

Projeto de Uma Biblioteca Digital Multimídia Usando Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados Distribuídos

II Workshop de Engenharia de Software e Bases de Dados

Cristiano Roberto Cervi¹, Jaqson Dalbosco¹, Juliano Tonezer da Silva¹, Willingthon Pavan¹, Lidinei Domeneghini¹

¹Instituto de Ciências Exatas e Geociências – Universidade de Passo Fundo (UPF)
Caixa Postal 611 – 99.001-970 – Passo Fundo – RS – Brasil
{cervi, jaqson, tonezer, pavan}@upf.br, lidinei@compasso.com.br

Abstract. In this work some characteristics of the distributed database, its forms of distribution, some advantages and disadvantages of the use of this technology are presented, as well as concepts and characteristics of the digital libraries. The form of storage and recovery of archives multimedia also are presented. Finally, the development of a multimedia digital library is described using distributed database.

Key Words: Distributed Database, Digital Libraries, Multimedia Data.

Resumo. Neste trabalho são apresentadas algumas características de banco de dados distribuídos, suas formas de distribuição, algumas vantagens e desvantagens da utilização dessa tecnologia, bem como conceitos e características das bibliotecas digitais. A forma de armazenagem de arquivos multimídia e como os mesmos podem ser recuperados, também são apresentados. Por fim, o desenvolvimento de uma biblioteca digital multimídia é descrito utilizando banco de dados distribuídos.

Palavras Chave: Banco de Dados Distribuídos, Bibliotecas Digitais, Dados Multimídia.

1. Introdução

O crescente avanço tecnológico e o grande aumento do volume de informações armazenadas, não mais de forma centralizada, possibilitam, atualmente, uma maior utilização de bancos de dados distribuídos (BDD).

Um BDD nada mais é do que a união de duas grandes áreas da computação: a tecnologia de banco de dados em conjunto com as redes de computadores. A utilização de BDD pode proporcionar, em relação aos bancos de dados centralizados, maior autonomia, maior disponibilidade, aumento de performance e ainda permitir o compartilhamento dos dados por diferentes nós de uma rede, seja ela uma rede local ou não.

O armazenamento de dados multimídia, quer seja em um banco de dados centralizado ou em um BDD, tem aumentado significativamente nos últimos anos. Tal aumento está ligado com a grande utilização de arquivos multimídia por parte da população mundial, quer seja no meio acadêmico, empresarial ou até mesmo nas residências das pessoas. A utilização cada vez mais acelerada de tais tipos de arquivos, como imagens, sons e vídeos, necessita a implementação de sistemas mais complexos, que tem como princípio a manipulação de dados que exigem uma grande capacidade de armazenamento e recuperação.

Como grandes fontes de informação, as bibliotecas digitais estão sendo cada vez mais utilizadas para armazenagem, busca e recuperação de informações. Uma biblioteca digital pode ser considerada como uma coleção de informações processáveis pelo computador ou um repositório para tais informações. Quando uma biblioteca digital armazena dados multimídia, ela pode ser chamada de biblioteca digital multimídia.

Pensando na união das tecnologias de banco de dados distribuídos, bibliotecas digitais e dados multimídia, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento de uma biblioteca digital multimídia utilizando banco de dados distribuídos.

2. Banco de Dados Distribuídos

Vários conceitos têm sido apresentados para definir banco de dados distribuídos, mas de forma geral todos eles tentam representar como é feito o armazenamento e o acesso a esses dados.

Couceiro e Barrenecha (1984), definem que “um sistema de banco de dados distribuídos (BDD) existe quando um banco de dados integrado logicamente (integração lógica significa que qualquer nó tem acesso potencial a todo o banco de dados) é fisicamente distribuído sobre diferentes nós de computação interligados por uma rede”.

Segundo Özsü e Valdureiez (2001), pode-se definir “um banco de dados distribuído como uma coleção de vários bancos de dados logicamente inter-relacionados, distribuídos por uma rede de computadores”.

Visualizando de outra maneira esses conceitos, um banco de dados distribuído pode ser definido como o somatório de um conjunto de bancos de dados que foi preparado para poder comunicar-se com diferentes nós de uma rede, separados fisicamente, que possuem autonomia local e que juntos formam um único banco de dados.

