

Construindo e explorando o conhecimento através de Componentes Educacionais embutidos em hiperdocumentos

(Artigo publicado no WIE 2000 – VI Workshop de Informática na Escola – SBC 2000 – 17 a 21 de julho de 2000)

André Santanchè
UNIFACS - Universidade Salvador
santanche@unifacs.br

Cesar Augusto Camillo Teixeira
UNIFACS - Universidade Salvador
cesar@unifacs.br

Resumo

Quando encarada sob a perspectiva educacional, a Internet possui uma grande riqueza de recursos e possibilidades.

No entanto, o conjunto de linguagens e padrões disponíveis na mesma privilegia determinadas perspectivas de ensino/aprendizagem. Apesar de não ser o fator determinante para o desenvolvimento de atividades em uma abordagem específica, ele pode constituir-se uma preciosa ponte entre a filosofia educacional e a sua materialização.

Este trabalho apresenta um estudo referente à construção de Componentes Educacionais e sua disponibilização na Web através de documentos XML, apontando para a vantagem de seu uso no desenvolvimento de atividades que explorem a perspectiva construtivista.

Palavras Chave

Construção colaborativa do conhecimento usando redes e a WWW, Componentes Educacionais, Informática e Educação, Casa Mágica, XML.

1. Introdução

Em tempos primitivos as primeiras experiências de ensino/aprendizado eram baseadas no confronto com a experiência prática, onde o aprendiz se via diante do problema e seus pais o conduziam, orientavam e o auxiliavam a desenvolver mecanismos próprios de solução do mesmo. A partir de uma interpretação pessoal da experiência, o aprendiz construía então uma representação interna do conhecimento.

A evolução dos mecanismos de comunicação deu origem a novas experiências de ensino/aprendizado. Ao mesmo tempo em que a escrita, a imprensa, as telecomunicações, a telemática, etc. surgem em função de uma crescente necessidade de novos mecanismos de comunicação, estes mecanismos, por sua vez, modelam o modo como esta informação é transmitida. De fato, uma informação transmitida sob a forma escrita é bem diversa da mesma informação gravada em vídeo.

Como afirma Pierre Babin et al.:

“... o meio tecnológico moderno, em particular a invasão das mídias e o emprego de aparelhos eletrônicos na vida quotidiana, modela progressivamente um outro comportamento intelectual e afetivo” [BABIN89]

Por este motivo, não é possível mais se adotar a mesma abordagem perante o computador e a educação após o advento da Internet. Cada computador deixou de ser uma ilha isolada e passou a ser, de outra maneira, exatamente uma porta de comunicação com outros computadores e consequentemente com outros indivíduos.

Isto conduz a uma nova e interessante aplicação das tecnologias de computação e de telecomunicação, a utilização do computador para mediar a comunicação entre as pessoas (CMC – Comunicação Mediada por Computador). Essa mediação pode ocorrer tanto de maneira assíncrona, através de correio eletrônico ou listas de discussão, como síncrona, por meio de programas de diálogo, teleconferência, etc.

Em decorrência disso, o computador e as redes de computadores têm se tornado poderosos recursos de apoio ao ensino à distância. Seu poder de difusão de informações, principalmente através dos recursos hipermídia da Web, aliado à capacidade de realizar a intercomunicação entre educadores e alunos e entre alunos entre si, tem dado origem a uma diversidade de propostas, métodos e sistemas de educação baseados na Web.

Os instrumentos hoje disponíveis na Internet, sob a forma de programas e serviços, conduzem a um conjunto de categorias de interação, seja indivíduo/computador, seja indivíduo/computador/indivíduo, que privilegia determinadas perspectivas no que diz respeito ao ensino/aprendizagem.

No tópico Múltiplas Perspectivas da Rede serão apresentadas algumas das principais atividades de cunho educacional que utilizam a Internet. Esta análise serve como base para o entendimento das perspectivas de ensino/aprendizagem privilegiadas por esta rede.

Em Limitações da HTML, são apresentadas as características desta linguagem que limitam o potencial do uso educacional da Web. Em Componentes Educacionais é apresentado como estes elementos podem ampliar as limitações descritas.

