

# **Workflows e Objetos de Aprendizado em Um Ambiente Para Ensino a Distância**

**Luiz Antônio de Moraes Pereira, Rubens Nascimento Melo**

Departamento de Informática – PUC-Rio  
Rua Marquês de São Vicente, 225, Gávea – Rio de Janeiro – RJ – Brasil – 22453-900  
{lpereira,rubens}@inf.puc-rio.br

***Abstract.** Workflow techniques are applicable in the e-learning context, where cooperation is expected. In this field, reusable learning objects (RLO or LOs) also play an important role when cost reduction and standardization in learning content development are considered. In this work we describe a distributed database environment being conceived at the Database Technology Lab (TecBD) in PUC-Rio. It permits content developers to contribute to the building of a pool of LOs on top of which other LOs can be built by recursive aggregation and where students and instructors can execute these learning contents in a cooperative way.*

***Resumo.** Técnicas de workflow são aplicáveis no contexto de ensino a distância, onde a cooperação é esperada. Nesse campo, objetos de aprendizado reutilizáveis (RLOs ou LOs) também têm importante papel quando a redução de custo de desenvolvimento e padronização de conteúdo de aprendizado são consideradas. Nesse trabalho descrevemos um ambiente de banco de dados distribuídos que está sendo concebido pelo Laboratório de Tecnologia de Banco de Dados (TecBD) da PUC-Rio, que permite a desenvolvedores de conteúdo contribuírem para a formação de um depósito de LOs usados para formar outros LOs por agregação recursiva, e onde estudantes e instrutores podem executar esses conteúdos de forma colaborativa.*

## **1. Introdução**

Muitos cursos oferecidos na forma tradicional, i.e. presenciais e liderados por instrutores, têm sido cogitados para serem convertidos para a forma eletrônica, com a finalidade de serem ministrados à distância [1]. Embora as definições e características precisas de Ensino a Distância (EAD) não sejam um consenso entre pesquisadores [2], interessam-nos alguns aspectos comuns a todos os diversos entendimentos a respeito do assunto; EAD pode ser caracterizada modernamente, não só pela separação física e temporal entre professores e alunos, como também pela necessária interação entre eles mediada por alguma forma de tecnologia que permita a *cooperação* (alunos-alunos, professor-alunos). A infra-estrutura de comunicação, que é vista pelos pesquisadores como uma das mais eficientes, consiste das já bastante difundidas Internet e *intranets*.

Os sistemas modernos de ensino a distância têm suas origens nos antigos programas de treinamento baseado em computadores (ou CBT - *Computer-Based Training*), cujo paradigma pode ser sintetizado na frase "treinamento onde você quer, na hora que você quer". Alguns dos cursos a distância produzidos hoje em dia utilizam ferramentas de autoria que são versões adaptadas à *web* das ferramentas de autoria

desenvolvidas no passado. Um dos maiores fatores que limitam os sistemas de autoria de CBT antigos - assim como suas versões adaptadas para a *web* - é que estes adotam um processo de ensino que ocorre em um ambiente de *confinamento solitário*; o aluno senta em frente a um PC, navega por telas e tem *feedback* automático, até que o *programa* detecta que um certo nível de competência foi atingido.

Em termos de poder instrucional, uma nova geração de produtos para ensino a distância, que explora o potencial interativo e cooperativo dos ambientes *web*, supera em muito o padrão clássico de CBT (interação entre o aluno e o conteúdo, apenas), provendo recursos, também, para a interação entre o aluno e o instrutor (troca de *e-mails* e/ou bate-papo – *chat* – para ajudas especiais), e entre os próprios alunos (quadros de avisos, listas de *e-mails*, grupos de discussão e áudio em tempo real em ambientes virtuais de *sala de aula eletrônica*). Com relação ao aspecto *cooperação em EAD*, verificamos a adequação do uso de sistemas de *workflow* para acompanhamento e controle das atividades individuais e coletivas, tanto em nível de projeto e desenvolvimento do conteúdo (que não abordamos em nossas pesquisas), pois permite a definição de todo o conteúdo, com a especificação clara de todas as atividades a serem executadas, quanto a nível de sua execução, também com a especificação dos prazos e dos agentes responsáveis pelas execuções das tarefas. Pesquisa nesse sentido encontra-se descrita em [2] e [3].

É importante, também, considerarmos novas metodologias de desenvolvimento de conteúdos de aprendizado, que sejam efetivos e que possam ser reutilizados, permitindo, com isso, diminuição nos custos de desenvolvimento, além da padronização de conteúdo. Nesse caso, objetos de aprendizado reutilizáveis (RLOs ou, simplesmente, LOs) assumem um papel de grande importância.