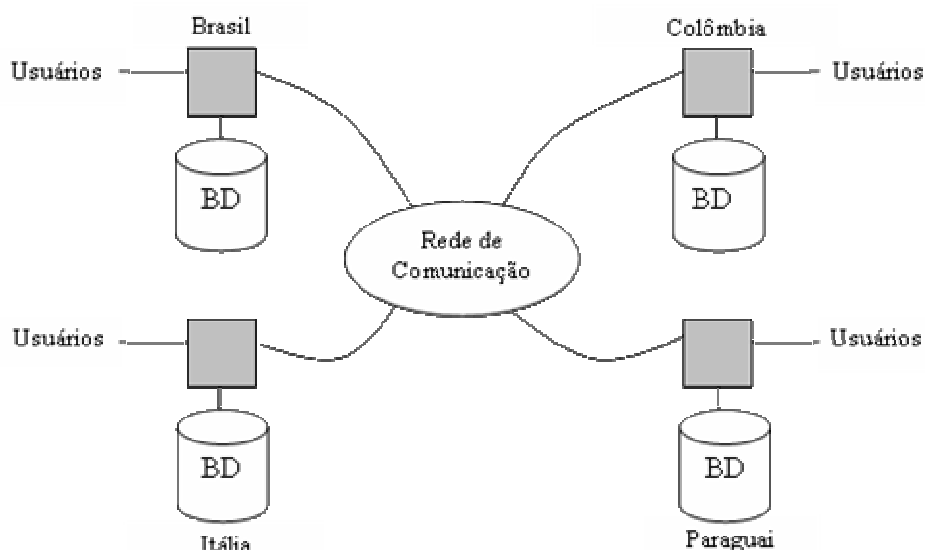


Figura 1. Um sistema de banco de dados distribuídos típico.

O exemplo da Figura 1 retrata um típico sistema de banco de dados distribuído, onde cada localidade possui seu próprio banco de dados e seu próprio sistema de gerência do banco

de dados. Cada banco de dados está inter-relacionado pela rede de comunicação com os demais bancos de dados.

Para se compreender BDD é preciso entender como os dados são distribuídos através da rede. A distribuição dos dados é feita através do processo de fragmentação, que é a divisão dos dados que se encontram dispostos em uma tabela e a distribuição desta divisão em diferentes nós da rede. Essa fragmentação pode ser feita de maneira horizontal, vertical ou mista.

Na fragmentação horizontal particiona-se uma relação em suas linhas, ou seja, cada fragmento será portador de um conjunto de registros de uma determinada relação ou de uma simples tabela. Para Silberschatz, Korth e Sudarshan (1999), a relação r é particionada em um número de subconjuntos $r1, r2, \dots, rn$. E cada linha da relação r deve pertencer a pelo menos um fragmento, de modo que a relação original possa ser reconstruída, se necessário.

A fragmentação vertical constrói seus fragmentos com base nos atributos de uma tabela. Para que seja possível fragmentar verticalmente uma tabela é necessário um atributo identificador, que caso não seja informado, este se valerá da chave primária da tabela. Na fragmentação vertical tem-se como objetivo particionar uma relação em conjuntos de relações menores, para que deste modo seja possível um aplicativo usuário atuar apenas sobre um fragmento. Segundo Özsü e Valdureiez (2001), o particionamento vertical é inerentemente mais complicado que o particionamento horizontal. Isso se deve ao número total de alternativas que se encontram disponíveis, que é muito maior do que o encontrado na fragmentação horizontal.

Existem casos em que somente a utilização da fragmentação vertical ou a fragmentação horizontal não são suficientes para satisfazer as necessidades de um aplicativo. Nesses casos utiliza-se a fragmentação vertical e horizontal em conjunto, sempre uma após a outra. Esta alternativa é conhecida como fragmentação mista ou híbrida.

3. Armazenamento de Dados Multimídia

O termo multimídia refere-se aos múltiplos meios através dos quais a informação é armazenada, transmitida, apresentada ou percebida. Sistemas de banco de dados multimídia são sistemas utilizados para armazenar e gerenciar dados multimídia. Tais sistemas têm as mesmas funcionalidades gerais de qualquer sistema de banco de dados com a diferença de terem que gerenciar dados multimídia.