A partir do tópico XML, inicia-se a apresentação de uma nova proposta onde esta linguagem se apresenta como um padrão novo e mais flexível onde serão embutidos Componentes Educacionais. No tópico seguinte – A Linguagem – é feita uma exposição da importância da linguagem computacional como mediadora entre o aprendiz e o computador no processo de aprendizado.

Em seguida, o sistema Casa Mágica e a sua linguagem Gradus, são apresentados em Componentes Educacionais no Sistema Casa Mágica como os suportes sobre os quais os componentes são construídos e explorados. Neste contexto, será discutido como a linguagem Gradus pode ser utilizada em atividades educacionais de construção e exploração dos componentes.

Finalmente em Componentes Educacionais na Web é apresentado o mecanismo de interligação da XML e o Casa Mágica e o processo de distribuição e uso de seus componentes na Web, agregando-os a documentos XML.

2. Múltiplas Perspectivas da Rede

Diversas são as formas de interação usando a Internet, o que tem dado origem a diversas propostas pedagógicas:

2.1. Internet - Biblioteca

A *World Wide Web* (WWW) tem como uma de suas principais expressões a apresentação de informações sobre diversas modalidades. Inicialmente a sua linguagem HTML (*Hyper Text Markup Language*) dava subsídios à construção de documentos compostos de textos e imagens. O uso de ligações entre estes documentos possibilitou a sua organização de forma hipertextual. Posteriormente foram agregados recursos adicionais de áudio, vídeo, animação e pequenas rotinas de programação.

Dentro do contexto educacional, a Internet, encarada como repositório de informações, constitui uma excelente fonte para a realização de pesquisas e de material para a elaboração de aulas. O aluno ou professor se vê diante de uma enorme biblioteca global que não apenas guarda as informações, mas as apresenta das mais diversas maneiras, interligadas sob uma complexa rede de ligações e com uma variedade de recursos, tais como mecanismos de pesquisa, que facilitam a localização da informação desejada.

2.2. Internet - Ambiente público de produção, divulgação e intercâmbio

Da mesma maneira que a WWW pode ser uma rica fonte de informações, de certa forma ela democratizou a produção e divulgação destas informações. Pode-se afirmar que qualquer usuário que tenha acesso a esta rede pode publicar informações, sob a forma de páginas, que estarão disponíveis para qualquer outra pessoa no mundo.

Produzir páginas e publicá-las na Internet, tem se mostrado uma atividade pedagógica de grande riqueza.

O processo de produção das páginas desenvolve a capacidade de reunir, sintetizar e organizar informações, que serão dispostas na mesma, bem como habilidades artísticas para a apresentação estética destas informações em conjunto com cores, imagens e outras mídias disponíveis.

Neste contexto, o aluno ultrapassa o papel de mero receptor de informações, e passa a ser atuante.

A publicação das informações implica também intercâmbio, o que tem dado origem a atividades de aprendizado colaborativo entre diferentes comunidades, através da troca de informações referentes a características regionais (geografia, vegetação, alimentação, história, edificações), cultura, língua, etc.

2.3. Internet – Praça pública

Os sistemas de correio eletrônico e de difusão de mensagens tem ampliado significativamente os canais de comunicação entre pessoas no mundo todo.

Estes sistemas não se destacam apenas por permitir a intercomunicação entre diversas pessoas, como também pelo fato de que estas não necessariamente deverão estar todas presentes simultaneamente no processo.

A reunião destes mecanismos de comunicação aliados às perspectivas anteriores tem se mostrado um poderoso recurso educacional, de tal maneira que estes recursos tem sido reunidos e sistematizados em produtos comerciais e propostas acadêmicas que não apenas mediam a comunicação como também gerenciam as denominadas “salas de aulas virtuais”, fornecendo recursos de acompanhamento, avaliação on-line, etc.

3. Limitações da HTML

A Internet dispõe de dois mecanismos principais para a representação e o intercâmbio de informações: o texto sem nenhuma formatação especial, utilizado por sistemas de correio eletrônico e de difusão de mensagens, e as páginas escritas em HTML.

A HTML [RAGGETT97] consiste em uma linguagem de marcação. Este tipo de linguagem faz uso de um conjunto de elementos especiais, denominados marcadores (*tags*) que agregam ao conteúdo de um documento informações adicionais, utilizadas com os mais diversos propósitos. No caso específico da HTML, os marcadores restringem-se a descrever a estrutura do documento do ponto de vista da forma como o mesmo deve ser apresentado ao usuário [MACE98]. Além disso, a HTML não é extensível, ou seja, o usuário não pode definir novos marcadores, com suas regras de composição e com a possibilidade de lhes serem atribuídos significados próprios.

