

IMERGINDO A GEOMETRIA DINÂMICA EM SISTEMAS DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA: iGEOM E SAW

Leônidas de Oliveira Brandão

Instituto de Matemática e Estatística
Universidade de São Paulo (IME-USP)
Caixa Posta 66.281 - 05315-970
São Paulo - SP - Brasil
leo@ime.usp.br

Seiji Isotani

The Institute of Scientific and
Industrial Research (ISIR)
Osaka University - Osaka - Japão
Instituto de Matemática e Estatística
Universidade de São Paulo - Brasil
isotani@ime.usp.br

Janine Gomes Moura

Instituto de Matemática e Estatística
Universidade de São Paulo (IME-USP)
Caixa Posta 66.281 - 05315-970
São Paulo - SP - Brasil
janine@ime.usp.br

Resumo: Neste trabalho, apresentamos algumas novas funcionalidades desenvolvidas no programa para ensino-aprendizagem de Geometria, o **iGeom**. Também mostramos um novo sistema gerenciador de cursos pela Web, o **SAW**, e alguns benefícios trazidos por estes ambientes. Dentre os principais recursos desenvolvidos no iGeom, destacamos: a autoria e a avaliação automática de exercícios e a comunicação com servidores Web. Deste modo, professor e aluno obtém mais benefícios. O professor tem sua tarefa de avaliação de exercícios reduzida ou eliminada, enquanto o aluno, além de poder estudar em seu próprio ritmo, pode obter uma pronta resposta sobre como seu exercício foi avaliado. O iGeom já pode ser descarregado gratuitamente pela Web, e o SAW terá seu código disponibilizado ainda este ano.

Palavras-chave: Educação a distância, geometria dinâmica, avaliação automática, ensino de Matemática, iGeom, SAW

Abstract: In this work, we present some new tools developed in the software **iGeom**, a program for teaching and learning of Geometry. We also present its use in a new system for e-learning, the **SAW**. The new resources of iGeom that we emphasize are: the authoring of exercises; the automatic evaluation of exercises; and the capability of communication between the iGeom and a web server. The integration of iGeom empowered with these new features to an e-learning system, like SAW, has simplified the teachers' task and also helped the students. The automatic evaluation releases the teacher from evaluating the exercises that were done by all his/her students. It also provides feedback in real time to students. The iGeom is freely available to download and SAW will be available soon.

Keywords: Distance Education, Dynamic Geometry, automatic evaluation, math teaching, iGeom, SAW

1. INTRODUÇÃO

O computador digital tem sido empregado no ensino praticamente desde seu surgimento em 1945¹, mas é a partir da década de 80, com o aparecimento dos “computadores pessoais” (*personal computers*), os *PCs*, que a utilização desta máquina e de seus recursos (*software*) provocaram grande impacto na educação [1]. No momento, tanto no Brasil quanto em outras partes no mundo, ocorre uma grande expansão do uso da Internet no ensino e, conseqüentemente, a demanda por pesquisas nesta área têm aumentado consideravelmente [2].

Através dos avanços da Internet e das ferramentas de suporte a educação à distância, tornou-se possível difundir o conhecimento de forma extremamente rápida, atendendo às demandas por cursos com flexibilidade de horário e local. Neste contexto, os *ambientes virtuais de ensino/aprendizagem* se transformam em salas de aula, onde alunos e professores se comunicam e interagem através de recursos como *chats*, fóruns de discussão, e-mails e lousas virtuais, dentre outras ferramentas.

O uso da Internet e do computador pode trazer grandes benefícios ao ensino de Matemática, mas para isso é necessário escolher programas adequados e uma metodologia que tire proveito das características positivas do computador, como boas representações gráficas e rapidez em cálculos. Um bom exemplo é a Geometria Dinâmica, que pode trazer vários benefícios ao aprendizado [3,4,5,6].

O nome “**Geometria Dinâmica**” (*GD*) hoje é largamente utilizado para especificar a Geometria implementada em computador, a qual permite que objetos sejam movidos mantendo-se todos os vínculos estabelecidos inicialmente na construção. Este nome pode ser melhor entendido como oposição à geometria tradicional de régua e compasso, que é “estática”, pois após o aluno realizar uma construção, se ele desejar analisá-la com alguns dos objetos em outra disposição terá que construir um novo desenho.

Devido às características citadas no parágrafo anterior, acreditamos que a Geometria é a área da Matemática que vem recebendo mais benefícios quando se considera o ensino-aprendizagem com o computador. A razão de nossa crença pode ser ilustrada por um antigo ditado atribuído a Confúcio: “*O aluno ouve e esquece, vê e se lembra, mas só compreende quando faz*”. Ou seja, para aprender é necessário fazer e a Geometria Dinâmica auxilia o fazer, permitindo que o aluno vivencie situações-problema e descubra por si só, relações entre os objetos matemáticos [6].

Apesar dos grandes benefícios da *GD* para o ensino/aprendizagem e da existência de bons programas de *GD*,

como *GSP* [16], *Cabri* [17], *Cinderella* [3] e *C.a.R* [3], notamos que a *GD* é pouco utilizada em cursos à distância. A principal dificuldade para o uso da *GD* em ambientes gerenciadores de cursos pela *Web* é a ausência de mecanismos de comunicação nestes programas, além de alguns deles não permitirem seu uso pleno pela *Web*² - como os mais populares programas de *GD*, o *GSP* e o *Cabri*.

Se por um lado a interatividade e a dinâmica dos programas de *GD* se mostram um excelente recurso de aprendizagem para os alunos, os mecanismos de comunicação, autoria e avaliação são fundamentais para permitir que o professor consiga produzir material de boa qualidade e agilizar o processo de avaliação dos exercícios realizados pela *Web*.