Um tipo de dado é representado através de uma estrutura de dados e as operações que podem ser executadas sobre ele. Para que um sistema de gerência de banco de dados multimídia reconheça um tipo de dado, este banco deve permitir que um usuário possa executar operações de leitura e gravação sobre este tipo. Em um banco de dados multimídia, os tipos suportados podem ser textos, imagens, objetos gráficos, vídeo e áudio.

De acordo com Griffioen (1996), dados multimídia necessitam de novas técnicas para indexação e busca. Para simplificar o mecanismo de busca e aumentar a interatividade, muitos sistemas empregam um mecanismo de metadados, pois a característica principal dos dados multimídia é que eles consistem de dois componentes: os dados e a informação semântica contida nesses dados. Como exemplo pode-se citar a pesquisa pela cadeia de caracteres alfanumérica 'aeiou' onde a busca é direta. Porém, a pesquisa por uma imagem ou por um som requer a habilidade de acessar o conteúdo semântico. Esse conteúdo semântico é denominado metadado.

Muitos dados multimídia contêm dois tipos de metadados que podem ser indexados. No primeiro, a informação multimídia é armazenada como informação de registro, como por exemplo: quando a imagem foi criada, onde o vídeo foi filmado, quem gravou o áudio, etc. No segundo, as informações multimídia contêm informações semânticas que devem ser extraídas manual ou automaticamente.

A vantagem de se utilizar metadados é que essa abordagem permite ao usuário examinar o conteúdo da base de dados sem ter que recuperar dados muito grandes. Existem vários requisitos que um esquema de gerenciamento de metadados deve atender para suportar aplicações multimídia. São necessários serviços básicos para suportar identificação, localização, nomeação e distribuição de objetos e ainda, modelos de aplicações específicas são necessários para suportar funcionalidade nas aplicações (Little, 1994).

3.1. Armazenamento

Segundo França (2002), o armazenamento de dados multimídia em dispositivos sem qualquer padronização apresentam algumas dificuldades, como por exemplo: o problema de representação, mapeamento utilizados para disponibilizar hierarquias, compressão, arquivamento e buffering ocorridos durante a operação de entrada/saída. O armazenamento de arquivos multimídia pode ser feito através de campos especiais capazes de armazenar arquivos binários, como os campos do tipo BLOB (*Binary Large Object*).

3.2. Consultas e Recuperação

De acordo com Grosky (1997), as informações são recuperadas pelos SGBDs através de consultas estruturadas por índices. As informações são recuperadas através de palavras-chaves ou por índices pré-definidos. O modo como as imagens, dados de vídeo e dados de áudio são recuperados, são motivos de discussão, pois isso envolve muitas questões, entre elas a formulação eficiente de consultas e a execução e otimização de consultas. As técnicas padronizadas de otimização precisam ser modificadas para operar com tipos de dados multimídia.

3.3. Desempenho

Para Newman (2003), as restrições de desempenho são subjetivamente determinadas pelo usuário em aplicações que envolvem texto. Para aplicações que envolvem vídeo ou sincronização de áudio-vídeo, limitações físicas exercem o domínio. Técnicas e algoritmos para a otimização de consultas podem calcular o tempo de resposta esperado antes mesmo de se iniciar a consulta.

4. Bibliotecas Digitais

O conceito de biblioteca digital representa um processo gradual e evolutivo resultante da utilização do computador nas últimas décadas. Elas surgem como uma resposta ocasionada pela explosão da quantidade de informação, disponíveis na Internet, sendo este um dos maiores fenômenos em termos de processamento da informação dos últimos anos.

Bibliotecas Digitais, para Rosetto (2002), é aquela que contempla documentos gerados ou transpostos para o ambiente digital (eletrônico), um serviço de informação (em todo tipo de formato), no qual todos os recursos são disponíveis na forma de processamento eletrônico (aquisição, armazenagem, preservação, recuperação e acesso através de tecnologias digitais).

Por sua vez Lesk (1997), apud Pinheiro (2002), afirma que “bibliotecas digitais são coleções organizadas de informação digital. Combinam estrutura e conjunto de informação de bibliotecas e arquivos, com a representação digital que computadores tornaram possível”.