Isto limita as possibilidades de representação dentro desta linguagem quando se deseja representar algo além do formato de informações sob as suas diversas representações.

Por ser uma linguagem de marcação, a HTML não foi projetada para o desenvolvimento de algoritmos computacionais, por este motivo, foi constituído um conjunto de linguagens, tal como Java, JavaScript, etc., que são utilizadas para a construção destes algoritmos. Estas, por sua vez, não foram projetadas para serem utilizadas na educação e, por este motivo, apesar de serem muito flexíveis e poderosas, são complexas e inadequadas para uso pedagógico.

4. Componentes Educacionais

Quando se pretende desenvolver atividades pedagógicas que estimulem o aluno a trabalhar de forma construtiva, é importante que o ambiente utilizado ofereça uma infra-estrutura adequada.

Como já foi apresentado anteriormente, o ambiente Web se mostra bastante adequado quando o objeto de trabalho é um texto, ou uma composição que mescle texto, imagem e em alguns casos outras mídias como o vídeo. Não existem, porém, mecanismos apropriados para a construção de modelos interativos e existem muitas limitações quando se pretende trabalhar com animações, pois estas, em geral, se limitam a animações baseadas em sobreposição de seqüências de quadros.

Por outro lado, a construção de modelos tipicamente interativos, tal como o desenvolvimento de pequenas simulações pelos alunos, tem se apresentado como uma atividade de grande riqueza sob o prisma construtivista. Como aponta Alexander Repenning e outros:

“Em um relatório sobre tecnologia educacional para o Presidente dos Estados Unidos, um comitê de consultores de ciências apresentaram as mais promissoras aplicações construtivistas da tecnologia, com simulações no topo da lista”. [REPENNING]

Muitos projetos estão sendo desenvolvidos no sentido de produzir ambientes apropriados para atividades de cunho construtivista, que ultrapassem as limitações impostas pelos atuais padrões. Estes projetos estão fundamentados sobre o princípio dos componentes de software.

Originalmente utilizados por programadores de computadores, os componentes de software têm a capacidade de encapsular dentro de um módulo uma coleção de programas interligados entre si,

formando um elemento autônomo. Cada componente é facilmente configurado para ser utilizado em uma aplicação específica e pode ser interligado com outros, sem que o usuário saiba como ele foi implementado. Jeremy Roschelle ao se referir a componentes de software faz uma analogia:

“Somente muito poucas pessoas podem construir seu próprio sistema estéreo interligando transistores e outros componentes no nível do circuito, mas muitas pessoas podem montar um sistema estéreo adequado a suas necessidades ligando cabos ao seu amplificador, receiver, disc player, plataforma giratória e alto-falantes preferidos” [ROSCHELLE98]

Os componentes são projetados como pequenas peças facilmente interligáveis para a construção de um modelo maior. Podem ser comparados a pequenas peças de Lego® que são projetadas para ser combinadas na composição de algo maior.

Este tipo de abordagem é especialmente adequado para a realização de atividades pedagógicas que usam simulação. Um exemplo é o **Visual Agent Talk** [REPENNING96], que consiste em um ambiente para intercâmbio de elementos de *software* que usam a Web como meio. Esse ambiente possibilita o desenvolvimento de atividades colaborativas entre alunos, em que a Web funciona como uma biblioteca na qual os elementos podem ser guardados e recuperados por qualquer equipe.

A maioria das propostas, no entanto, estão ligadas a linguagens e plataformas específicas. O projeto ESCOTⁱ [ROSCHELLE98] tem reunido esforços no sentido de utilizar a linguagem Java como plataforma de integração entre diversos sistemas.

Ainda assim, é importante se estabelecer um mecanismo que permita o intercâmbio destes componentes através da Web independente de plataforma e linguagem.

Neste contexto a linguagem XML pode desempenhar um importante papel.

5. XML

A origem da HTML se deu como uma aplicação desenvolvida a partir de uma linguagem bem mais genérica denominada SGML (*Standard Generalized Markup Language*) [ISO86], que é também bem mais antiga e complexa. Isto foi possível pois o SGML é uma meta linguagem (linguagem para a definição de linguagens).