A proposta deste trabalho é eliminar, ou pelo menos reduzir, as dificuldades citadas nos parágrafos anteriores, visando ampliar os benefícios da Geometria Dinâmica para alunos e, principalmente, para professores. Para isso desenvolvemos um conjunto de novas funcionalidades no programa de *GD iGeom*, visando facilitar sua imersão em sistemas gerenciadores de cursos (*Learning Management System - LMS*) pela *Web*, além de uma primeira versão de um *LMS*, baseado em código aberto (*PHP*³ e *MySQL*⁴), o **Sistema de Aprendizagem pela Web (SAW)** [11, 12].

Atualmente, excetuando-se o *iGeom*, conhecemos apenas dois programas de *GD* que possuem ferramentas de produção e avaliação de conteúdo para *Web*: o *Cinderella* [3] e o *C.a.R.*[7]. Porém, nenhum deles possui recursos de comunicação. Sem estes recursos, os programas citados não permitem a troca de informação com um servidor e, portanto, a sua utilização em cursos à distância torna-se restrita, principalmente quando queremos verificar ou analisar as interações de um aluno com o programa.

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: na seção 2 apresentamos o *iGeom* e suas novas funcionalidades. Na seção 3 mostramos como o *iGeom* pode ser incorporado a um *LMS* baseado na *Web*. Na seção 4 apresentamos o SAW, restrito às funcionalidades com o *iGeom*. Finalmente, na seção 5 apresentamos as conclusões do trabalho.

2. O iGEOM

O programa de Geometria Dinâmica (*GD iGeom - Geometria Interativa na Internet* [6], começou a ser desenvolvido no Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo (IME-USP) em 2000, em projeto coordenado pelo professor Leônidas de Oliveira Brandão. Um dos objetivos deste projeto é disponibilizar um programa de *GD* gratuito e que possa ser utilizado via *Web*.

¹ Para saber mais sobre a história dos computadores visite a linha do tempo computing history <http://www.hofstra.edu/ComputingHistory>

² World Wide Web.

³ <http://www.php.net>

⁴ <http://www.mysql.com/>

O *iGeom* é implementado em Java⁵, podendo ser utilizado na forma aplicativo ou *applet*⁶. Se por um lado o *iGeom* dispõe das funcionalidades comumente presentes neste tipo de *software*, por outro ele é dotado de outras mais sofisticadas, como os scripts com recorrência [21].

Um *script* (ou macro-construção) pode ser entendido como o empacotamento das operações geométricas necessárias para a obtenção de uma construção e, portanto, pode ser tratado como uma função geométrica. Por exemplo, pode-se agrupar num *script* os passos necessários para obter o ponto médio de dois pontos dados. No artigo [6] este ponto de vista é explorado.

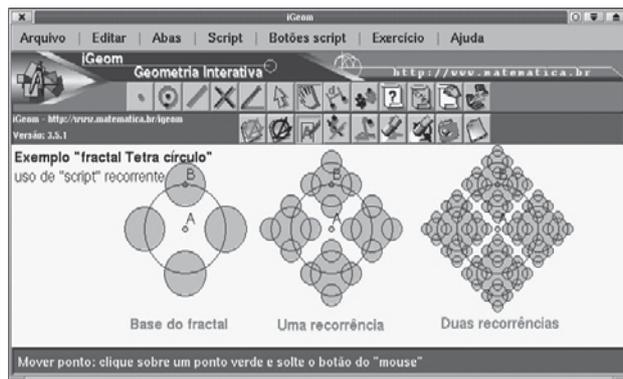


Figura 1: Interface do *iGeom* com “fractal” feito por *script* recorrente.

Desde suas primeiras versões o *iGeom* permite a exportação de construções para páginas *Web*, o que possibilitava seu uso para disponibilizar exercícios para os alunos. Entretanto isso gerava algumas dificuldades tanto para alunos quanto para professores: o aluno não poderia saber de imediato se a sua solução estava correta e para obter alguma avaliação seria necessário gravá-la e enviá-la (p.e. por email) para o professor; o professor, para ter acesso à solução do aluno, precisaria recebê-la (p.e. por email), gravá-la e depois abri-la no *iGeom*. O tempo consumido pelo professor nesta tarefa (e portando a espera do aluno pela avaliação) é proporcional ao tamanho de sua turma.

Deste modo, para eliminar ou ao menos reduzir estas dificuldades, iniciamos o desenvolvimento das funcionalidades para autoria e avaliação automática de exercícios no *iGeom*. Com isso esperamos facilitar a inserção do *iGeom* nos cursos de Geometria intermediado por computador, auxiliando tanto o professor, em sua tarefa de criar e avaliar exercícios; quanto o aluno, oferecendo-lhe respostas rápidas para cada exercício realizado. O *iGeom* pode ser descarregado gratuitamente a partir do endereço <http://www.matematica.br/igeom>.

2.1 AUTORIA E AVALIAÇÃO AUTOMÁTICA

As funcionalidades de autoria e avaliação automática de exercícios no *iGeom* foram incorporadas de modo que um exercício pode ser feito diretamente no aplicativo (o que facilita a execução de testes para a definição do exercício) ou diretamente em páginas *Web*. Nas versões atualmente disponíveis dos dois outros programas de GD que apresentam funcionalidades análogas, o *Cinderella* e do C.a.R., a resolução do exercício só pode ser feita numa página *Web* (não sendo possível na versão aplicativo). O desenvolvimento e implementação destas funcionalidades foram apresentados em [8] e [9].