Motivados, também, pelo projeto PGL (*Partnership in Global Learning*), do qual a PUC-Rio participa através das pesquisas no TecBD, concebemos e estamos implementando um ambiente de EAD baseado na *Web*, que utiliza tecnologias de banco de dados distribuídos e heterogêneos onde, em linhas gerais, vários parceiros poderão contribuir para a formação de um *pool* de LOs que poderão ser executados de forma colaborativa por alunos e professores. LOs serão armazenados nos sítios de seus respectivos criadores e haverá uma forma de consultar, obter, referenciar e usar, de forma transparente quanto à localização, os LOs armazenados em qualquer nó da rede do projeto PGL. Os avanços conseguidos até hoje, através das pesquisas em BDs, principalmente nas questões de gerenciamento de objetos complexos distribuídos e de consideração de heterogeneidade entre tecnologias de armazenamento, poderão tratar adequada e eficientemente as questões presentes no ambiente em questão. No presente trabalho apresentamos as linhas gerais de nossa proposta para esse ambiente, com vistas à sua aplicação no projeto PGL. Maiores detalhes poderão ser encontrados em [4], [5] e [6].

## **2. Workflows em EAD e Objetos de Aprendizado - Fundamentação**

Existem inúmeras definições para *workflow* na literatura. Segundo o Modelo de Referência de *Workflow* da *Workflow Management Coalition - WfMC* [7], *workflow* é a automação de um processo de negócio, por inteiro ou por partes, durante o qual documentos, informações e atividades são passadas de um participante para outro para que estes desenvolvam ações respeitando um conjunto de regras procedimentais.

*Workflow*, ou fluxo de trabalho, também pode ser definido como [8] qualquer conjunto de atividades executadas de forma coordenada, em série ou em paralelo, por dois ou mais membros de um grupo de trabalho, visando a um objetivo comum.

A tecnologia que dá suporte automatizado à execução de *workflows* é chamada de *Sistemas* ou *Software de Gerência de Workflow* (SGWs) [9][10] ou, simplesmente, *Sistemas de Workflow* [11]. SGWs gerenciam a seqüência de atividades de trabalho, chamando ou invocando os recursos humanos e/ou eletrônicos apropriados, que são associados com as várias atividades que compõem o processo. Isso é feito através da execução de *software* baseada em uma representação da lógica ou modelo (dados, operações e regras) do *workflow* no computador. Nesses sistemas, as atividades são definidas e agendadas, os recursos necessários são relacionados e, na medida em que as atividades vão sendo acionadas pelos respectivos executores, o SGW trata de coordenar e encaminhar automaticamente os resultados alcançados e os demais recursos necessários para os executores das atividades seguintes na seqüência [5]. Das vantagens do uso de *workflows* e SGWs relacionadas em [5], são as seguintes as que mais se aplicariam a um ambiente de ensino a distância: (1) possibilidade de acesso remoto por parte dos participantes do grupo; (2) simplificação das atividades de arquivamento e recuperação de informações; (3) rapidez na pesquisa de informações armazenadas; (4) as informações dos responsáveis por cada atividade do processo são mantidas sempre (automaticamente) atualizadas; (5) conhecimento do status do processo a cada instante, possibilitando saber-se quais os participantes estão atuando, quais (e quando) são os próximos a atuar; (6) o SGW *coordena* a execução das atividades automaticamente com o uso de agendas e trocas de mensagens eletrônicas com os participantes e (7) melhor controle dos processos (de aprendizado).

No mercado de ferramentas para EAD existem os LMS (*Learning Management Systems* - sistemas de gerência de aprendizado) que gerenciam a execução do conteúdo instrucional. Se adicionarmos ao LMS a capacidade de gerenciar, também, tarefas cooperativas (a serem executadas por mais de um participante), estamos dotando-o com características/objetivos de SGWs.

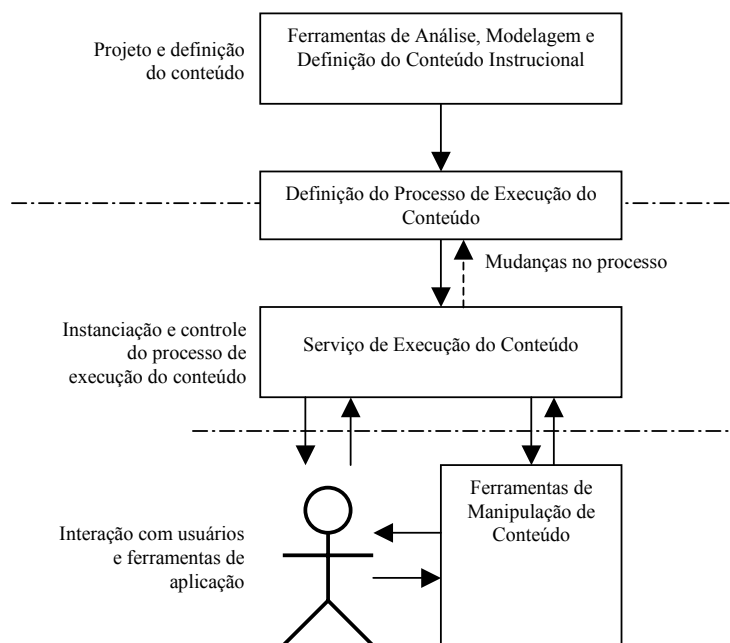
Em EAD, as atividades tipicamente executadas são: (1) elaboração de conteúdo instrucional (incluindo concepção, pesquisa, desenvolvimento, montagem, revisão, aprovação, registro e publicação); (2) definição das atividades no LMS; (3) execução do conteúdo pelos alunos, com possíveis cooperações entre eles e entre eles e os professores (atividades individuais, em grupo e coletivas) e (4) atividades de controle de execução do conteúdo, tais como, elaboração de estatísticas, avaliações individuais e de grupos, etc.

