

Composição de Objetos de Aprendizagem com base nos seus Aspectos Formais de Expressão

Herli J. de Menezes^{1,2}, Sean W. M. Siqueira², Leila C. V. Andrade²,

¹Faculdade de Educação
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Rio de Janeiro – RJ – Brasil

²Departamento de Informática Aplicada-PPGI
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO
Rio de Janeiro – RJ – Brasil

***Abstract.** Composition and sequencing of Learning Objects are discussed in this paper through the representation of the conceptual structure of a domain in terms of its dependence relationships. The composition of Learning Objects is modeled from the narrative structure of a discourse considering the formal aspects of content and expression plans. The formal aspect of the content of a composition is given by the concepts and their relationships while the form of expression is given by the types of signs defined in LOM. The resulting composition structure is independent of the media type. This approach fits to adaptative composition proposals of Learning Objects both from the standpoint of the media and network requirements.*

***Resumo.** A composição e sequenciamento de Objetos de Aprendizagem são discutidas neste trabalho a partir da representação da estrutura conceitual de um domínio em termos das suas relações de dependência. A composição de Objetos de Aprendizagem é modelada a partir da estrutura narrativa de um discurso considerando-se os aspectos formais dos planos do conteúdo e de expressão. O aspecto formal do conteúdo da composição é dado pelas pelos conceitos e seus relacionamentos e forma da expressão corresponde aos tipos de signos definidos pelo LOM. A estrutura da composição obtida independe do tipo de mídia utilizado e o modelo adequa-se às propostas de composição adaptativas tanto do ponto de vista do meio como das disponibilidades de conexão.*

1. Introdução

A Web tem ampliado a sua presença no campo educacional com a disponibilização de ambientes sociais de aprendizado (Greenhow, 2009) e de recursos para o processo de ensino-aprendizagem. Tais recursos correspondem a objetos de aprendizagem (OAs), definidos em (IEEE, 2002) “*como quaisquer entidades, digitais ou não digitais que possam ser utilizadas para o aprendizado, para educação e para o treinamento*”. A busca, composição e sequenciamento de OAs ainda são tarefas de grande carga cognitiva e que demandam tempo e esforço. Uma forma de reduzir o esta dificuldade poderia ser pela execução de uma pesquisa contextualizada com base na representação de um domínio do conhecimento relacionado a esses recursos de tal forma que uma sugestão de composição semi-automática de sequências de aprendizagem poderia ser, então, definida.

A utilização de ontologias para a modelagem do domínio do conhecimento com vista à utilização em ambientes de aprendizagem é discutida em (Capuano, 2009), que propõe a construção de ambientes de aprendizagem adaptados às necessidades de aprendizagem do usuário. Nestes ambientes, a composição de OAs ocorreria por intermédio do processamento das consultas feitas em linguagem natural com base em uma ontologia do domínio e na modelagem do perfil do aprendiz. Em contexto semelhante, (Bittencourt, 2009) propõe um modelo de referência para sistemas educacionais baseados na Web Semântica (SWEBES) com a utilização de agentes que recuperariam os conteúdos existentes em páginas de web e, com base em uma ontologia do domínio e do perfil do usuário disponibilizá-los-ia de forma personalizada.

Fieis ao conceito de orientação a objetos, (Farrell, 2004) e (Barritt, 2004) consideram OAs suficientemente pequenos a tal ponto de serem considerados independentes do contexto, de tal forma que poderiam ser compostos de diferentes modos, viabilizando então a idéia de reuso. Esses objetos, descritos por meio de metadados, poderiam ser agrupados e adaptados às necessidades do usuário de forma semi-automática (Capuano, 2009), (Neri, 2009) e com a utilização de ontologias para o domínio, modelo de estudante, recursos de aprendizagem, metadados, currículo, problemas e testes (Bittencourt, 2009). No contexto de produção de um curso, (Cristea, 2002) considera a composição de OAs a partir de uma estrutura em camadas consistindo de uma camada conceitual, uma camada de aula e uma terceira, a de apresentação, voltada para o estudante. (Kohlhase, 2008), de um modo semelhante, considera uma camada conceitual e uma de narrativa, essencialmente ligada à composição de OAs (recursos de aprendizagem, na sua proposição). O sequenciamento de OAs é tratado por (Damasevicius, 2009) ao considerar uma meta-linguagem de composição baseada em um framework a partir de modelos orientados a aspectos e com a utilização de recursos da meta-programação. Em uma direção distinta, a composição e o sequenciamento são tratados em (Damjanovic, 2008), apoiando-se em conceitos oriundos da linguística estrutural, em que a composição estaria orientada pelos aspectos sintagmáticos (regras posicionais) e paradigmáticos (utilização de classes de objetos intercambiáveis).