Um importante recurso quando se considera a resolução de exercícios em um programa de GD é a possibilidade de habilitar e desabilitar funcionalidades. Por exemplo, boa parte dos programas de GD dispõem de uma função para a obtenção direta de ponto médio (sem a necessidade de realizar uma construção geométrica para tal), assim, em um exercício para a construção do ponto médio entre dois pontos é interessante que esta função fique desabilitada. Como o projeto inicial do *iGeom* já previa tal possibilidade, foi razoavelmente simples a implementação da liberação e bloqueio de botões (associados às funções) no *iGeom*, seja na forma de aplicativo quanto em *applet*.

A autoria/avaliação automática de exercícios no *iGeom* é baseada na estrutura dinâmica da GD: o professor produz um **gabarito** que é comparado através de um critério de distância com a solução do aluno. Deste modo o exercício contém um *construção-solução*, a qual o aluno não tem acesso. Na figura 2 são apresentadas duas janelas, em primeiro plano a janela para definir os objetos do exercício e abaixo, uma construção que será o gabarito para um exercício de ponto médio.

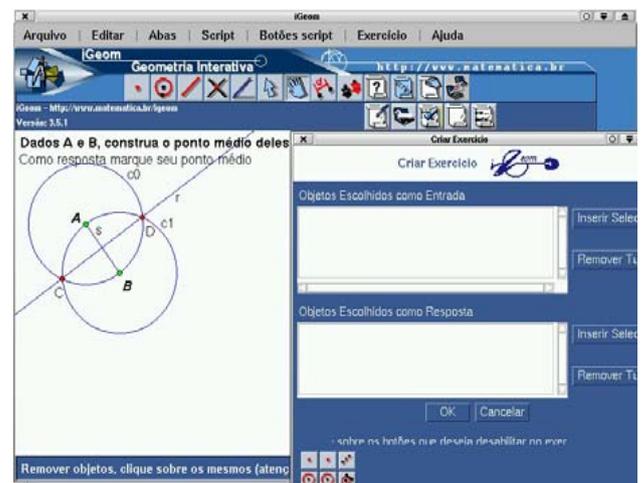


Figura 2: Interface do *iGeom* com o gabarito do professor, sobre ele parte da janela de definição do exercício.

⁵ <http://java.sun.com/>

⁶ Programas *Java* que podem ser carregados em navegadores *Web*.

(*enunciado*), depois utiliza a opção de criar exercício, anotando quais objetos serão visualizados pelo aluno (*entradas*) e quais deverão ser as *respostas*. Quando um aluno solicita o exercício, visualiza somente o que o professor deixou como entrada. Após o aluno resolver o exercício, ele deve marcar seu ponto médio como resposta e clicar no botão de envio. Então o *iGeom* utiliza o gabarito do professor para comparar com a solução do aluno, movendo internamente os pontos de entrada e utilizando o critério de distância entre os objetos geométricos (no caso pontos) para “decidir” se o exercício do aluno é ou não correto.

O critério de distância envolve uma soma ponderada de distâncias entre objetos de mesmo tipo. Por exemplo, a distância entre pontos é dada pela distância euclidiana, enquanto a distância entre retas é dada por uma distância euclidiana tomando-se como coordenadas os coeficientes angulares da reta e o termo afim linear (uniformizado). Assim para definir a distância entre a solução do aluno e a do professor, é preciso fazer primeiro uma associação entre pares de objetos de mesmo tipo em cada solução (aluno/professor).

Um exercício pode ter vários objetos distintos como resposta (lista de respostas). Se o aluno marcar objetos insuficientes ou incorretos, o *iGeom* avisa do problema. Por exemplo, em um exercício tal que, dados os pontos A e B pede-se a construção de dois pontos que distem de A e de B o mesmo que a distância entre A e B, se apenas um ponto for marcado como resposta o *iGeom* avisará que é esperado um segundo ponto. Quando o aluno providencia como resposta uma lista com todos os objetos esperados, em qualquer ordem, o *iGeom* busca uma associação entre os objetos da resposta do aluno e os objetos do gabarito. A associação procurada é aquela que minimiza o critério de distância.

Uma vez estabelecida à associação entre as listas, o *iGeom* utiliza o dinamismo da GD para mover “aleatoriamente” os pontos de entrada do exercício, computando o critério de distância a cada configuração. Uma ponderação destas distâncias produz a distância final. Se a distância final for menor que um certo erro (que está calibrado em milésimos), a solução é avaliada como correta. Se a distância for maior ou igual ao erro, então é avaliada como incorreta.

Uma vantagem deste método é que o aluno pode utilizar qualquer solução geométrica para resolver o problema, mesmo uma não imaginada pelo professor. A figura 3 ilustra isso no exercício do ponto médio. Observamos que na figura aparece uma construção diferente da elaborada no gabarito do professor.

Se a solução do aluno foi avaliada como incorreta, o *iGeom* anota uma configuração em que o critério de distância produz a maior diferença. Esta configuração (instância) será chamada de **contra-exemplo**. O uso de contra-exemplos

auxilia tanto o professor para verificar o problema na construção do aluno, quanto ao próprio aluno, que tem a possibilidade de visualizar seu erro.