4.1. Vantagens do Armazenamento Digital

O armazenamento digital amplia as possibilidades de pontos de acesso a um determinado documento. Nos sistemas manuais tradicionais e mesmo nos catálogos automatizados produzidos até o final dos anos 80, as descrições restringiam-se a dados sobre o autor, título e alguns cabeçalhos de assunto. Atualmente, dezenas de termos de indexação podem ser incluídos e também diversos níveis de representação do documento. Tais características agregam um alto grau de flexibilidade e qualidade na busca e recuperação da informação (Cardoso, 2000).

Como vantagens do armazenamento digital pode-se destacar a economia de espaço físico, a conservação do material de consulta (uma vez que não há desgaste devido ao manuseio dos livros e vandalismos das coleções em papel), melhor interação e autonomia do usuário com a estrutura do texto (possibilitando diversos cortes, junções, e diversos tipo de reformatação, ligações com hipertexto, etc.) e a facilidade de acesso, que pode ocorrer em qualquer que seja o local de acesso à informação para a conveniência do próprio usuário (Cardoso, 2000).

Também em adição ao texto impresso, novos tipos de artefatos informacionais integrarão o sistema digital: bibliotecas de fotografias, desenhos, ilustrações, peças de arte, sons e imagens, dentre outros. A capacidade de integrar informação (nos mais diversos formatos), bem como em recuperá-la e proporcionar, por meio de programas específicos, assistência ao usuário na sua localização mais rápida, será benefício muito grande para os estudiosos do futuro (Cardoso, 2000).

5. Biblioteca Digital Multimídia Utilizando Banco de Dados Distribuídos

A aplicação da tecnologia de BDD com armazenamento multimídia deste estudo foi demonstrada através do desenvolvimento de uma biblioteca digital multimídia. Pretendeu-se abordar a implementação com dois nós nos quais foram armazenados dados multimídia de forma distribuída.

5.1. O Projeto da Biblioteca Digital Multimídia

Para a distribuição dos dados se levou em consideração o poder computacional dos computadores. Dessa forma foram armazenados os arquivos multimídia de áudio e vídeo em um servidor com maior poder computacional e arquivos multimídia de imagem em outro servidor com menor poder computacional. O servidor http foi instalado no servidor com maior poder computacional, pois nesse, estarão sendo armazenados os arquivos multimídia de áudio e vídeo que possuem tamanho relativamente maior que os arquivos de imagem, evitando assim, a utilização da rede de comunicação de maneira desnecessária.

O banco de dados utilizado na aplicação foi o Oracle 10g. Para o desenvolvimento da aplicação foi utilizado o Framework Jakarta Struts, desenvolvido pelo grupo Apache, baseado na tecnologia J2EE da Sun Microsystems. O servidor de aplicação foi o OC4J da Oracle e como sistema operacional foi utilizado o Conectiva Linux 10.

O projeto propõe a implementação da aplicação utilizando-se dois tipos de arquitetura. A primeira foi implementada com a transparência do BDD, com o intuito de utilizá-lo como se fosse um banco de dados centralizado, onde o usuário não iria se preocupar se os objetos utilizados estariam sendo acessados remotamente ou localmente. A segunda implementação propõe que o acesso a qualquer objeto seja feito diretamente ao nó do BDD a qual ele pertence, onde a transparência somente seria utilizada quando necessária.

O modelo relacional da biblioteca digital é mostrado na Figura 2. Na cor laranja, são mostradas as tabelas que sofrem fragmentação horizontal e que tem sua estrutura comum nos dois nós do banco de dados. Já em azul, estão apresentadas as tabelas que fazem parte do nó do banco de dados que armazena informações e arquivos de Imagens. Por fim, na cor verde, são apresentadas as tabelas que servem para o armazenamento das informações sobre os arquivos multimídia de áudio e vídeo.