Os atores dessas atividades são os especialistas no desenvolvimento de conteúdo, os professores e monitores (humanos ou agentes de *software*) e os alunos. Os artefatos (digitais) manipulados durante a execução de um conteúdo são formulários, *browsers* ou *viewers*, editores diversos e objetos de aprendizado – LOs – compostos por arquivos de conteúdo (apresentações em PPT, arquivos PDF, MS-Word e texto, planilhas, animações MPEG, executáveis, dentre muitos outros), operações que permitem suas manipulações, os relacionamentos com outros LOs e restrições diversas. As rotas correspondem às seqüências das atividades necessárias ao aprendizado, podendo se classificar em rotas obrigatórias, facultativas, alternativas ou paralelas. As rotas são declaradas em tempo de criação do conteúdo. As regras eventualmente existentes

poderão impor condições para a execução de uma atividade, poderão, por exemplo, restringir o tempo de manipulação de um determinado componente ou, em uma situação extrema, excluir o aluno do programa (de aprendizado).

A figura 1, adaptada de [7] para LMSs com suporte de SGWs, ilustra as relações entre as principais funções (e respectivas áreas funcionais). É importante mencionarmos duas características importantes que não estão ilustradas na figura 1: (1) além de usuários do serviço de execução do conteúdo representados na figura, há usuários, também, para as ferramentas de análise, modelagem e definição do conteúdo instrucional e (2) o ambiente ilustrado representa uma visão integrada que os usuários têm do ambiente de EAD que pode ser, de uma forma geral, distribuído.

O tipo de *workflow* que atende à maior parte das necessidades e características de EAD é o transacional (também chamado de “*de produção*” [5] ou estruturado), pois possui uma estrutura de execução completamente definida em tempo de modelagem, mesmo considerando as alternativas possivelmente oferecidas aos alunos durante o tempo de execução.



**Figura 1. Características dos LMS com suporte à gestão de workflows (adaptação de Workflow Management Coalition The Workflow Reference Model, Document Number TC00-1003).**

Um objeto de aprendizado ou objeto de aprendizado reutilizável é [12] uma coleção re-utilizável de material usado para apresentar e dar apoio a um único objetivo de aprendizado ou [13] um *pequeno componente instrucional* que pode ser usado para suportar o aprendizado em *ambientes diferentes* ou, ainda, [14] é qualquer entidade, digital ou não-digital, que pode ser usada para aprendizado, educação ou treinamento. Em nossas pesquisas tratamos, exclusivamente, de entidades digitais. Nessas definições, um *pequeno componente instrucional* é um módulo ou lição que se propõe a ensinar um

conceito específico, fato, procedimento, processo ou princípio. *Ambiente diferente* significa que um objeto de aprendizado pode ser usado/executado em LMSs diferentes.

Um criador de conteúdo pode criar um novo conteúdo ou montá-lo através de uma composição apropriada de LOs pré-existentes. A idéia, nesse caso, é minimizar a duplicação do esforço de produção desses componentes de ensino que é, em geral, bastante custosa (os módulos podem conter apresentações multimídia, simulações e animações). LOs provêm, além de outras vantagens ([4], [6] e [15]), uma grande flexibilidade na organização de material de ensino.

Os LOs e seus componentes são, tipicamente, descritos através de *tags* (etiquetas) XML definidas por um conjunto de padrões internacionais e diretrizes de especificação e armazenados em repositórios (os metadados). As *tags* auxiliam os mecanismos de localização de objetos quando o usuário solicita uma busca no repositório. Com o intuito de disciplinar a definição do conteúdo dos LOs, permitindo a uniformização e ampliando a qualidade da base de LOs e também a re-utilização ampla dos mesmos (independentemente até do LMS usado), várias organizações procuram criar padrões para metadados de LOs. Através da especificação de um esquema conceitual comum entre metadados de LOs, representações desses metadados através de linguagens conhecidas, como XML, por exemplo, terão melhor grau de interoperabilidade semântica [16]. São vários os padrões existentes hoje em dia. Destacam-se, dentre todos, o LOM (*Learning Object Metadata*) do IEEE Learning Technology Standards Committee (LTSC), o IMS do IMS Global Learning Consortium e o SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*), da ADL Advanced Distributed Learning. O padrão do IMS se baseia no LOM, descrevendo-o em XML, e o SCORM adota a descrição em XML do IMS (chamada de *Metadata XML Binding*) para compor um de seus “livros”. Adotamos, em nossos estudos, o padrão do IMS.