Em 1996, foi lançada a proposta da XML (*Extensible Markup Language*) [W3CXML98], como uma versão simplificada da SGML para ser utilizada na WWW. Ao contrário da HTML, a XML não é uma linguagem escrita em SGML, mas uma linguagem derivada da mesma, isto significa que ela possui recursos que permitem a uma comunidade definir seus próprios marcadores, as regras de composição de documentos e, conseqüentemente, a atribuição de significado particular aos segmentos marcados.

A XML tem dado origem a uma série de outras linguagens, tal como a SMIL (*Synchronized Multimedia Integration Language*) [W3CSMIL98], utilizada para elaboração de documentos multimídia, e o MathML (*Mathematical Markup Language*) [W3C99], voltada para a representação de documentos de conteúdo matemático e científico.

Tal como a HTML, a XML também não foi projetada para o desenvolvimento de algoritmos computacionais. No entanto, sua capacidade de extensão possibilitou a elaboração de um conjunto de marcadores que se destinam a embutir Componentes Educacionais em hiperdocumentos. Como veremos adiante, estes componentes serão desenvolvidos no Sistema Casa Mágica que é dotado da linguagem Gradus, especialmente destinada a atividades pedagógicas sob a perspectiva construtivista.

6. A linguagem

A possibilidade de agregar a documentos que trafegam na Web os componentes educacionais, traz a tona uma outra questão importante: como se dará a interação entre o usuário, os componentes e o modelo construído?

No início da década de 80, quando o uso de computadores não era tão difundido e a Internet inexistia, Seymour Papert [PAPERT80] apontou para um enorme potencial da computação ainda inexplorado.

Baseado nos princípios do Construtivismo de Jean Piaget, no qual o aprendiz é encarado como um construtor ativo de seus conhecimentos, Papert lançou a filosofia LOGO, cujo principal representante é uma linguagem de mesmo nome.

Através desta linguagem, ele demonstrou que o computador e a programação podem ser instrumentos sobre os quais se constróem artefatos de conhecimento. Desta maneira o computador assume um papel de mediador para uma reflexão sobre o nosso conhecimento, e a forma como o construímos. Para isto, o LOGO faz o uso da metáfora do aluno que ensina o computador (representado inicialmente por uma tartaruga) a fazer algo e, neste processo de ensino, embarca em uma exploração sobre o conhecimento em si.

Para conceber esta proposta, no entanto, foi necessário a construção de uma linguagem (LOGO) que permitisse ao aprendiz desenvolver tais atividades.

É certo que o LOGO não se resume à sua linguagem. Sem uma metodologia e uma atuação adequada de professores/facilitadores, seu uso será de pouco ou quase nenhum benefício.

Por outro lado, a linguagem tem um papel marcante no processo. Seymour Papert estabelece uma comparação entre o aprendizado de matemática utilizando o LOGO, com o aprendizado do francês na França:

“O que aconteceria se as crianças que não conseguem entender Matemática fossem criadas em Matematicolândia, um lugar que fosse para a Matemática o que a França é para o francês? Muitos professores aceitaram o desafio de construir algo como uma Matematicolândia em suas salas de aula e adotaram o LOGO e sua tartaruga como material de construção.” [PAPERT94]

Isto explicita a importância da linguagem como mediadora neste processo.

Se retornarmos nossa análise aos recursos e serviços disponíveis na Internet, iremos verificar uma carência de uma linguagem ou padrão que contemple recursos que vão além do registro de informações sob as mais diversas expressões.

O desenvolvimento de programas na rede se limita a linguagens complexas se encaradas sob a ótica educacional. Além disto, tais linguagens não foram projetadas com este propósito.

7. Componentes Educacionais no Sistema Casa Mágica

O sistema Casa Mágicaⁱⁱ [SANTANCHE98] constitui-se em um ambiente para construção de aplicações educacionais que combina os recursos de uma ferramenta de autoria com recursos que permitem a construção e exploração de modelos de estudo. Toda sua filosofia se baseia no paradigma da Orientação ao Objeto. Tal paradigma torna mais fácil a concepção e construção de modelos no computador, pois ele é mais próximo à forma como percebemos o mundo [MEYER88].