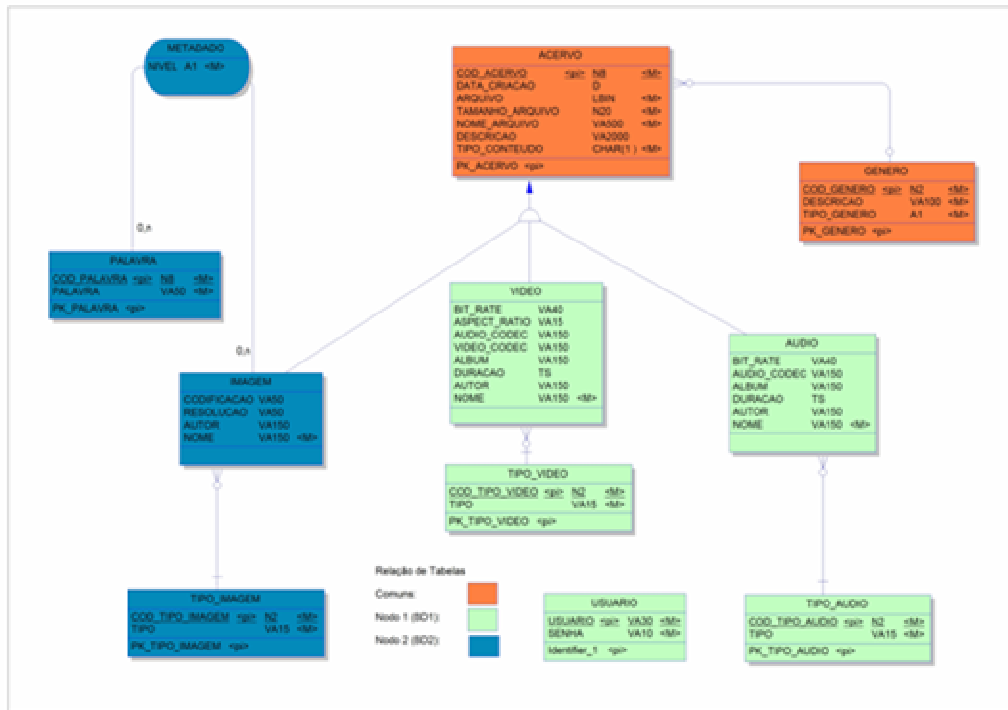


Figura 2. Modelo relacional.

5.2. Arquitetura do Projeto

A distribuição dos dados multimídia nos nós do banco de dados, em ambas as arquiteturas, foram feitas da seguinte maneira: o nó servidor (Servidor 1), além de ser servidor de aplicação, possui uma instância Oracle rodando, chamada de BD1. Essa instância é responsável pela maior carga dos dados multimídia, pois envolverá dados de áudio e vídeo. O outro nó (Servidor 2) possuirá, por sua vez, outra instância do Oracle rodando, chamada de BD2. Essa será responsável pelo armazenamento de dados multimídia do tipo imagem. Para o armazenamento dos dados multimídia foi utilizado o campo do tipo BLOB.

A transparência entre os dois bancos de dados dos servidores foi implementada através de um DBLINK (canal de comunicação entre bases de dados). Após termos os bancos de

dados comunicáveis entre si, para implementar a transparência entre os bancos de dados, foram utilizados sinônimos públicos e/ou visões para as tabelas.

5.3. Fragmentação

Em relação a forma de distribuição optou-se pela fragmentação horizontal. Essa fragmentação ocorre em duas tabelas do BDD, sendo elas Acervo e Gênero. A tabela Acervo, do BD1, armazena dados de arquivos de áudio e vídeo, enquanto a tabela Acervo, do BD2, armazena dados de arquivos de Imagens. A tabela, gênero do BD1, armazena os gêneros referentes a áudio e vídeo e a tabela Gênero, do BD2, armazena os gêneros referentes a Imagem.

5.4. Interface web

A manipulação da biblioteca digital se dá através de páginas web. Existe uma área pública onde está disponibilizada, para qualquer usuário, a pesquisa ao Acervo e, a área administrativa, onde é feita toda a manutenção do acervo da biblioteca. A separação entre área pública e área restrita, bem como a página inicial da aplicação pode ser visualizada na figura 3.