O modelo de dados de LOs que adotamos em nossas pesquisas, a maneira destes se agregarem formando outros conteúdos, a descrição detalhada dos campos do padrão LOM do IEEE e as definições e conceitos adotados pelo grupo de pesquisas do TecBD encontram-se apresentados em detalhes em [4] e [6].

### **3. O Projeto PGL.**

PGL é o acrônimo para *Partnership in Global Learning* (Parceria no Aprendizado Global), uma iniciativa internacional que busca produzir, através de parcerias em todo o mundo, aprendizado melhorado tecnologicamente, a ser distribuído a nível mundial e visando, com o uso de tecnologia, uma aceleração nos avanços econômico, social e cultural. Considerando a missão e o escopo do projeto PGL, os pesquisadores da área de banco de dados das universidades participantes do projeto (The University of Florida – UF, Fundação Getúlio Vargas – FGV-SP, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey – ITESM) entenderam que uma abordagem de banco de dados deveria ser adotada para dar suporte aos serviços e soluções propostos no projeto. Dessa forma, em abril de 2002, esse grupo de pesquisadores, além de outros colaboradores, reuniu-se na PUC-Rio para avaliar a agenda de pesquisas em bancos de dados para o projeto PGL. Desse encontro resultou o documento [17].

Os três aspectos que, segundo [17], dão foco à pesquisa em banco de dados no PGL estão no próprio nome do projeto.

O aspecto *parceria* refere-se ao desenvolvimento, colecionamento e integração de conteúdo multimídia e serviços de muitas fontes, de forma colaborativa. A organização do projeto, em si, também requer a execução de atividades de forma colaborativa. Dessa forma o projeto PGL necessita de tecnologia de banco de dados, que tem capacidade de dar suporte adequado ao trabalho em grupo e de armazenar e recuperar, de forma confiável e eficiente, os conteúdos e serviços relacionados ao projeto. Essa *acessibilidade* das informações é requerida, dentre outras razões, pelas constantes mudanças necessárias para manter-se os conteúdos atualizados, em função do rápido avanço observado na quase totalidade das áreas do conhecimento humano, além, claro, da necessidade de um acesso rápido aos conteúdos por parte dos alunos;

*Global*, nesse contexto, diz respeito às idéias de que os conteúdos de aprendizado podem referir-se a qualquer domínio do conhecimento, de que os usuários podem estar em qualquer parte do mundo e de que o ambiente é baseado na *web*. Isso requer uma visão unificada e integrada de conteúdo distribuído e heterogêneo, onde é necessário lidar-se com questões de internacionalização e localização. Em função da extensão geográfica do projeto, pressupomos que existirão plataformas tecnológicas distintas e que se deva adotar um padrão de interface comum a todas elas. Além disso, é importante que se possa reusar, de forma transparente (independente da localização física) o conteúdo desenvolvido por outros parceiros no PGL;

*Aprendizado* e os aspectos relativos à modelagem e processamento de conteúdo englobam itens como o desenvolvimento de objetos e módulos de aprendizado, de tal forma que o conteúdo e ferramentas possam ser facilmente adaptados às necessidades e currículos dos professores e alunos, assim como facilmente disponíveis, independentemente das suas localizações físicas.

Colaborando, ainda, para a abordagem de banco de dados, encontram-se os avanços recentes nas tecnologias de armazenamento, que permitem a gerência eficiente de conteúdos de naturezas diversas, como texto, som e vídeo. Esses avanços já permitem que a comunidade do PGL crie um repositório global no qual o conteúdo modular de multimídia, originado de várias fontes, possa ser usado por todos os parceiros e usuários do PGL. Esse sistema de banco de dados é visto como o componente-núcleo de um ambiente multimídia para EAD globalmente distribuído, que seria usado para dar suporte às atividades meio e fim necessárias ao cumprimento da missão do PGL. O PGL é, com isso, altamente dependente de recente tecnologia de banco de dados não convencional e dos recentes esforços de pesquisa sobre LOs. Mais detalhes sobre o projeto encontram-se em <http://www.pgl.ufl.edu/>.

#### **4. Visão Geral do Ambiente Proposto**

O ambiente proposto é baseado na *web* (*web-based*). As cinco universidades fundadoras do projeto PGL estarão conectadas através de infra-estrutura de comunicação a ser ainda definida. Os beneficiários finais poderão usar os recursos do PGL através da Internet. A esse ambiente demos o nome de *ambiente de banco de dados do PGL*. A figura 2 ilustra.