A utilização de conceitos e ferramentas oriundas da Web Semântica para o propósito de busca, composição e sequenciamento de OAs, embora promissora, apresenta, ainda, alguns desafios. O primeiro está relacionado às dificuldades na representação do conhecimento como ontologias para certas áreas do conhecimento. Considerando-se, por exemplo, o domínio das ciências físicas, a sua representação como uma ontologia de domínio ainda se encontra em uma fase inicial de desenvolvimento, dada a dificuldade de se modelarem as complexas relações conceituais e matemáticas inerentes a esse domínio (Raskin, 2005) e (Lange, 2008). Ontologias representadas em OWL DL¹ para subáreas das ciências físicas podem ser encontradas no repositório TONES² e no SWEET³ voltado para o contexto das ciências ambientais.

Um segundo desafio está relacionado aos mecanismos de busca de OAs. Não obstante o fato de que esses artefatos sejam descritos por metadados com o propósito de facilitar a sua busca e recuperação, há dificuldades quanto a sua interoperabilidade

¹ <http://www.w3.org/TR/owl-guide/>

² <http://owl.cs.manchester.ac.uk/repository/>

³ <http://sweet.jpl.nasa.gov/ontology/>

(Isotani, 2009), repercutindo nos mecanismos de busca em repositórios. Adicione-se, ainda que, se esses OAs estiverem representados como grafos RDF, cujos links sejam os seus relacionamentos, a busca por caminhos de aprendizagem pode ser um problema de alta complexidade (Tompsett, 2005).

Ao apresentar o seu modelo de conteúdo, o IMS LD concebe um ambiente de aprendizagem a partir da metáfora de uma apresentação teatral, supondo um conjunto de papéis e ações orquestradas para promover o aprendizado. Tradicionalmente essa orquestração acontece em tempo de planejamento, na definição de objetivos, recursos e metodologias e da natureza do público-alvo (Clark, 2008). A sequência de eventos e recursos em um ambiente de aprendizagem relaciona-se, então, ao processo de mediação na construção do conhecimento.

Na composição e sequenciamento de OAs, o conteúdo expressa-se por meio de arranjos de elementos físicos carregados de significação, o que lhes confere características de signos e a sua composição assume, então, a natureza de um discurso com características próprias de estruturas narrativas (May, 2007b), (Lemke, 2003). A escolha e a composição, consideradas do ponto de vista formal, determinam, ou induzem efeitos que transcendem o conteúdo, proporcionando, por exemplo, diferentes tipos de suporte cognitivo, afetivo ou pela proposição de desafios (Rowe, 2010) alinhados a estratégias pedagógicas, que neste modelo definem a trama. Este ponto de vista formal que se busca apresentar neste artigo, diferindo portanto das demais abordagens.

No presente artigo partimos de uma proposta simples para modelagem de subdomínio da Física Elementar representado por seus conceitos e suas relações de dependência, reduzindo-se, desta forma, o seu grau de complexidade. Esse modelo é mapeado em um grafo direcionado acíclico, do qual é extraído um caminho ligando um conceito inicial a um conceito final, representativo de uma cadeia de dependência entre conceitos. Cada nodo constituinte do caminho pode ser associado a um ou mais OAs que implica uma sugestão de sequenciamento determinada pela estrutura conceitual do domínio considerado.