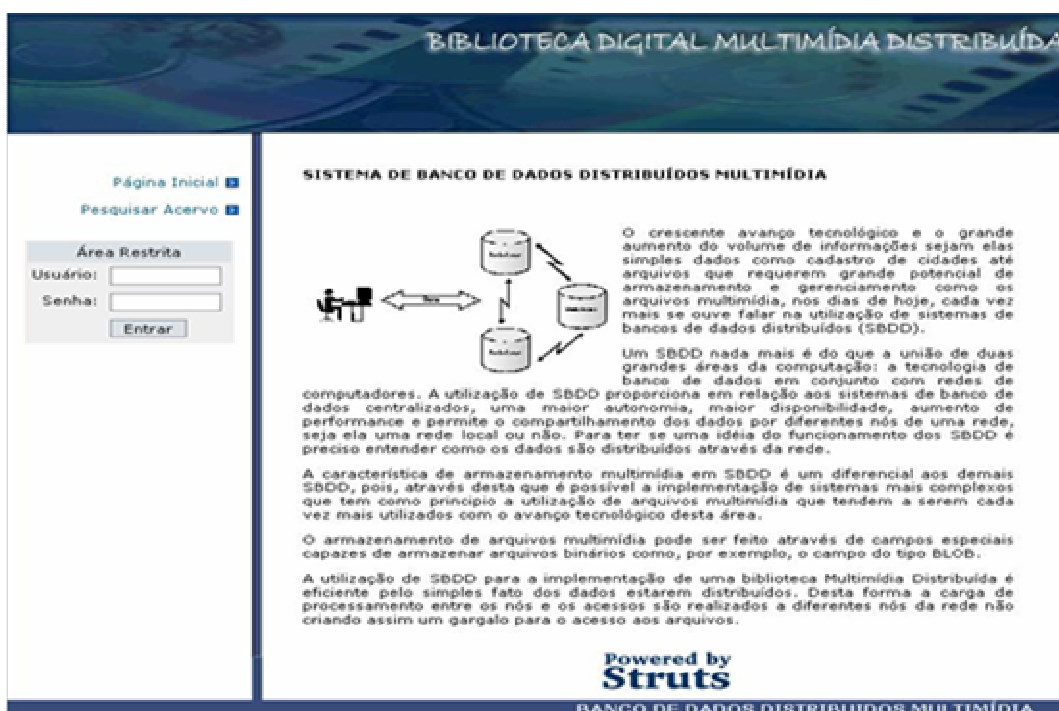


Figura 3. Página inicial da biblioteca digital multimídia.

5.7. Área Pública

A busca no acervo funciona selecionando o tipo de mídia desejado (áudio, imagem, vídeo). A seleção do tipo de conteúdo multimídia está sendo demonstrada na figura 4.

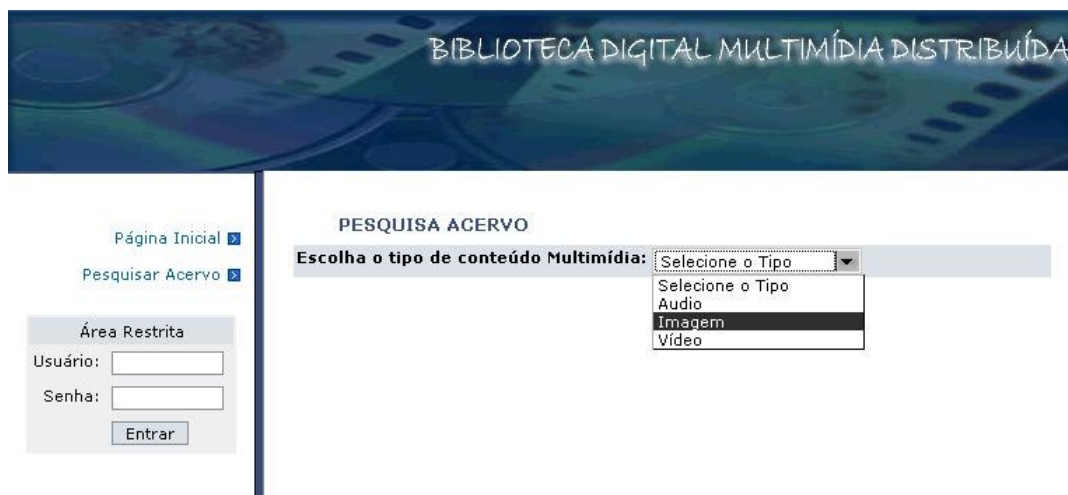


Figura 4. Seleção do tipo de Conteúdo.