Dividimos os usuários do ambiente do PGL nas seguintes classes: os **Administradores e desenvolvedores** serão responsáveis pela manutenção do BD em funcionamento (ABDs), deverão corrigir problemas e desenvolver/manter as ferramentas de persistência e registro de conteúdos e *middleware* para integração. Os administradores serão, também, responsáveis por manter os dados dos participantes do âmbito interno (mantenedores, desenvolvedores e professores). Os **provedores de conteúdo** submeterão conteúdos para serem armazenados no BD, identificando-os e descrevendo-os de forma apropriada e padronizada. Os **desenvolvedores de aplicações gerais** pesquisarão conteúdos no ambiente de banco de dados do PGL, comporão conteúdos em outras hierarquias (lições, módulos, etc.), definirão os fluxos de trabalho (*workflows*), os grupos, os papéis necessários e respectivas responsabilidades e descreverão e publicarão os conteúdos. Os **professores e monitores** cadastrarão e manterão os dados dos alunos dos programas de aprendizado pelos quais sejam responsáveis, associarão os possíveis papéis aos participantes, definirão os componentes dos grupos e suas responsabilidades, responderão perguntas, suprirão aos alunos artefatos adicionais, avaliarão respostas a questões discursivas, agendarão, iniciarão e coordenarão sessões coletivas, marcarão “pontos de encontro”, etc. Professores poderão ser especializados como *professores coordenadores*, que irão associar professores e monitores a programas de aprendizado (tornando aqueles responsáveis por estes). Os **usuários finais** (alunos e público em geral) poderão visualizar e executar os conteúdos publicados.

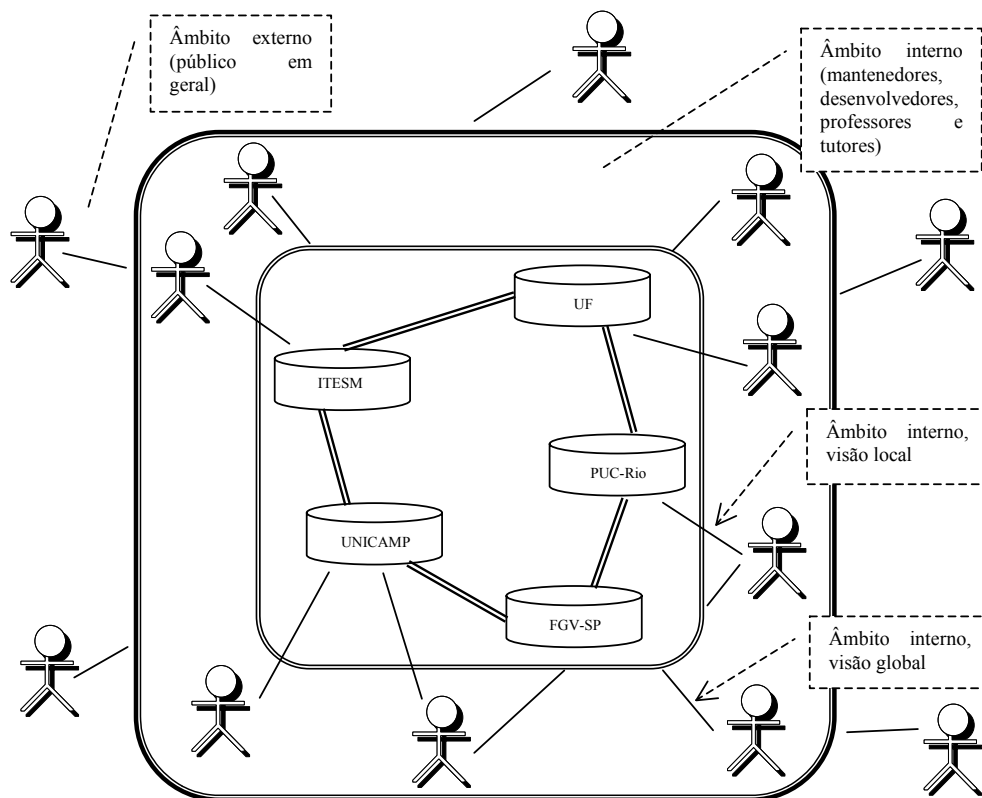


Figura 2. Ambiente de Banco de Dados do PGL

Quanto às funcionalidades necessárias:

Todos os usuários precisarão de **autenticação** para acesso ao ambiente. Essa autenticação recuperará seus perfis, dos quais o “*home site*” e os conjuntos de permissões farão parte. No caso de execução colaborativa de conteúdo, dos perfis dos participantes farão parte, também, os respectivos estados de execução e agendas.

Os provedores de conteúdo precisarão de ferramentas de **manutenção, consulta e publicação** dos conteúdos e seus registros (esses no padrão IMS). Esses conteúdos serão os do nível atômico (ALOs, vide [4]) e os provedores atuarão localmente, em seus respectivos *home sites*. As alterações e remoções deverão ser feitas de forma que a consistência no banco de dados do PGL seja mantida a nível global. Como auxílio e *feedback* ao desenvolvedor, deverá ser possível a consulta às relações de dependência entre os ALOs e os LOs que a eles referenciam, bem como a **estatísticas** de uso.