A Seção 2 discute a composição de OAs considerando-a como uma estrutura narrativa. A Seção 3 discute a concretização desta proposta em termos da sequência de eventos de aprendizagem propostos por Gagné relacionando-os com a estrutura de metadados dos OAs. A Seção 4 apresenta e discute uma proposta de composição de OAs considerando os seus tipos básicos, conforme definidos no LOM e aplica a um exemplo do domínio da física básica. Finalmente, a Seção 5 discute os resultados, as limitações e faz considerações sobre de trabalhos futuros.

2. Composição de Objetos de Aprendizagem como uma Narrativa

Os signos, considerados sob a ótica estruturalista, são elementos dotados de duas características complementares (Saussure, 2004): o *significado* e o *significante*. O significante corresponde ao suporte físico e associa-se ao plano da *expressão*, enquanto o significado, ao do *conteúdo*. Cada um desses planos pode, ainda, ser desdobrado em termos da sua *substância* e da sua *forma* (Hjelmslev, 1991).

Um discurso consiste na organização dos signos em uma estrutura coerente; no caso da língua, ele se constitui na expressão e o desenvolvimento do pensamento por uma sequência de palavras ou de proposições encadeadas. Esta definição pode ser

extrapolada para campos não-linguísticos, como o das artes visuais e representacionais e, recentemente, da hipermídia (Toppano, 2009), (Ip, 2010). Uma estrutura narrativa herda, por sua vez, os planos do conteúdo (*estória*) e da expressão (*discurso*), (Hargood, 2008), (Barthes, 1975). O plano do *conteúdo*, associado ao significado, compreende os eventos do mundo real (ações e acontecimentos) – a *substância do conteúdo*; e os componentes da *estória* (um “recorte” da realidade) que definem o seu aspecto formal (Chatman, 1975). No plano da expressão, ou do discurso, os elementos substantivos consistem nos sistemas semióticos que comunicam a *estória*; os elementos formais são a estrutura da narrativa, isto é, os elementos compartilhados por qualquer narrativa, independentemente do meio.

A composição de objetos de aprendizagem é uma agregação contextualizada de OAs referentes a um assunto inscrito em uma área do conhecimento. Sob esse ponto de vista, a composição de OAs em um ambiente de aprendizagem tem semelhanças com a *mise-en-scene* teatral (IMS, 2003) ou, em um sentido mais amplo, com uma narrativa (*storytelling*) (Spaniol, 2008), (Kohlhase, 2008).

Os OAs são elementos essenciais na definição de ambientes de aprendizagem e, de modo geral, correspondem a pequenas unidades instrucionais reutilizáveis (Parrish, 2008), tal como peças de um LEGO™ ou átomos instrucionais (Ip, 2001), passíveis de armazenamento, recuperação e reutilização (Barritt, 2004). O universo de OAs compõe-se de textos, imagens fixas ou em movimento, figuras fixas (diagramas, gráficos) ou móveis (animações), sons, e aplicativos (applets) tomados isoladamente ou em unidades organicamente integradas, como objetos hipermídia⁴. Os elementos descritores desses objetos são os metadados, que facilitam a busca e recuperação a partir de repositórios locais ou distribuídos, devendo ser, por conseguinte, interoperáveis.

A *substância da expressão* corresponde aos meios físicos (padrões de codificação, conjunto de caracteres, codificação de movimentos e gestos etc.). A *forma da expressão* consiste no arranjo de signos (Imagens, Mapas, Gráficos, Diagramas, Linguagens e símbolos), (May, 2007b) relativamente independentes do conteúdo específico e do tipo de mídia utilizado. As *formas simbólicas* (Linguagem e o Símbolo) guardam relações de similaridade com as estruturas conceituais do seu objeto, enquanto as *formas icônicas* guardam relações de similaridade métrica (Imagens e Mapas) e abstrata (Diagramas e Gráficos).

As duas categorias relacionadas ao aspecto substantivo, não serão objeto deste trabalho, sendo, contudo, referenciadas por motivo de completude. A composição de OAs realiza-se materialmente com a escolha e articulação dos seus diferentes suportes físicos, ou mídias, associada evidentemente com a semântica definida pelo conteúdo.