Após esse procedimento, são listados os respectivos filtros para cada tipo de mídia. Se for áudio, o filtro é composto por nome (nome de exibição do áudio), autor (autor do áudio), gênero (gênero do áudio) e tipo (tipo de áudio definido pela extensão do arquivo). Se o tipo de mídia for imagem, o filtro é composto por nome (nome de exibição da imagem), composição (refere-se a composição da imagem ordenada pelo maior grau de composição que ela representa), gênero (gênero da imagem) e tipo (tipo de imagem definido pela extensão do arquivo). Já se o tipo de mídia for vídeo, o filtro é composto por nome (nome de exibição do vídeo), gênero (gênero do vídeo) e tipo (tipo de vídeo definido pela extensão do arquivo).

Os filtros não são de preenchimento obrigatório e para não sobrecarregar a aplicação os resultados são divididos em páginas, que serão mostradas através de um paginador desenvolvido especificamente para este trabalho. No resultado são mostradas as informações do arquivo além de disponibilizá-lo para *download*. Os filtros da pesquisa e seus resultados estão demonstrados na figura 5.

PESQUISA ACERVO

Escolha o tipo de conteúdo Multimídia:

Nome:

Autor:

Gênero:

Tipo:

Total: 7 Listados de: 1 a 5

Código	Nome	Tipo	Tamanho	
409	Aerials	ogg	27 KBs	Detalhes
414	Chop Suey	rmi	27 KBs	Detalhes
365	Kryptonite	mp3	3654 KBs	Detalhes
413	Shame	ogg	27 KBs	Detalhes
410	Spiders	rm	27 KBs	Detalhes

Detalhes do item selecionado:

- Autor: 3 Doors Down
- Album: Desconhecido
- Codec de Audio: MPEG Audio Layer-3
- Duração: 00:03:53
- Gênero: Pop Internacional
- Bit Rate: 128 Kbps
- Descrição: Essa música foi gravada 20 anos após terem escrito sua letra.
- Nome do Arquivo: 3 Doors Down - Kryptonite.MP3
- Data de Criação: 01/02/2005

BANCO DE DADOS DISTRIBUIDOS MULTIMÍDIA

Figura 5. Filtro de pesquisa e resultados paginados.

5.8. Área Administrativa

A área administrativa permite a manutenção dos itens do acervo e nela pode-se incluir, alterar, excluir e pesquisar itens que estão no acervo da biblioteca. A figura 6 ilustra os itens de menu da área administrativa com suas funcionalidades.

Bem-vindo **admin**

[Logout](#)

- [Página Inicial](#)
- [Pesquisar Acervo](#)
- [Incluir Item no Acervo](#)
- [Alterar Item do Acervo](#)
- [Excluir Item do Acervo](#)

SISTEMA DE BANCO DE DADOS DISTRIBUÍDOS MULTIMÍDIA

O crescente avanço tecnológico e o grande aumento do volume de informações sejam elas simples dados como cadastro de cidades até arquivos que requerem grande potencial de armazenamento e gerenciamento como os arquivos multimídia, nos dias de hoje, cada vez mais se ouve falar na utilização de sistemas de bancos de dados distribuídos (SBDD).

Um SBDD nada mais é do que a união de duas grandes áreas da computação: a tecnologia de

Figura 6. Área administrativa.

O procedimento para incluir, alterar e excluir é o mesmo utilizado na pesquisa, onde deve-se primeiro escolher o tipo de mídia que se deseja fazer a operação.

No caso da inclusão após selecionar o tipo de mídia, aparecerá o formulário respectivo para cada tipo de mídia. O formulário de Inclusão de item no acervo ilustrado pela figura 7.

The screenshot shows a web interface for a digital library. At the top, it says 'BIBLIOTECA DIGITAL MULTIMÍDIA DISTRIBUÍDA'. On the left, there is a sidebar with a welcome message 'Bem-vindo admin' and a 'Logout' button. Below that are several menu items: 'Página Inicial', 'Pesquisar Acervo', 'Incluir Item no Acervo', 'Alterar Item do Acervo', and 'Excluir Item do Acervo'. The main content area is titled 'INCLUI ITEM NO ACERVO'. It features a dropdown menu for 'Escolha o tipo de conteúdo Multimídia:' set to 'Audio'. Below this are several input fields: 'Nome:' (required), 'Autor:', 'Album:', 'Data de Criação:' (with a calendar icon), 'Duração:', 'Gênero:' (dropdown, required), 'Tipo:' (dropdown, required), 'Bit Rate:', 'Codec de Audio:', 'Arquivo:' (with an 'Arquivo...' button, required), and 'Descrição:'. A 'Cadastrar' button is at the bottom. A red asterisk note at the bottom of the form states '* campos de preenchimento obrigatório.' The footer of the page reads 'BANCO DE DADOS DISTRIBUIDOS MULTIMÍDIA'.