Em sua concepção inicial, o Casa Mágica foi projetado para ser executado em estações independentes, com perspectivas de integração via Web, uma vez que a ferramenta foi toda construída em linguagem Java e que possui recursos que permitem a execução de aplicações sob a forma de *Applets* em um navegador.

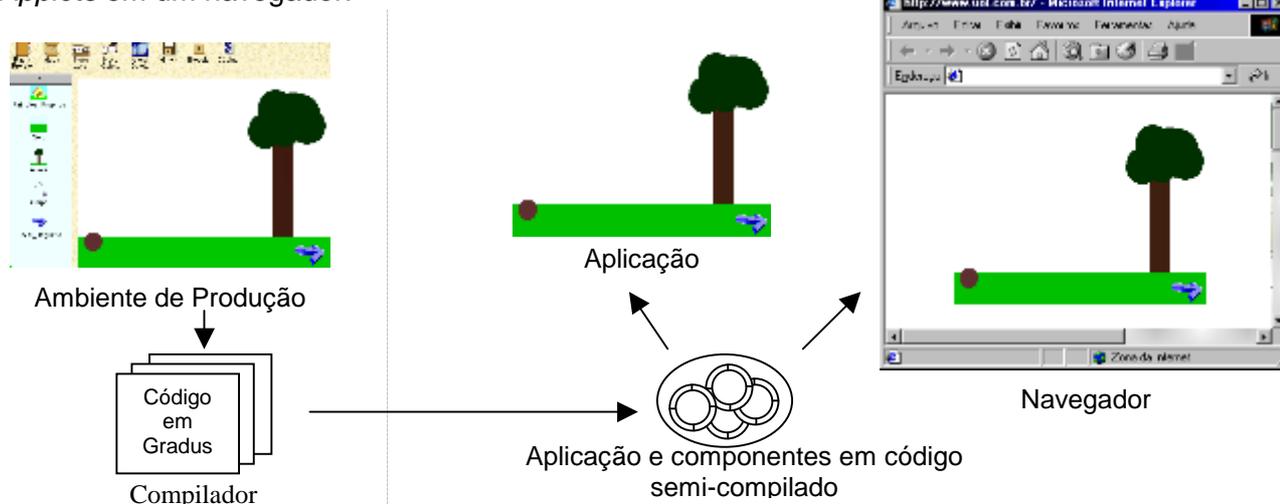


Figura 1: Diagrama de funcionamento de uma aplicação produzida em Casa Mágica

Como pode ser observado no diagrama da Figura 1, o sistema é constituído de um conjunto de módulos interligados em um ambiente integrado de produção e execução. Todo o material elaborado no Ambiente de Produção é codificado em uma linguagem própria (Gradus) e compilado para um código

intermediário. Uma parte deste código é gerada automaticamente por sistemas de produção e exploração visuais e outra parte é diretamente codificada pelo autor.

Uma aplicação em Casa Mágica consiste em um conjunto de componentes interligados entre si. Cada componente é um modelo de qualquer elemento concreto ou abstrato e é descrito na linguagem Gradus. Esta linguagem tem sua sintaxe toda em português e foi projetada buscando-se sua simplicidade e características que lhe permitissem uma fácil aplicação pedagógica.

Além de ser os tijolos básicos de concepção da aplicação, muitos destes componentes, denominados componentes educacionais, constituem unidades que encapsulam elementos de estudo. Por constituírem-se um modelo ou simulação de algo, o Casa Mágica dispõe de ferramentas que permitem a exploração da sua concepção, através da modificação dos algoritmos que caracterizam as suas ações ou suas características. Isto é feito através de duas ferramentas: os visores e o laboratório.

Os visores constituem em painéis interativos que fornecem subsídios à modificação visual de características (atributos) dos componentes, tal como: tamanho, cor, posição, etc. Estes visores podem ser “customizados” para cada classe de componente e podem existir vários visores com perspectivas diferentes para um mesmo componente.

Através do laboratório é possível de forma interativa disparar ações de um componente a fim de testar o seu comportamento. Também no laboratório podem ser concebidos e testados algoritmos que irão constituir novos comportamentos associados aos componentes. O laboratório possui um sistema de registro de histórico de atividades que facilita o acompanhamento das atividades do aprendiz.