3. Concretizando a Composição Narrativa de OAs

Os OAs encontram-se disponíveis em repositórios centralizados ou distribuídos, com acesso gratuito (ex.: MERLOT, ConneXions, MITOCW) ou restrito (ex.: Ariadne). A busca e recuperação desses objetos não seriam possíveis sem uma estrutura de dados que os descrevessem, isto é, um sistema de metadados. Há diversos padrões para a

⁴ Assim como (May, 2007), distinguimos os signos imagens e figuras em função da relação de similaridade com o seu objeto. As imagens – fotos e imagens em movimento representam o seu objeto com alto grau de similaridade, enquanto as figuras distinguem-se pelo esquematismo de sua representação.

representação dos metadados para OAs, destes, o LOM (IEEE, 2002) tem sido mais utilizado e forma a base do ADL SCORM (ADL, 2004), utilizado por muitos ambientes de aprendizagem para implementação desta abordagem baseada em OAs.

Com o objetivo de formular uma proposta de composição de OAs, considerando os aspectos formais, tanto do conteúdo como da expressão, utilizamos apenas algumas subcategorias: Geral (1), categoria relativa ao assunto (no LOM definido pelo título e palavra-chave) e Educacional (5) que explicita as características tipo de recurso, nível e tipo de interatividade e formato.

No plano da forma do conteúdo, o assunto relacionado com um domínio do conhecimento é modelado por uma ontologia. Do ponto de vista formal, há diversas linguagens de representação de ontologias. Neste trabalho utilizamos RDF e, a partir da sua representação como um grafo. Uma sugestão de composição é fornecida por um caminho de aprendizagem que liga o conceito inicial ao conceito final.

O processo de composição inicia com a definição do assunto a ser abordado e suas correlações e dependências. A ontologia do domínio do conhecimento possibilita, então, selecionar os conceitos pré-requisitos, até chegar a um ponto em que se torna possível explorar os conhecimentos (ou conceitos) ainda não desenvolvidos. Esse processo não é único, há outras possibilidades associadas ao tipo de proposta pedagógica e estratégias para a construção do conhecimento. Neste trabalho, adotamos um modelo simples, linear com base nos princípios ou estratégias de Gagné para o projeto instrucional. Segundo Gagné (2005), essas estratégias consistem em: Ganhar a atenção; Recuperar conhecimentos anteriores; Apresentar o estímulo; Apoiar; Oferecer retro-alimentação; Avaliar o desempenho e Promover a retenção e a transferência⁵. Utilizamo-nas como elementos condutores da narrativa de natureza pedagógica. A Figura 1 apresenta esta sequência de eventos do processo de aprendizagem, no modelo de Gagné.

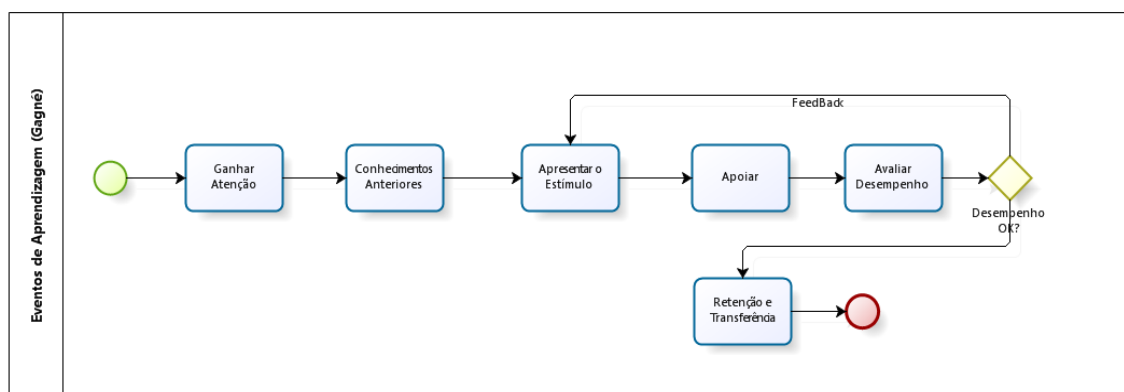


Figura 1. Sequência de Eventos de Aprendizagem segundo o Modelo de Gagné

Com base neste roteiro, os OAs podem ser seqüenciados. Algumas considerações devem ser feitas acerca do modelo proposto. Considere o primeiro evento, ganhar atenção que pode, por exemplo, corresponder à apresentação do problema e sua contextualização. Observe que, neste caso, surgem características de