Os desenvolvedores de aplicações gerais precisarão de ferramentas de **pesquisa** (a nível global) e **montagem** de conteúdo a partir dos LOs e ALOs disponíveis. Precisarão, também, de recursos para **modelagem de fluxos** de trabalho, quando a colaboração com troca de artefatos entre participantes for necessária. Rotinas de **inclusão e registro** de LOs, **substituição** de conteúdo, **alteração** de registro, **remoção, consulta e publicação** dos conteúdos deverão existir. Esses usuários, portanto, atuarão, tanto localmente em seus *home sites*, quanto globalmente (caso das pesquisas). Deverão, também, estar disponíveis aos desenvolvedores rotinas de elaboração de **estatísticas** de uso de LOs e de consultas às referências feitas a cada um dos LOs.

Os professores e monitores contarão com módulos de manutenção dos dados dos alunos, além de seus bloqueios e desbloqueios, consulta à definição das associações de alunos a papéis, grupos e responsabilidades, definição das respectivas agendas e definição de pontos de encontro no tempo. Deverão dispor, também, de ferramentas integradas ao ambiente para comunicação (texto e/ou voz) e de envio e recepção de artefatos digitais. Para a avaliação de desempenho dos alunos que não possa ser feita automaticamente, deverá ser possível que os professores tenham acesso para alteração dos boletins dos alunos. Deverão existir mecanismos que permitam o acompanhamento do aprendizado por parte dos professores/monitores, havendo a possibilidade desse acompanhamento ser feito através de tutores eletrônicos e outros agentes de *software*, de mecanismos para auxílio no controle dos fluxos de trabalho e para a geração de relatórios de aproveitamento de aprendizado.

Finalmente, os alunos disporão de ferramentas de **execução** de conteúdos. Como o ambiente será *web*, os *links* para os documentos serão colocados em páginas e, quando selecionados, dispararão as respectivas aplicações de visualização/navegação que deverão estar previamente acopladas aos *browsers*. *Applets* Java terão particular importância no estabelecimento de um canal de comunicação mais efetivo entre as aplicações servidoras e os usuários. A tecnologia de *upload* de arquivos binários, via http, terá grande importância quando a colaboração for necessária, na medida em que a contribuição de um participante, quando na forma de um arquivo binário, pode ser *direcionada*, automaticamente pelo sistema, para outro participante. Deverão estar idealmente disponíveis aos usuários, ferramentas de *chat* e de correio eletrônico integradas no mesmo ambiente *web*.



Quanto à integração de dados, tanto os usuários do âmbito externo quanto os do âmbito interno (esses para efetuarem pesquisas de LOs) do ambiente precisarão ter uma visão integrada do ambiente. As bases de LOs comporão um sistema semi-autônomo [18], onde cada banco de dados (um para cada nó do ambiente do PGL) fará parte de uma federação de BDs fortemente acoplados ([19]) que possuirá um mecanismo de acesso integrado, não só às informações de descrição dos LOs usadas na fase de construção do conteúdo, quanto aos conteúdos propriamente ditos, durante suas execuções. Quanto à distribuição, trata-se de um sistema completamente distribuído, na medida em que não vemos a necessidade de qualquer distinção entre papéis de cada um dos nós de produção e armazenamento de LOs da rede. Entendemos que se trata, também, de um sistema de banco de dados heterogêneos (tecnologias diferentes, porém sem heterogeneidade semântica). Sendo assim, devemos definir uma camada de *software* operando junto a cada base, que permite a *homogeneização* dos dados e provê o acesso a cada BD de forma padronizada, resolvendo, com isso, parte do problema de *integração* dos dados. A busca de soluções adequadas para integração de dados em ambientes complexos, principalmente após o advento da WWW e, sobretudo, mais recentemente, após o advento da XML, tem sido intensa. Referências importantes para esse assunto são [18] e [20].

Uma tecnologia que está sendo bastante discutida nos âmbitos acadêmico e comercial nos dias de hoje é a tecnologia de serviços *web* (*web services*), com focos principais, até bem recentemente, em aplicações de comércio eletrônico e em interações *business to business* (B2B). Pesquisadores na área de BDs vislumbram a possibilidade de utilizarem-se serviços *web* como *middleware* para integração de dados. Serviços *web*, de forma geral, possuem diversas vantagens, como facilitar o reuso de *software*, o desenvolvimento de aplicações que executam transações envolvendo múltiplos sítios *web* e a de possuir especificações e implementações adequadas para serviços do tipo requisição/resposta ([21] e [22]). Aplicados na integração das bases de LOs do PGL podemos apontar, ainda, a vantagens a seguir: (1) proverá uma interface uniforme e independente da tecnologia (SGBD e ambiente operacional) usada para implementar os depósitos de LOs; (2) permitirá a pesquisa de LOs em paralelo a todas as bases de LOs do ambiente; (3) permitirá a manutenção de estados de execução através do uso de componentes de provimento de serviços que retêm estados (ou *stateful*) [23]; (4) permitirá o desenvolvimento de componentes em diversos níveis de abstração (em camadas), dando aos usuários as transparências de usos necessárias, com nível de reuso potencialmente alto e (5) possibilitará o acesso aos serviços, tanto a partir de programas de aplicação, no estilo “aplicação *Windows*”, quanto a partir de *browsers web*.