Todos os componentes pertencem a classes que os descrevem genericamente em conjuntos segundo suas características e comportamentos semelhantes.

Finalmente os componentes são dispostos em locais. Em cada Local é montado um cenário. Os locais são interligados através de portas.

8. Componentes Educacionais na Web

O que se apresenta neste artigo é uma extensão do Sistema Educacional Casa Mágica para a elaboração de um ambiente na Web, que permita a construção, intercâmbio e estudo de componentes educacionais.

Os componentes educacionais, em sua maioria, foram projetados de forma a poderem ser executados em processos independentes, sem necessariamente estarem interligados através de uma entidade denominada “Local”. Por este motivo, foi concebida uma biblioteca de tais componentes de modo que possam ser agregados a documentos XML.

Através da capacidade de extensão provida pela XML foi constituído um conjunto de marcadores que representam instâncias destes componentes.

```
Objeto Corpo eh um Lancamento_Obliquu : | <object id="Corpo" class="Lancamento_Obliquu">
.arquivo = "Corpo.ptx" | <attribute name="arquivo" value="Corpo.gif"/>
.posicao_inicial_x = 10 | <attribute name="posicao_inicial_x" value="10"/>
.posicao_inicial_y = 300 | <attribute name="posicao_inicial_y" value="300"/>
.velocidade_x = 5 | <attribute name="velocidade_inicial_x" value="5"/>
.velocidade_y = -20 | <attribute name="velocidade_inicial_y" value="-20"/>
.aceleracao_y = 1 | <attribute name="aceleracao_y" value="1"/>
fim | </object>
```

A tabela comparativa acima apresenta a descrição da instância de um componente na linguagem Gradus, nativa do Sistema Casa Mágica, e a mesma descrição em XML.

O componente corresponde a uma instância da classe Lançamento Oblíquo, e define atributos de aparência (arquivo de imagem Corpo.gif), posição inicial do componente, velocidade e aceleração.

Para se representar um componente foi utilizado o marcador <OBJECT> e para representar cada um dos atributos, foram utilizados os marcadores <ATTRIBUTE>.

Os principais programas navegadores (*browsers*) já dispõe ou irão dispor em breve, de recursos para leitura e processamento de documentos XML.

Sob esta perspectiva, os componentes educacionais propostos são inseridos dentro de um documento XML isoladamente, interligados entre si ou combinados com outras informações e sistemas de marcação.

Como pode ser observado na figura 2, os componentes podem estar disponíveis na estação do usuário ou ser executados remotamente. Os componentes remotos ampliam o potencial de atuação do modelo, por dois motivos:

- não exige que todos componentes estejam disponíveis na máquina do usuário;
- amplia o poder de ação dos componentes, permitindo a construção de modelos que utilizam componentes distribuídos, tal como sistemas que tratam intercâmbio de mensagens (correio eletrônico, fórum, etc.).

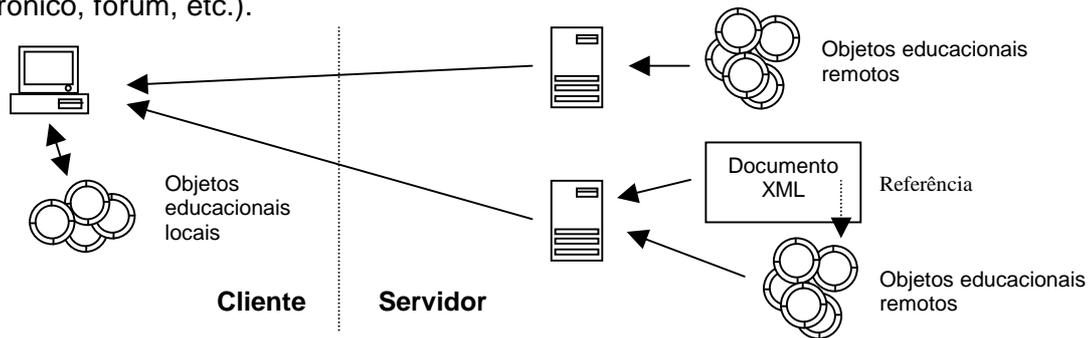


Figura 2: Carregamento e apresentação de um documento XML contendo Componentes Educacionais

Os componentes são executados na estação cliente utilizando-se uma *Applet* em Java. A XML prevê recursos de delimitação dos elementos que serão apresentados pelo navegador (utilizando-se folhas de estilo) e processados por outras aplicações.