⁵ A partir das bases neo-comportamentalistas de Gagné, a Retenção e Transferência, correspondem, respectivamente, à passagem da informação, da memória de curto prazo para a de longo prazo e a habilidade de transferir os novos conhecimentos a outras áreas.

natureza emocional ou considerando-se o contexto da narrativa, de geração de expectativas e sua solução (parcial). Supondo, apenas estes requisitos, o tipo de OA a ser mobilizado, poderia ter, por exemplo, um alto grau de informação, de “leitura” não-linear, como um vídeo. Outra possibilidade seria a utilização de documentos com alto grau de interatividade (multimídia interativa), ou a descrição de um experimento, que, no entanto, não poderia demandar muito tempo, já que a expectativa criada inicialmente, poderia se desvanecer.

Considerações semelhantes podem ser feitas com relação aos outros eventos, todavia, não é propósito deste trabalho fazer um tratamento exaustivo do tema, nem mesmo apresentar a melhor escolha, do ponto de vista didático-pedagógico, para realizar este sequenciamento.

4. Aplicação a uma situação da Física

Com objetivo de testar o modelo em uma situação concreta, escolhemos uma situação em que uma composição de OAs é definida com o propósito de dar suporte ao estudo da mecânica introdutória. A situação modelada consiste de um objeto de massa m é posto a oscilar sob efeito de uma força externa variável com frequência w_{ext} . O objeto está preso em um objeto fixo por meio de uma mola de constante elástica k e move-se, com atrito, em uma superfície plana. O coeficiente de atrito é b . Neste tipo de problema deseja-se determinar a posição do objeto em qualquer instante do tempo t , o que implica a solução de uma equação diferencial de segunda ordem com coeficientes constantes.

Com objetivo de buscar uma sequência de conceitos para encontrar a solução, buscamos determinar um caminho entre os conceitos *Força Resultante* e *Limite*, a partir de uma possível representação do domínio considerado, conforme ilustrado na Figura 2.

