroem. Ou seja, para que o aprendizado dos seres humanos seja completo, eles precisam conviver numa situação onde a teoria se concretize.

No presente estudo apresentamos o sistema de apoio a ensino da geometria Geo, que busca esta aproximação entre a teoria e a prática da geometria utilizando uma série de recursos multimídia interativos. Foram elaborados scripts de testes que seguiam

seqüências de tarefas no Geo, e utilizamos o modelo instrumental de [Gomes 05] como base para a avaliação da aprendizagem ao utilizar a interface do sistema.

Apresentamos os resultados do teste de usabilidade utilizando o modelo supracitado no Geo, e ficou clara a importância da participação do especialista na área específica da geometria neste trabalho, pois o mesmo tem papel fundamental na identificação dos teoremas usados durante a resolução dos problemas apresentados no script.

Numa sociedade carente educacionalmente como a brasileira [Basso 91], avaliações dos métodos e das ferramentas de apoio ao ensino de conceitos específicos, como é o caso do Geo no campo da Geometria, são essenciais para identificação de sucessos e oportunidades de melhoria no aprendizado.

Referencias

[Campos 93] Campos, G.H.B. de & Rocha, A.R. (1993) “Avaliação da qualidade de Software Educacional” *Em Aberto*, 12 (57).

[Gomes 05] Gomes, A. S (2005) “Avaliação da aprendizagem com software educativo no projeto iterativo”, Publicado no USIHC’2005. Rio de Janeiro, Brasil.

[Bellemain 92] Bellemain (1992), F. “Cabri Géomètre”, <http://www.cabri.com.br>, último acesso em 15/07/2005.

[Reinhardt&Dowd 02] Reinhardt, R. & Dowd, S. (2002) “Macromedia Flash MX: a bíblia”, Editora Campus. Brasil.

[Basso 91] Basso, M. (1991) “Geometria, Educação e Sociedade”. Dissertação de Mestrado. FE-UFSM, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

[Parzysz 89] Parzysz, M. B. (1989) “Représentations planes et enseignement de la géométrie de l’espace au lycée. Contribution à l’étude de la relation voir-savoir”. Université Paris VII Denis-Diderot, France.

[Guichard 86] Guichard, J. P. et al. (1986) “Didactique des mathématiques. Le dire et le faire.” Institut de Recherche sur l’Enseignement des Mathématiques, Université Claude Bernard Lyon I, France.

[Nelson 02] Nelson, B.(2002) "Using Macromedia Flash MX learning interactions" , http://download.macromedia.com/pub/flash/applications/learning_interactions.zip , ultimo acesso em 16/07/05.

[SEDL 95] Southwest Educational Development Laboratory (1995) “Building an Understanding of Construtivism” <http://www.sedl.org/scimath/compass/v01n03/2.html>, último acesso em 17/07/05.