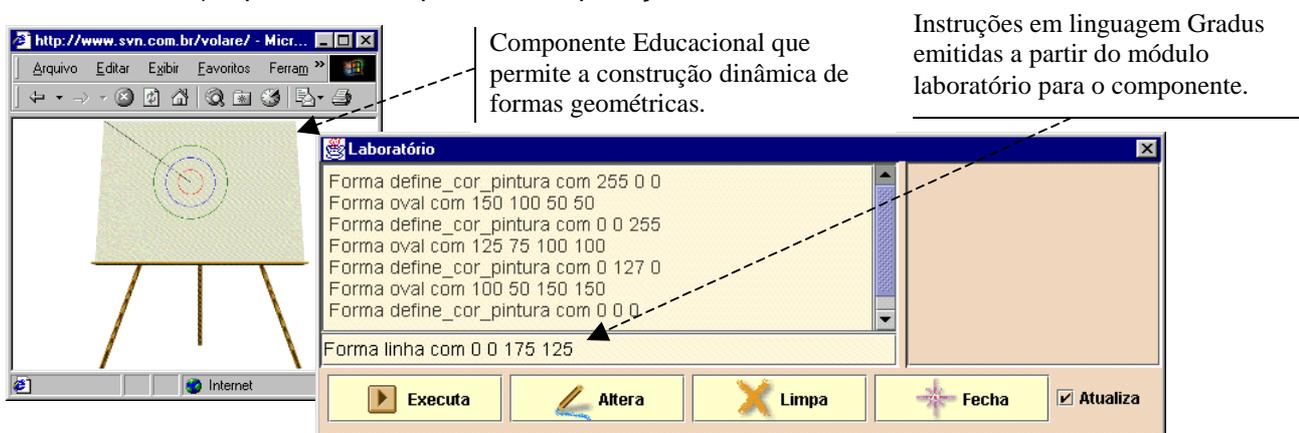


Figura 3: Interação dinâmica entre o módulo de Laboratório e um componente educacional embutido em um documento XML carregado através do navegador

Além da execução do componente no navegador, é possível se ativar uma janela de Visor, possibilitando a modificação dinâmica dos atributos de um componente e de uma janela de Laboratório, que fornece recursos para a exploração e modificação do comportamento, conforme abordado anteriormente.

Como pode ser observado na Figura 3, o papel da XML é estabelecer a ponte entre o documento que será lido pelo navegador e o Componente Educacional. A linguagem Gradus, é utilizada para descrever os algoritmos e dados que compõe o componente e também permite a interação dinâmica com o mesmo.

9. Conclusão

Ainda que as linguagens e padrões não sejam o fator determinante para o desenvolvimento de atividades de ensino/aprendizagem sob uma abordagem contrutivista, uma vez que o processo de construção ativa do conhecimento pode ser elaborado sobre qualquer “matéria-prima”, quando dado o direcionamento adequado, eles podem abrir possibilidades de exploração que, de outra forma, não existiriam ou seriam muito difíceis de ser efetivadas.

Um bom exemplo disto foi a linguagem LOGO que, isoladamente, não se constituiria uma contribuição tão importante se não estivesse associada a uma filosofia de trabalho. No entanto, a linguagem serve como ponte para que a filosofia LOGO materialize em prática sua proposta.

Da mesma maneira, a proposta de se agregar Componentes Educacionais a documentos em XML na Web e o conjunto de ferramenta para sua construção e exploração abre um novo conjunto de possibilidades, em alguns casos não contemplados pelos padrões existentes.

A XML permite a agregação dos componentes a seus documentos e conseqüente difusão. Por outro lado, as ferramentas fornecidas pelo Sistema Casa Mágica, bem como sua linguagem Gradus, possibilitam a sua exploração sob o prisma construtivista.

Não é intenção deste trabalho apresentar um modelo definitivo que esgote as possibilidades de representação e utilização de componentes educacionais na Internet. Pelo contrário, ele pretende lançar uma proposta para o desenvolvimento de elementos de software para Web especialmente projetados para o ensino/aprendizagem.