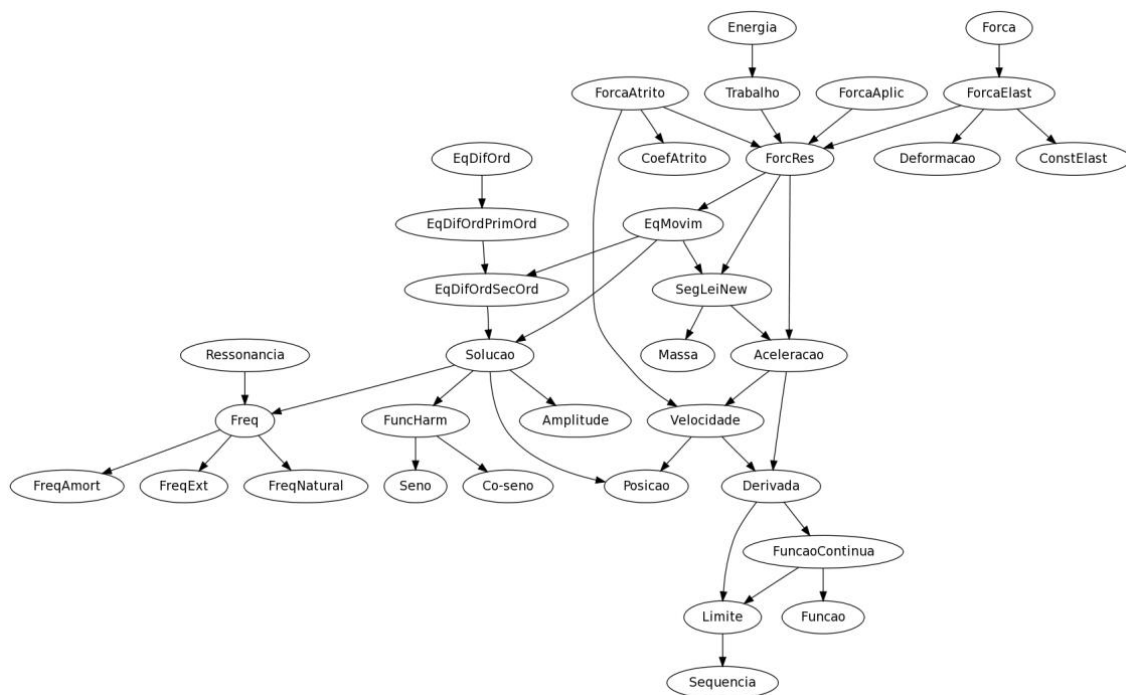


Figura 2. Representação do modelo do domínio como um grafo direcionado acíclico

Como um exemplo de aplicação, modelamos um subdomínio da mecânica introdutória,

utilizando conceitos relacionados ao comportamento do oscilador forçado. O modelo encontra-se na Figura 2, na forma de um grafo em que, cada nodo (representado por elipses) está ligado a outro por intermédio de um arco que representa a relação “temPreRequisito”. Assim, no modelo há, por exemplo, a tripla (ForcRes, temPreRequisito, ForcaElast).

```
[
  [http://www.w3.org/2002/07/owl#ForçaResultante,
  http://www.w3.org/2002/07/owl#temPreRequisito,
  http://www.w3.org/2002/07/owl#EqMovimento],
  [http://www.w3.org/2002/07/owl#EqMovimento,
  http://www.w3.org/2002/07/owl#temPreRequisito,
  http://www.w3.org/2002/07/owl#EqDiferencialOrdinaria],
  [http://www.w3.org/2002/07/owl#EqDiferencialOrdinaria,
  http://www.w3.org/2002/07/owl#temPreRequisito, http://www.w3.org/2002/07/owl#Derivada],
  [http://www.w3.org/2002/07/owl#Derivada, http://www.w3.org/2002/07/owl#temPreRequisito,
  http://www.w3.org/2002/07/owl#FunçãoContinua],
  [http://www.w3.org/2002/07/owl#FunçãoContinua,
  http://www.w3.org/2002/07/owl#temPreRequisito,
  http://www.w3.org/2002/07/owl#Sequência], [http://www.w3.org/2002/07/owl#Sequência,
  http://www.w3.org/2002/07/owl#temPreRequisito, http://www.w3.org/2002/07/owl#Limite]
]nio foi modelado em termos de um grafo RDF e o caminho definido6 em termos de
```

A partir dessa lista e de alguns atributos do LOM, pode-se estabelecer uma proposta de composição de OAs. O sequenciamento dos OAs pode ser feito, então, com base no caminho definido e nos princípios enunciados em (Gagne, 2005), considerando-se, inicialmente, os elementos formais que se podem depreender do LOM. Um exemplo desta composição acha-se mostrado na Tabela 1, em termos da forma de expressão dos OAs e na Tabela 2 a sua concretização para o conceito *Equação de Movimento*.

Tabela 1. Sequência de Objetos de Aprendizagem segundo alguns critérios do LOM associados à forma de expressão

	Ganhar Atenção (GA)	Conhecimentos Anteriores (CA)	Apresentar o Estímulo (AE)	Apoio	Feed Back	Avaliar o Desempenho	Reforço e Transferência
Nível de Int	expositivo	ativo	ativo	expositivo	ativo	expositivo	ativo
Tipo de Int.	baixo	alto	alto	alto	baixo	alto	alto
Format	Animação	Question	simulação	Image/text/video/..	Mensagem video/animação/text	text/ formulario	Applet/ text/video
MIME Tipo	Flash	---	Applet/flash	Mpeg/PNG	----	---	applet
Localização	URI	URI	URI	URI	URI	URI	URI

Composição de Objetos de Aprendizagem

Tabela 2. Objetos de Aprendizagem e características utilizáveis no processo de composição e sequenciamento