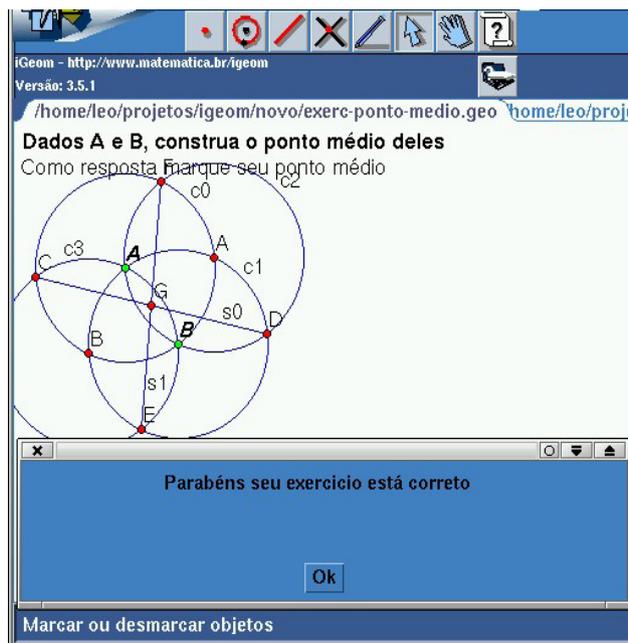


Figura 3: Mensagem apontando que a solução do aluno foi avaliada como correta para o exercício do ponto médio.

A autoria e a avaliação automática, em conjunto com o recurso de exportação para *Web*, facilitam a criação de exercícios interativos que podem ser utilizados em páginas *Web* de livre acesso. Assim o professor pode produzir um conjunto de páginas *Web* com diversos exercícios e oferecer aos seus alunos uma avaliação imediata de suas construções sem a necessidade de verificar cada construção pessoalmente.

Um exemplo prático da utilização destes recursos pode ser encontrado no *iMática*⁷ a partir do endereço <http://www.matematica.br/igeom/docs/exemplo1>. Este é um *site* criado por Sandra Cairolli como trabalho final numa disciplina no IME-USP, em 2004. Este trabalho possui diversas atividades (divididas em aulas, tópicos e exercícios) para ensino de Geometria como mostra a Figura 4. Todas elas podem ser realizadas diretamente na *Web* e o resultado da avaliação (se está correta ou não) de cada solução é fornecida pelo *iGeom* após o aluno marcar sua resposta e clicar no botão de “envio de resposta”.

Vale destacar que esta aplicação do *iGeom* não permite que o professor possa saber quantas vezes o aluno tentou resolver o exercício e nem qual foi a solução proposta pelo aluno.

⁷ Projeto para a disponibilização de material digital relativo à Matemática, cujo endereço *Web* é <http://www.matematica.br>.

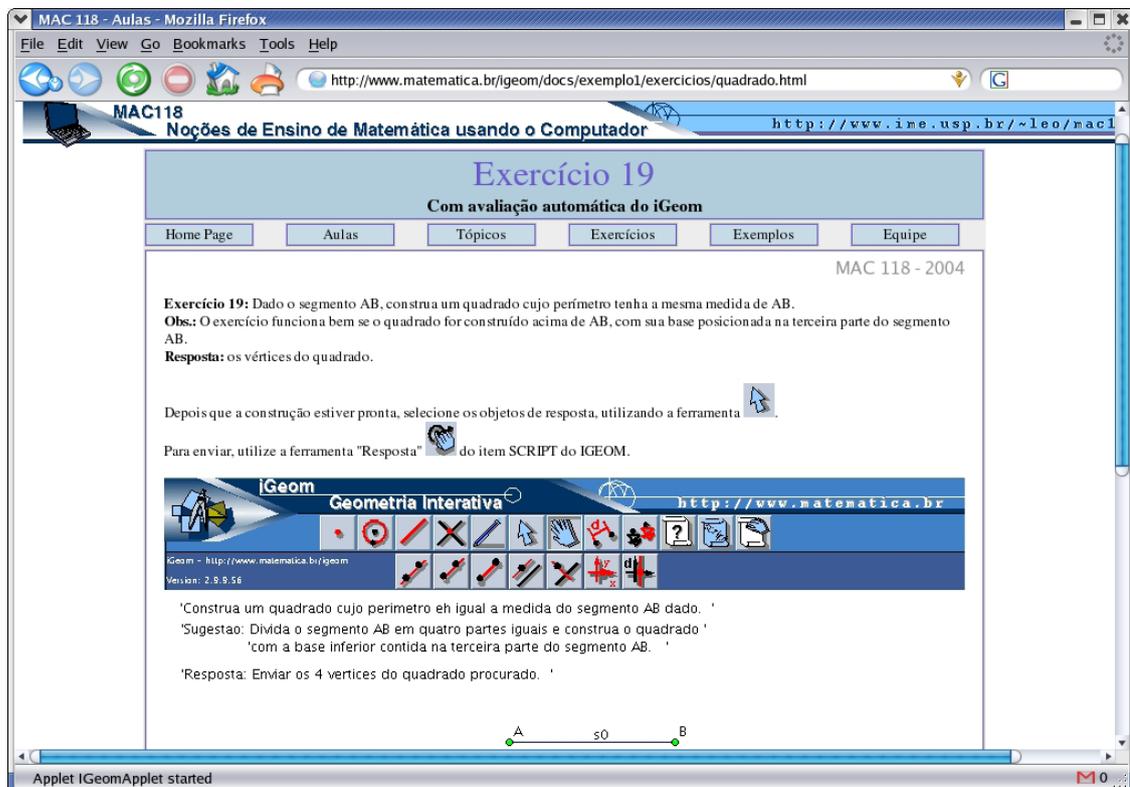


Figura 4: Exemplo de atividade para uso via Web, com o *iGeom*, desenvolvida por aluna em disciplina no IME-USP em 2004.