As características apresentadas neste modelo pretendem gradativamente reunir esforços na constituição de um plataforma de software educacional aberta, extensível e customizável, que forma uma crescente base sobre a qual os educadores possam desenvolver novas propostas educacionais.

Referências Bibliográficas

- [BABIN89] Babin, Pierre, Kouloumdjian, Marie-France. Os novos modos de compreender. São Paulo: Edições Paulinas, 1989.
- [ISO86] ISO - International Organization for Standardization, ISO 8879:1986(E), *Information processing - Text and Office Systems - Standard Generalized Markup Language (SGML)*, First edition - 1986-10-15. Geneva: International Organization for Standardization, 1986.
- [MACE98] Mace, Scott & Flohr, Udo & Dobson, Rick & Graham, Tony, What's Wrong with HTML. In: *Weaving a Better Web*, March 1998, [Online] <http://www.byte.com/art/9803/sec5/art3.htm>.
- [MEYER88] Meyer, B. *Object - Oriented Software Construction*. USA: Prentice Hall International Ltd., 1988.
- [PAPERT80] Papert, Seymour. *Mindstorms: children, computers and powerful ideas*. New York: Basic Books, 1980. No Brasil: *LOGO: Computadores e Educação*. São Paulo: Brasiliense, 1985.
- [PAPERT94] Papert, Seymour. *A Máquina das Crianças – Repensando a Escola na Era da Informática*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.
- [RAGGETT97] Raggett, Dave, *HTML 3.2 Reference Specification - W3C Recommendation 14-Jan-1997*, W3C - World Wide Web Consortium, [Online] <http://www.w3.org/TR/REC-html32.html>.
- [REPENNING96] Repenning, Alexander & Ambach, James, *Tactile Programming: A Unified Manipulation Paradigm Supporting Program Comprehension, Composition and Sharing*, Proceedings of the 1996 IEEE Symposium of Visual Languages, Boulder, CO, Computer Society, 1996, pp. 102-109 [OnLine] <http://www.cs.colorado.edu/~l3d/systems/agentsheets/Documentation/VL-96-Paper.pdf>.
- [REPENNING99] Repenning, Alexander & Ioannidou, Andri & Phillips, Jonathan, *Collaborative Use & Design of Interactive Simulations*. Proceedings of Computer Supported Collaborative Learning Conference at Stanford (CSCL'99), 1999 [Online] <http://www.escot.org/escot/External/UseDesign.pdf>.
- [ROSCHELLE98] Roschelle, Jeremy & Digiano, Chris & Pea, Roy & Kaput, Jim, *Educational Software Components of Tomorrow (ESCOT)*, SRI International, 1998, [OnLine] http://www.escot.org/escot/External/MSET_ESCOT.html.
- [SANTANCHE98] Santanchè, André. *Sistema para Construção de Aplicações Educacionais*. IV Congresso Ibero-Americano de Informática na Educação, 1998.
- [W3C99] W3C XML Working Group, *Mathematical Markup Language (MathML™) 1.01 Specification - W3C Recommendation, revision of 7 July 1999*, W3C - World Wide Web Consortium, [Online] <http://www.w3.org/TR/REC-MathML/>.
- [W3CSMIL98] W3C XML Working Group, *Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL) 1.0 Specification - W3C Recommendation 15-June-1998*, W3C - World Wide Web Consortium, [Online] <http://www.w3.org/TR/REC-smil/>.
- [W3CXML98] W3C XML Working Group, *Extensible Markup Language (XML) 1.0 - W3C Recommendation 10-February-1998*, W3C - World Wide Web Consortium, [Online] <http://www.w3.org/TR/1998/REC-xml-19980210>.

* Este trabalho contou com o apoio do CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil.

ⁱ **ESCOT** - *Educational Software Components of Tomorrow*. ESCOT é um projeto de pesquisa que investiga como as inovações de software podem acumular, integrar e crescer para satisfazer as necessidades de reformas sistêmicas da educação de matemática e de ciências. (<http://www.escot.org/escot/External/background.html>).

ⁱⁱ O Sistema Casa Mágica, apresentado neste trabalho, consiste na versão 2.1 do programa. A versão 1.0 foi vencedora do I Concurso Nacional de Software Educacional e Tecnológico promovido pelo MEC em 1995.