Figura 7. Formulário de inclusão (Áudio).

6. Considerações Finais

A partir do desenvolvimento da biblioteca digital multimídia foi possível demonstrar que é viável a utilização da tecnologia de banco de dados distribuídos com ou sem armazenamento de dados multimídia. Durante a pesquisa algumas limitações foram encontradas relacionadas à forma de armazenamento e a capacidade suportada pelo campo BLOB, visto que o banco de dados Oracle não suporta manipulação de arquivos binários por nós remotos do banco de dados distribuído e existe limitação de capacidade de armazenamento de 4 GB para cada campo.

A biblioteca digital multimídia proporciona um *layout* amigável e de fácil utilização por parte do usuário onde as informações são encontradas com facilidade e com grande nível de detalhamento. Para maior auxílio ao usuário foi desenvolvido um paginador para os resultados, disponibilizando de forma mais eficaz os resultados das solicitações, assim, evitando que os mesmos sobrecarregassem a aplicação.

Contudo, ao término deste estudo, constatou-se que a tecnologia de banco de dados distribuídos é algo que veio para ficar, principalmente quando se trata da implantação em empresas de médio e grande porte. Porém, por ser algo ainda novo quando se trata da sua implantação dentro das empresas, deve-se analisar a fundo quais serão as implicações que isso pode causar.

Por sua vez, o armazenamento de dados multimídia representa hoje uma área tecnológica ampla e que apresenta crescimento nas mais diversas aplicações, pois é capaz de oferecer características que permitem aos usuários armazenarem e pesquisarem diferentes tipos de informações multimídia. Percebe-se que a Biblioteca Digital Multimídia Distribuída implementada neste estudo representa um bom exemplo dessas aplicações.

Referências

- Cardoso, J. C. (2000) iLIB, Uma Proposta de Interface de Consulta Personalizável para Bibliotecas Digitais. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.
- Couceiro, L. A. C. C. and Barrenechea, H. F. S. (1984) Sistema de Gerência de Banco de Dados Distribuídos. Livros Técnicos e Científicos.
- França, M. B. (2002) Bancos de Dados Multimídia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Griffioen, J., Yavatkar, R. and Adams, R. (1996) Automatic and Dynamic Identification of Metadata in Multimedia. Disponível em: <<http://www.computer.org/conferen/meta96/adams/paper.html>>. Acesso em junho de 2004.
- Grosky, W. I. (1997) Managing Multimedia Information in Database Systems, Communications of the ACM, Vol 40 No 27, p. 73-80.
- Little, T.D.C. and Venkatesh, D. (1994) Client Server Metadata Management for the Delivery of Movies in a Video-on-Demand System. Anais do 1st Intl. Workshop on Services in Distributed and Networked Environments, p. 11-18.
- Newman, J. L. (2004) Multimedia Database Systems. Disponível em: <<http://www.newi.ac.uk/newmanj/MDBS.html>>. Acesso em junho de 2004.
- Özsu, M. T. and Valduriez, P. (2001) Princípios de Sistemas de Bancos de Dados Distribuídos. Campus, 2ª edição.
- Pinheiro, L. V. R. (2002) O desafio da formação profissional: da biblioteca às bibliotecas digitais. In: Integrar – Congresso Internacional de Arquivos, Bibliotecas, Centros de Documentação e Museus, 1. p. 387-418.
- Rosetto, M. and Nogueira, A. H. (2002) Aplicação de elementos metadados Dublin Core para a descrição de dados bibliográficos on-line da biblioteca digital de teses da USP. In: Seminário Nacional de Bibliotecas Universitárias, 12. Universidade Federal de Pernambuco.
- Silberschatz, A., Korth, H. F. and Sudarshan, S. (1999) Sistema de Banco de Dados. Makron Books, 3ª edição.