2.2 COMUNICAÇÃO

Os recursos de autoria e avaliação automática podem ser ainda mais interessantes se estiverem conectados a algum sistema de gerenciamento de curso. Para fazer este “casamento” implementamos recursos de **comunicação** no *iGeom*, que permitem ao programa enviar e receber mensagens pela Internet através de uma conexão padrão.

A grande aplicação deste recurso é incorporar o *iGeom* a um sistema gerenciador de cursos pela Web. Assim, pode-se disponibilizar exercícios para o aluno na medida que ele vai resolvendo outros exercícios. Além disso, o professor também pode usar o gerenciador com o *iGeom* para publicar novos exercícios e examinar as soluções (corretas e incorretas) enviadas pelos alunos.

Através destes recursos e utilizando um sistema gerenciador de curso (*LMS*), como o *SAW* [11] e [12], o professor pode criar cursos de geometria, presenciais ou à distância, com exercícios interativos para seus alunos. Se o *LMS* permitir é possível utilizar as variáveis enviadas pelo *iGeom* para construir dependências entre aulas e entre exercícios. Por exemplo, quando um aluno terminar um exercício, avaliado como correto, o *LMS* pode liberar todos os exercícios que dependem deste. Se o exercício for avaliado como incorreto, o professor pode verificar qual o erro cometido pelo aluno examinando o contra-exemplo (solução do aluno numa configuração em que o erro fica mais explícito) fornecido pelo *iGeom*. Todas as informações enviadas pelo *iGeom* podem ser armazenadas pelo servidor para posterior análise.

3. EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E O *iGEOM*

Atualmente, segundo [10] e [2], é grande a popularização da **educação a distância** (EAD) via Internet e o seu conseqüente impacto nos métodos de ensino, que precisam ser adaptados ou criados para se adequar a esta modalidade de ensino. Cada vez mais escolas de todos os continentes utilizam esta prática de ensino para melhorar ou cobrir as deficiências do ensino tradicional. Algumas das vantagens mais citadas são: a possibilidade de alcançar aqueles que moram em locais afastados dos centros urbanos e permitir o ensino individualizado, no ritmo de aprendizagem de cada aluno.

A EAD teve grande impacto com o aparecimento da Internet e da *World Wide Web*. A *World Wide Web*, ou apenas *Web* ou *WWW*, é um sistema de armazenamento, recuperação e troca de informação pela Internet, originado no *European Organization for Nuclear Research* (CERN), no início dos anos 90. O nascimento da *WWW* surgiu com a proposta de um protocolo de comunicação com recursos gráficos e interligações (*links*). Para gerenciar estes recursos o CERN definiu uma linguagem de marcação (*tags*) para publicação de conteúdo na Web, a *HyperText Markup Language*, conhecida como *HTML*, e em 1993, o *National Center for Supercomputing Applications* (NCSA) apresentou o primeiro navegador Web da história, o *Mosaic*⁸. Do mesmo

⁸ O Mosaic está disponível em <http://archive.ncsa.uiuc.edu/SDG/Software/Mosaic>.

modo que o sistema gráfico com o mouse criado no laboratório da Xerox revolucionou e impulsionou o uso dos computadores, o Mosaic revolucionou e impulsionou o uso da Internet.

Atualmente existem vários sistemas complexos para gerenciar cursos pela Web, inclusive alguns gratuitos, como o Teleduc [18] e o Moodle [19]. Entretanto estes ambientes são desprovidos de recursos especializados para o aprendizado de conteúdos específicos, como a Geometria. Além disso, muitos deles restringem a incorporação de novos recursos impossibilitando o uso de novas ferramentas educacionais. Um sistema gerenciador de cursos na Web que pode incorporar, de forma simples, módulos educacionais na forma de *applets* é o SAW - Sistema de Aprendizagem pela Web [11] e [12].

A possibilidade de integrar o iGeom neste sistema oferece grandes vantagens para o aluno e para o professor. Dentre elas destacamos :

- Um professor pode produzir os exercícios em sua máquina e enviá-los ao servidor ou criá-los diretamente no *applet* acoplado ao sistema gerenciador;
- O servidor pode anotar os dados, enviados pelo iGeom, relacionados à resolução de um exercício realizado pelo aluno. Por exemplo, após um aluno resolver um exercício e o iGeom avaliá-lo como solução incorreta, é possível gravar este resultado no servidor, acompanhado de um contra-exemplo para a solução proposta.
- O servidor pode enviar dados para o iGeom através de parâmetros em *tags HTML*, incluindo o endereço para eventualmente redirecionar a página após o envio da solução do aluno. Por exemplo, quando um aluno completa um exercício, dependendo do resultado da avaliação, ele pode ser encaminhado para uma página Web diferente.

3.1 DESENVOLVENDO PÁGINAS INTERATIVAS

A exportação de construções para Web no iGeom, incluindo exercícios, é simples. Uma vez criada a construção/exercício no iGeom aplicativo, basta clicar em Arquivo na barra de menus e selecionar a opção Gerar *applet*... Essa opção irá gerar uma página HTML contendo uma *tag* para importar o *applet* do iGeom (arquivo de nome iGeom.jar). Os dados relativos à construção estão codificados nos parâmetros desta *tag*.

Para publicar a página HTML na Web, é necessário colocar esta página em algum diretório do servidor Web, acessível pela Internet. Neste mesmo diretório deve-se colocar também uma cópia da versão *applet* do iGeom, seu arquivo iGeom.jar (que pode ser obtido em: <http://www.matematica.br/igeom/iGeom.jar>).