Como os sítios do PGL serão em número reduzido, cada um deles será conhecido dos demais e os serviços oferecidos por todos os sítios serão os mesmos, a tarefa de *descoberta* dos serviços não será necessária, podendo ser omitida a camada UDDI.

Os elementos gráficos disponíveis na UML para o desenvolvimento de diagramas de atividades (DAs) permitem que modelemos os aspectos estruturais e funcionais de *workflows* estruturados [5], que, julgamos, serão os casos do ambiente do PGL. Nossa proposta é de usarmos as seqüências de atividades, *forks*, junções, desvios e intercalações dos DAs da UML para modelarmos o fluxo de execução das atividades, especificando, assim, a *camada estrutural* da execução de conteúdos de aprendizado. É

necessário, ainda, que especifiquemos [24] a *camada temporal*, necessária à definição de restrições de horário, a *camada de dados*, que define os requisitos de dados de cada atividade e o fluxo de dados entre elas e a *camada de execução*, que agenda e controla as invocações de tarefas e a distribuição de artefatos.

Quanto aos possíveis níveis de colaboração, às possíveis formas de execução de conteúdos e como estas poderão ocorrer, poderão ocorrer dois casos extremos [6]: (1) o “confinamento solitário”, onde não há qualquer colaboração e interação entre participantes, e todo o conteúdo, após carregado na estação de trabalho do executor, poderá ser executado *offline*, e (2) o caso de um ambiente onde há plena colaboração e troca de artefatos entre todos os participantes, requerendo que uma parte mais significativa da interação dos participantes com o ambiente seja feita com eles *online*.

## 5. Aspectos da Implementação do Ambiente Proposto

Como já mencionamos anteriormente, o ambiente utiliza as tecnologias usadas na *web* (*browsers*, servidores de páginas e protocolos).

Identificamos, no nível conceitual, trinta e um casos de uso e temos descritos nove a serem implementados de imediato (Autenticar Usuário, Registrar ALOs, Consultar ALOs, Cadastrar Participantes no Âmbito Interno do PGL, Remover ALOs, Compor Conteúdo, Pesquisar Conteúdo, Participar de Sessão Coletiva e Ativar Programa). Também foram identificadas sete classes de usuários (atores). Em [6] encontram-se o diagrama de casos de usos e o de classes, bem como as descrições dos nove casos de uso relacionados acima.

Estamos, no momento, desenvolvendo um *framework* de camada de persistência, pesquisa e recuperação de LOs para possibilitar o uso de diferentes SGBDs de mercado. O ambiente operacional escolhido para implantação dos protótipos dos módulos de servidores foi o Conectiva Linux 8.0. Estamos definindo a estrutura de dados para suporte aos *workflows*, que será apresentada em outro trabalho.

## 6. Comparação Com Outro Ambiente

Entre os ainda poucos sistemas existentes que têm características semelhantes, ou seja, ser ambiente de ensino a distância *web based*, permitir o reúso de LOs que são armazenados em mais de uma biblioteca digital e fazer o acesso às bibliotecas de forma transparente ao usuário, temos o *Instructional Architect* (IA), da Universidade Estadual de Utah (EUA). Analisamos o IA frente as características propostas para o nosso ambiente.

Consultando a documentação sobre interoperabilidade disponível em [25], vimos que o IA define um conjunto próprio de metadados, o que diverge da do consenso de que se deva adotar um padrão aberto (em nossa implementação, como dissemos, estaremos adotando o padrão IMS) para a descrição de recursos instrucionais armazenados em bases de LOs. Aparentemente o pessoal da Universidade Estadual de Utah também compartilha desse pensamento, pois ações nesse sentido vêm sendo conduzidas pelo projeto eduCommons ([26] e [27]).

No nosso entender, falta no IA uma infra-estrutura de gerência de *workflows*, com controle de execução de tarefas, persistência de estados de execução, agenda,

envio/recepção automáticos de artefatos, etc., conforme propomos para o ambiente do PGL.

Finalmente, no ambiente que propomos, existe uma flexibilidade maior na definição da estrutura de execução de um conteúdo, já que imaginamos, também, a possibilidade de execuções alternativas, além das possibilidades “em seqüência” e “em paralelo”.

## 7. Conclusões e Trabalhos Futuros

Nesse trabalho apresentamos alguns resultados das pesquisas do grupo do Laboratório de Tecnologia de Banco de Dados (TecBD) da PUC-Rio em tecnologias de banco de dados para suporte a aplicações de EAD. Nossos esforços foram orientados para aplicação no projeto PGL, o qual descrevemos e para o qual buscamos definir uma proposta de arquitetura.