	Recurso	Localização	Tipo	Formato	Nível de Interatividade	Tipo de Interatividade
G A	Leis de Newton	http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/13355	Aula	Video	Ativo	Baixa
	Isaac Newton	http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/7657	Texto	Hipertexto	Expositivo	Alta
C A	Describing motion along a line	http://open.jorum.ac.uk:80/xmlui/handle/123456789/935	Texto	hipertexto	Expositivo	Baixa
	Terminal Velocity	http://www.teachertube.com/members/viewVideo.php?video_id=39517	Aula	Video	Expositivo	Baixa
	Using vectors to model	http://open.jorum.ac.uk:80/xmlui/handle/123456789/884	Texto	hipertexto	Expositivo	Baixa
	Modelling displacements and velocities	http://open.jorum.ac.uk:80/xmlui/handle/123456789/880	Texto	text/html	expositivo	Baixa
A E	Modelling with differential equations: oscillations	http://open.jorum.ac.uk:80/xmlui/handle/123456789/887	Texto	text/html	expositivo	Baixa

5. Conclusões

Nas seções anteriores foi considerada uma proposta de modelagem a partir de uma estrutura conceitual do domínio e da expressão do conteúdo independente de mídia. Uma proposta de composição a partir desses pressupostos foi apresentada em termos do sequenciamento dos Objetos de Aprendizagem baseado nos símbolos do discurso, considerando-se conteúdo e expressão, partindo-se de repositórios de OAs e seus metadados. Foram exploradas as características expressas nos metadados dos OAs segundo os eventos propostos por Gagné, embora outras alternativas também pudessem ser utilizadas. Como a proposta apresentada separa os elementos do conteúdo dos elementos da expressão, torna-se possível a consideração de diferentes opções de composição de OAs que podem ser adaptadas às diferentes condições de apresentação (conexão e dispositivos). A semântica da composição, contudo, não é prejudicada, já que se encontra apoiada na estrutura formal do domínio do conhecimento e em termos de elementos independentes da mídia considerada. Outro aspecto importante é que a busca por OAs em repositórios pode ser feita em função do seu tipo, o que possibilita que se considerem possíveis limitações na sua apresentação, tanto do ponto de vista técnico como de eventuais necessidades apresentadas pelo usuário.

Algumas questões permanecem abertas, uma delas que será objeto de investigações e trabalhos futuros é a definição de um método de articulação e sequenciamento dos OAs em nível formal, a partir dos seus metadados. Uma possibilidade a ser explorada pode ser a definição de gramáticas formal de composição, a exemplo das que são propostas na composição sistemas multimodais.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Grupo de Pesquisa de Representação de Conhecimento e Raciocínio RCR/PPGI e o apoio do Departamento de Informática Aplicada da UNIRIO, bem como FAPERJ (através dos auxílios E-26/170028/2008 Programa INC&T - Projeto: Instituto Brasileiro de Pesquisa em Ciência da Web, e E-26/101.509/2010 - BOLSA/BBP Representação e recuperação contextualizada de conteúdos de aprendizagem), CNPQ (projeto: 557.128/2009-9, INCT em Ciência da WEB) e CAPES (projeto RH-TVD #133/2008 - Composição e veiculação de conteúdo interativo para TV Digital).