A página gerada pelo iGeom, ao ser visualizada por um navegador Web, apresentará o formato padrão das

páginas do sítio iMática, mas sem as figuras. Entretanto, não é difícil para o usuário conseguir transportar sua construção para uma outra página HTML qualquer. Basta transferir um pedaço de texto HTML gerado pelo iGeom, da seguinte forma:

1. Abrir o arquivo gerado pelo iGeom em um editor de texto como o Emacs no Linux/Unix ou Notepad (Bloco de notas) no Windows. Abrir o arquivo HTML no qual deseja inserir sua construção.
2. Identificar os comandos relativos ao iGeom, como apresentado na Figura 5.
3. Copiar este código, que está entre `<applet ... </applet>` (incluindo estas *tags*), para o arquivo de destino.
4. Gravar o arquivo modificado

```
<applet codebase="." archive="iGeom.jar"
code="IGeomApplet.class" WIDTH=720
HEIGHT=590 alt="...">
<param name="enderecoPOST" value=
"http://milanesa.ime.usp.br/resp.php?...">
<param name="paramGabarito" value=
"# igeom: http://www.matematica.br!
[iGeom versão 3.2.15]!
[ versao: 3.2.15 ]!
[[08-Apr-05 6:23:59 PM; leo]]!
[0:1.1, 1:12, 2:0] - iGeom versão 3.2.15!
e9392f2e04d09fcedcb3f021b87268d05664...e30!
...
dc9953a13ff477613f762cc4492dd6aa8071...e37!
"></applet>
```

Figura 5: Código (truncado com reticências) gerado ao exportar uma construção no iGeom.

O professor ainda pode definir, para cada exercício, se o aluno vai ou não receber de imediato o resultado de sua avaliação.

Atualmente, o iGeom transfere a solução do aluno, o resultado da avaliação do exercício (certo/errado), um contra-exemplo (caso a solução esteja incorreta) e outros dados como a interação do aluno com as ferramentas de construção de objetos geométricos (pontos, retas, etc).

O método de transferência de dados do iGeom para o servidor é através de uma conexão HTTP utilizando o método POST. Já a comunicação do servidor com o iGeom é feita a partir de parâmetros⁹ para o *applet* (*tags* no código HTML). Os dois principais parâmetros são: *enderecoPOST*, que deve conter o endereço Web da página que vai tratar a solução enviada pelo aluno e *paramGabarito* que deve conter o código do exercício (arquivo GEO). Entretanto, como é possível visualizar o código fonte de uma página Web, o professor deve tomar o cuidado de utilizar a opção "Exporta arquivo": "Exporta arquivo para cursos Web" do iGeom aplicativo. Ao utilizar esta opção, o arquivo exportado é criptografado e não pode ser aberto no aplicativo (que em geral permite editar um exercício).

⁹ O parâmetro nada mais é que uma *tag HTML* que fornece algum dado para o *applet*.

O formato dos parâmetros está ilustrado, em negrito, na figura 6. Observamos que o código do arquivo GEO em formato criptografado encontra-se a partir da décima segunda linha. As reticências não fazem parte do código, tendo sido incluídas para reduzir o tamanho do texto. Observamos também que o parâmetro *enderecoPOST* indica que o servidor do exemplo utiliza a linguagem *PHP* (como no sistema *SAW*).

```
<applet codebase="." archive="iGeom.jar"
code="IGeomApplet.class" WIDTH=720
HEIGHT=590 alt=" ...">
<param name="igeom" value=
"# igeom: http://www.matematica.br!
[iGeom versão 3.0.5]!
[ versao: 3.0.5 ]!
[[21-Oct-04 2:13:21 PM; leo]]!
[0:1.1, 1:7, 2:0] - iGeom versão 3.0.5!
[21-Oct-04 2:13:21 PM; leo]!
{1:0, 0:0, 2:285.0 -210.0, 3:2 3, 4:A...}!
{1:1, 0:0, 2:378.0 -241.0, 3:2 7 3,...}!
{1:2, 0:3, 2:0 1, 3:4 7 5, 4:c0 ... 7:0}!
{1:3, 0:3, 2:1 0, 3:4 7 5, 4:c1 ... 7:0}!
{1:4, 0:1, 2:2 3 1, 3:7 7 6, 4:C ... 7:0}!
{1:5, 0:1, 2:2 3 2, 3:6, 4:D ... 7:0}!
{1:6, 0:4, 2:4 5, 3:, 4:r ... 7:0}!
">/applet>
```

Figura 6: Exemplo de *tag* HTML para carregar a *applet* do *iGeom* (código truncado com reticências) com os parâmetros *enderecoPOST* e *paramGabarito*.

Observe que neste caso o programa em *PHP*, localizado no servidor, deve ser o responsável pelo tratamento adequado dos dados recebidos. Para tanto, é necessário que o programa possua as seguintes variáveis:

\$envWebValor: Esta variável indica o resultado da avaliação do exercício. Caso seu valor seja igual a 0 (zero) então o exercício foi avaliado como incorreto, caso seja igual a 1 (um) o exercício foi avaliado como correto.

\$envWebArquivo: Toda a construção realizada pelo usuário na resolução de um exercício é inserida nesta variável. Por questões de segurança as construções são enviadas criptografadas.

\$envWebGeoResp: O valor desta variável indicará quais foram os objetos da construção selecionados como resposta para um determinado exercício.

\$envWebGeoOuidor: Nesta variável são inseridos dados da interação do usuário com a interface do *iGeom*.

Quando o aluno envia a solução de um exercício, o *iGeom* preenche os valores destas variáveis (como cadeias de caracteres) e faz uma conexão *HTTP* passando-as pelo método *POST*. Deste modo um servidor como o Apache¹⁰ (com módulo *PHP*) pode processar e armazenar os dados recebidos em um banco de dados (*BD*) (por exemplo, usando o gerenciador de *BD MySQL*) e retornar uma nova página ao usuário.