Embora represente um marco final dentro de uma seqüência, o presente trabalho também representa um começo em outra seqüência, porque ainda há muito trabalho de pesquisa e implementação a ser feito, já que pretendemos implementar, por completo, um ambiente de banco de dados distribuídos baseado em *workflows* e objetos de aprendizado.

## Referências

- [1] Phillips, V., Selecting an Online Course Authoring System: Corporate Markets, <http://www.geteducated.com/articles/corpath.htm>, acesso em janeiro de 2002.
- [2] Sizilio, G. R. M. A., Técnicas de Modelagem de Workflow Aplicadas à Autoria e Execução de Cursos de Ensino a Distância. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Informática, novembro de 1999.
- [3] Sizilio, G. R. M. A., Edelweiss, N., Modelo de Autoria de Cursos de Ensino a distância. Revista Brasileira de Informática na Educação, no. 8, Abril/2001.
- [4] Pereira, L. A. M., Porto, F. A. M., Melo, R. N., Objetos de Aprendizado Re-Utilizáveis: Conceitos, Padronização, Uso e Armazenamento, PUC-Rio, 2003.
- [5] Pereira, L. A. M., Casanova, M. A., Sistemas de Gerência de *Workflows*: Características, Distribuição e Exceções, PUC-Rio, 2003.
- [6] Pereira, L. A. M., Melo, R. N., Um Ambiente de Banco de Dados Para Ensino a Distância Baseado em *Workflows* e Objetos de Aprendizado, PUC-Rio, 2003.
- [7] *Workflow* Management Coalition. The *Workflow* Reference Model, document number TC00-1003, 1995. <http://www.wfmc.org/>
- [8] Moro, M. M., "*Workflow*" em [www.inf.ufrgs.br/~mirella/workflow/work.html](http://www.inf.ufrgs.br/~mirella/workflow/work.html), acesso em dezembro/2001
- [9] Georgakopoulos, D., Amit, S., An Overview of *Workflow* Management: From Process Modeling to *Workflow* Automation Infrastructure. Distributed and Parallel Databases, no. 3, 119-152, 1995.
- [10] Böszörményi, L.; Groiss, H.; Eisner, R., Adding Distribution to a *Workflow* Management System.

- [11] Araujo, R. M.; Borges, M. R. S., Sistemas de *Workflow*, XX Jornada de Atualização em Informática, Congresso da SBC – 2001.
- [12] Jacobsen, P. E-learning Magazine, <http://www.elearningmag.com/elearning/article/articleDetail.jsp?id=504>, acesso em dezembro/2002.
- [13] National University of Singapore, Centre for Instructional Technology, Courseware Development/EDtech, <http://courseware.nus.edu.sg/Standards/rlo.asp>, acesso em maio/2002.
- [14] IEEE P1484.12.1/D6.4 Draft Standard for Learning Object Metadata, IEEE, março/2002.
- [15] Barrit, C., Reusable Learning Object Strategy, version 4.0, Cisco Systems, november 2001.
- [16] IEEE P1484.12.1/D6.4 Draft Standard for Learning Object Metadata, IEEE, 4 de março de 2002.
- [17] Melo, R. N. et al; I PGL Database Research Workshop Report, abril de 2002.
- [18] Özsu, T., Valduriez, P., Princípio de Sistemas de Bancos de Dados Distribuídos, tradução da 2a. edição americana, 2001, Editora Campus.
- [19] Uchoa, E. M. A., *Framework* para Integração de Sistemas de Bancos de Dados Heterogêneos, tese de doutorado, Departamento de Informática, PUC-Rio, 1999.
- [20] Abiteboul, S., Buneman, P., Suciú, D. Data on the Web: From Relations to Semistructured Data and XML, Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems, 2000.
- [21] Aberdeen Group, Inc., e-Business Infrastructure Integration: Practical Approaches; An Executive White Paper, November 2001, <http://www-3.ibm.com/e-business/doc/content/resource/pdf/48153.pdf>, dezembro/2002.
- [22] Meehan, M., Data Integration and Web Services, Computerworld, abril de 2002, <http://www.computerworld.com/databasetopics/data/story/0,10801,70043,00.html>.
- [23] M. Mecella, B. Pernici: Designing Wrapper Components for E-Services in Integrating Heterogeneous Systems. VLDB Journal, vol. 10, no. 1, 2001, pp. 2-15.
- [24] Mangan, P., Sadiq, S., On Building Workflow Models for Flexible Processes, Proceedings of the Thirteenth Australasian Database Conference (ADC2002), Janeiro/2002.
- [25] Interoperability Specifications: How to enable your digital library users to access Instructional Architect, disponível em <http://ia.usu.edu/gotoia/useIASpec.php>, acesso em Janeiro/2003.
- [26] The Reusability, Collaboration, and Learning Troupe (RCLT), Utah State University, <http://rclt.usu.edu/research.html>, acesso em janeiro/2002.
- [27] The EduCommons Project, Utah State University, consulta a <http://educommons.org/> feita em janeiro de 2003.