Referências

- Antonioni G., Hamerlen, F. A Semantic Web Primer New York : The MIT Press, 2008.
- Barthes R., Duisit, L. An Introduction to the Structural Analysis of Narrative. New York : The John Hopkins University Press, 1975. - Vol. 6.
- Bittencourt I.I., Costa, E., Silva, M., Soares, E. A computational model for developing semantic web-based educational systems. Knowledge-Based Systems. Elsevier, 2009. - Vol. 22. - pp. 302-315.
- Capuano N., Gaeta, M., Orciuoli, F., Ritrovato, P. On-demand Construction of Personalized Learning Experiences Using Semantic Web and Web 2.0 Techniques 2009 Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. IEEE, 2009.
- Chandler D. Semiotics for Beginners. New York : Retrieved March, 2001.
- Chatman S. Towards a Theory of Narrative New Literaty History: On Narrative and Narratives. - New York : The John Hopkins University Press, 1975. - Vol. 6. - pp. 295-318.
- Consortium IMS GL IMS Learning Design Specification [http://www.imsglobal.org/learningdesign/ldv1p0/imsld_infov1p0.html]. - 2003.
- Cristea A. and Aroyo, L. Adaptive Authoring of Adaptive Educational Hypermedia Proceedings of the Second International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems / ed. Springer-Verlag. - 2002.
- Damasevicius R. and Stukys, V. Specification and Generation of Learning Object Sequences for e-Learning Using Sequence Feature Diagrams and Metaprogramming Techniques Proceedings of ICALT'09.: IEEE, 2009.
- Damjanovic V. and Gasevic, D. and Devedzic, V. Semiotics for Ontologies and Knowledge Representation Citeseer, 2008.
- Farrell R.G., Liburd, S.D., Thomas, J.C. Dynamic assembly of learning objects Proceedings of the 13th international World Wide Web Conference ACM. - 2004. - pp. 162--169.
- Gagne R.M., Wager, W.W., Golas, K.C., Keller, J.M., Russell, J.D. Principles of instructional design. New York : John Wiley & Sons, 2005.

- Greenhow C, Robelia, B, Hughes, J. E. Web 2.0 and Classroom Research: What Path should we take now? Educational Researcher ed. Association American Educational Research. 2009.
- Hjelmslev L. Ensaios Linguísticos. - São Paulo : Editora Perspectiva, 1991.
- IEEE Draft Standard form Learning Object Metadata. - Piscataway, NJ : IEEE, 2002.
- Ip A., Morrison, I., Currie, M. What is a learning object, technically? ed. Cioteseer. - 2001. - pp. 23-27.
- Isotani S. and Mizoguchi, R. and Bittencourt, I.I. and Costa, E. Estado da Arte em Web Semântica e Web 2.0: Potencialidades e Tendências da Nova Geração de Ambientes de Ensino na Internet Revista Brasileira de Informática na Educação. - São Paulo : 2009.
- Lange C. and Kohlhase, M. A semantic wiki for mathematical knowledge management Emerging Technologies for Semantic Work Environments. - New York : IGI Global, 2008.
- Lemke J. L. Mathematics in the middle: Measure, picture, gesture, sign, and word Educational perspectives on mathematics as semiosis: From thinking to interpreting to knowing. - New York : 2003.
- May M. A Semiotic Framework for the Semantics of Digital Multimedia Learning Objects 14th International Conference of Image Analysis and Processing. - New York :, 2007. - Vol. IEEE.
- May M., Petersen, J. The Design Space of Information Presentation: Formal Design Space Analysis with FCA and Semiotics Conceptual Structures: Knowledge Architectures for Smart Applications. - Berlin : Springer, 2007b.
- Neri M.A., Colombetti, M. Ontology-based learning objects search and courses generation Applied Artificial Intelligence.: Taylor & Francis, 2009. - Vol. 23. - pp. 233--260.
- Parrish P. Learning with Objects The e-learning handbook : past promises, present challenges Carliner S., Shank, P. - 2008.
- Raskin R.G. and Pan, M.J. Knowledge representation in the semantic web for Earth and environmental terminology (SWEET) Computers & geosciences. - New York : Elsevier, 2005.
- Saussure F. Curso de Linguística General. - São Paulo : Cultrix, 2004.
- Spaniol M., Klamma, R., Cao, Y. Learning as a service: A Web-based learning framework for communities of professionals on the Web 2.0 Advances in Web Based Learning--ICWL 2007. - New York : Springer, 2008.
- Spielman R. Conversational Analysis and Cultural Knowledge Notes on Linguistics. - 1981. - Vols. 7-17. - In: Dooley, R., Levinhsohn, S. Análise do Discurso: conceitos básicos. Petrópolis: Vozes, 2003.
- Toppano E., Roberto, V. Semiotic Design and Analysis of Hypermedia Proceedings of the 20th ACM conference on Hypertext and hypermedia. - New York : ACM, 2009.