¹⁰ Existe servidor *Apache* gratuito para várias plataformas, a partir de <http://www.apache.org>

4. O SAW E O IGEOM

O Sistema de Aprendizagem pela Web - *SAW* começou a ser desenvolvido em 2003. Sua arquitetura foi definida de modo a ser possível incorporar facilmente *applets* com recursos de comunicação como os definidos na seção anterior. Estes *applets* devem ser específicos do domínio do curso e por isso os denotamos por **módulos de aprendizagem**.

Desde 2004, o *iGeom* vem sendo utilizado como módulo de aprendizagem no *SAW* em uma disciplina obrigatória oferecida para o curso de licenciatura em matemática do IME-USP, *MAC118 - Noções de Ensino de Matemática Usando Computador*. Em 2004 e 2005, esta disciplina foi ministrada para três turmas (uma diurna e duas noturnas), por 2 professores, tendo 3 monitores e mais de 150 alunos. Na Figura 4 está a atual interface do *SAW+iGeom*.

Em edições anteriores a 2004, na disciplina *MAC118*, todos os exercícios eram realizados utilizando o programa *iGeom*, mas sua correção era feita manualmente pelos monitores e professores. Devido ao número de alunos, a correção consumia grande parte do tempo dos monitores e o resultado da correção do exercício era entregue ao aluno duas ou três semanas após a realização do mesmo. Eram aplicados cerca 20 exercícios por semestre.

Com o uso do *SAW* e da ferramenta de avaliação automática do *iGeom*, além de reduzir o trabalho de professores e monitores, em 2004 e em 2005 foi possível aplicar mais de 70 exercícios ao longo de cada semestre, com a apresentação imediata do resultado da avaliação, além de permitir que os exercícios fossem realizados via Internet.

Através da aplicação da avaliação automática os alunos tiveram a possibilidade de tirar as dúvidas sobre a resolução do exercício imediatamente. Como afirma um aluno de uma das turmas de 2004: "... caso a construção estivesse certa, já estava enviada e caso estivesse errada, começaria novamente e tiraria as dúvidas na mesma hora...".

Com o recurso de comunicação, cada exercício realizado pelo aluno no sistema *SAW+iGeom* é armazenado em banco de dados para que o professor possa verificar posteriormente a construção do aluno. Atualmente, quando o exercício está incorreto, o *iGeom* envia a solução do aluno em uma configuração que facilita a visualização do erro (contra-exemplo). Caso o exercício esteja correto, é enviada a construção na configuração inicial.

O *SAW* permite que os exercícios e as aulas possam ser vistos como *objetos de aprendizagem* [20], pois professores distintos podem reutilizá-los em diferentes cursos/turmas.

Assim, é possível construir uma biblioteca de soluções distintas para um mesmo problema, além de uma biblioteca com os erros mais frequentes. Algumas das idéias envolvidas no desenvolvimento de uma biblioteca *on-line* de exercícios de Geometria são discutidas em [4], [13] e [14].

O SAW conta com vários outros recursos, tais como: a possibilidade de incorporar fórmulas matemáticas em textos (utilizando a linguagem *LaTeX* [15]); e a

construção de dicionários cooperativos, com a participação de todos os alunos de uma disciplina ministrada com o apoio do sistema.

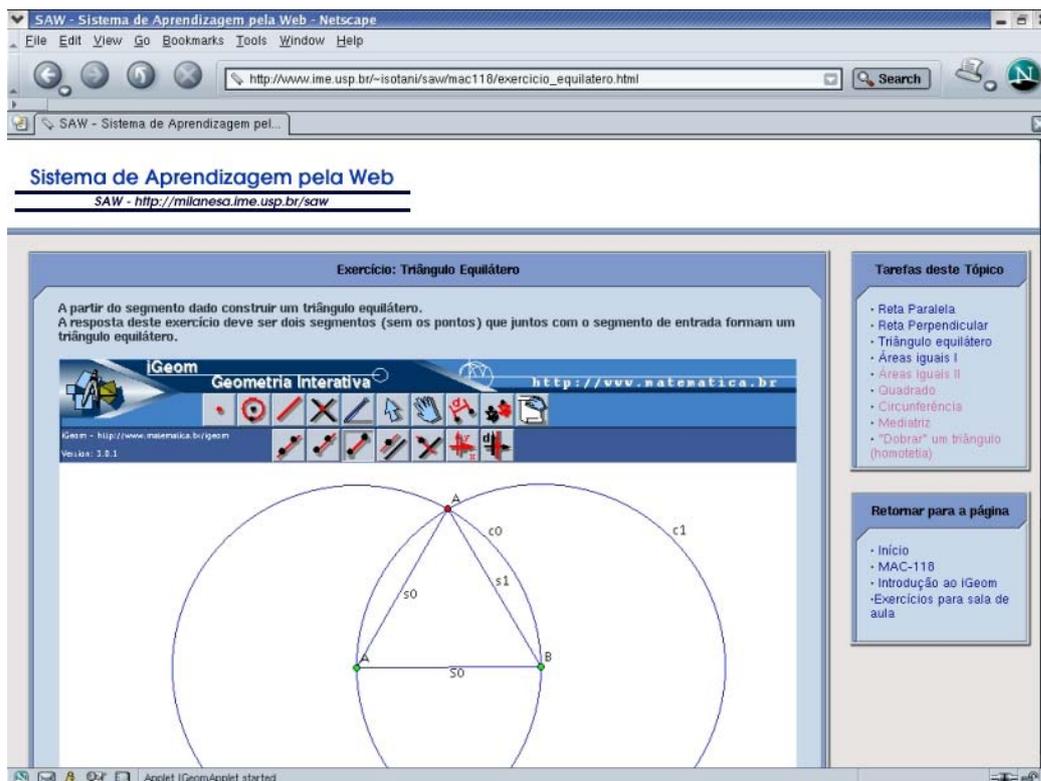


Figura 7: Interface do SAW+iGeom.5. **Conclusões**

A possibilidade de ampliar os benefícios proporcionados por um programa de *GD* na *Web*, têm sido para nós um grande desafio e uma forte motivação para o desenvolvimento e implementação de recursos facilitadores ao ensino e à aprendizagem com o *iGeom*.

Neste contexto, os recursos de comunicação, autoria e avaliação automática de exercícios, recentemente desenvolvidos, visaram auxiliar tanto o professor quanto o aluno.

Para o professor oferecemos recursos para criar e avaliar automaticamente os exercícios e suas utilizações em cursos fechados ou abertos na *Web*. Dessa forma, reduzimos a carga de trabalho do professor em criar e avaliar os exercícios realizados por seus alunos e provemos recursos para catalogar as soluções de cada aluno. Assim, procuramos ajudar a sanar um dos grandes problemas apresentados por [5]: *a dificuldade do professor em avaliar e acompanhar o aluno durante as atividades com os programas de GD*.

Para o aluno proporcionamos o uso das ferramentas da *GD* diretamente em páginas *Web* e, através do recurso de avaliação automática, podemos oferecer respostas rápidas para cada exercício realizado. Com isso, contribuimos para que o aluno tire suas dúvidas imediatamente após o surgimento das mesmas e diminuimos

o sentimento de frustração do aluno pela falta de um *feedback* imediato.

Os resultados deste trabalho podem ser conferidos na atual versão do *iGeom*, disponível gratuitamente no endereço <http://www.matematica.br/igeom>. O SAW deverá ter seu código fonte disponibilizado em 2006.

REFERÊNCIAS

- [1] Oldknow, A. (1997). Dynamic geometry software - a powerful tool for teaching mathematics, not just geometry! In Proceedings of International Conference on Technology in Mathematics Teaching, <http://euler.uni-koblenz.de/ictmt3/cd-rom/pdf/oldknow2.pdf>.
- [2] Litto, F. M., Filatro, A., and André, C. (2004). Brazilian research on distance learning, 1999-2003: A state-of-the art study. In Proceedings of International Congress of Distance Education, <http://www.abed.org.br/congresso2004/por/pdf/180-TC-D4.pdf>.
- [3] Kortenkamp, U. (1999). Foundation of Dynamic Geometry. dissertation for ph.d. of technical sciences, Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Disponível em <http://kortenkamps.net/papers/diss.pdf>.
- [4] Santos, E. T. and Sola, J. I. R. (2001). A proposal for an on-line library of descriptive geometry problems. *Journal for Geometry and Graphics*, 5(1):93-100.

- [5] Bellemain, F. (2002). O paradigma micromundo. In Anais do Colóquio de História e Tecnologia no Ensino de Matemática, pages 51–62.
- [6] Brandão, L. O. and Isotani, S. (2003). Uma ferramenta para ensino de geometria dinâmica na Internet: *iGeom*. In Anais do Workshop sobre Informática na Escola, pages 1476–1487. XXIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação.
- [7] Grothman, R. (1999). C.A.R - Compass And Rules. <http://mathsrv.kueichstaett.de/MGF/homes/grothmann/java/zirkel/>.
- [8] Isotani, S. and Brandão, L. O. (2004). Autoria e avaliação automática de exercícios no *iGeom*. In Proceedings of the Webmedia & LA-Web Joint Conference, pages 276–279.
- [9] Isotani, S. and Brandão, L. O. (2004). Ferramenta de avaliação automática no *iGeom*. In Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, pages 328–337.
- [10] Hentea, M., Shea, M. J., and Pennington, L. (2003). A perspective on fulfilling the expectatinos of distance education. In Proceeding of the conference on Information technology curriculum, pages 160–167. ACM Press.
- [11] Brandão, L. O., Isotani, S., and Moura, J. G. (2004). A plug-in based adaptive system: SAAW. Lecture Notes in Computer Science, 3220:791–793.
- [12] Moura, J. G. and Brandão, L. O. (2005). Aplicações no SAW - Sistema de Aprendizagem pela Web. In Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação.
- [13] Barros, L. N. and Santos, E. T. (2000). Um estudo sobre a modelagem do domínio de geometria descritiva para a construção de um sistema tutor inteligente. In Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, pages 259–268.
- [14] Valente, V. C. P. N. (2003). Desenvolvimento de um ambiente computacional interativo e adaptativo para apoiar o aprendizado de geometria descritiva. Tese de doutorado em engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- [15] Lamport, Leslie (1994). LaTeX: A Document Preparation System.
- [16] Jackiw, N. (1995). The Geometer’s Sketchpad. Berkeley: Key Curriculum PressTrillas.
- [17] Laborder, J. M. and Bellemain, F. (1997). Cabri Geometry II. Dallas: Texas Instruments.
- [18] Rocha, H. V. (2002). Projeto Teleduc: Pesquisa e desenvolvimento de tecnologia para educação a distância.
- [19] Moodle, D. G. (2004). Moodle - a free, open source course management system for onlinelearning.
- [20] H. Wayne Hodgins (2000). Into the FutureA Vision Paper.
- [21] Brandão, L. O. (2002). Algoritmos e Fractais com programas de Geometria Dinâmica. Revista do Professor de Matemática 49, pp. 27-34.