

# Uma infra-estrutura eficiente de sincronização de bases de dados distribuídas

Afonso Comba de Araujo Neto

*Centro de Processamento de Dados - Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
afonso@cpd.ufrgs.br*

**Resumo.** Este artigo apresenta o mecanismo desenvolvido no CPD-UFRGS que tem como objetivo manter atualizadas bases de dados com informações replicadas a partir da base de dados institucional. Teve-se como metas para o seu desenvolvimento a sua eficiência, flexibilidade e a sua independência dos modelos de dados utilizados pelos sistemas gerenciais. O mecanismo é apresentado utilizando-se como enfoque a replicação de informações necessárias para o sistema de bibliotecas da UFRGS e para o serviço de diretórios, que é a base de diversos outros sistemas.

## 1 Introdução

Cada vez mais a internet se torna o principal meio de comunicação e de interação com os usuários em todos os cenários, e isso também é verdade quando se trata dos usuários pertencentes às comunidades acadêmicas. Em um mundo onde todos os computadores estão conectados, não se aproveitar desta tecnologia a fim de facilitar o trabalho das pessoas envolvidas nas atividades universitárias é impensável.

Além das facilidades que a internet naturalmente propicia aos seus usuários, ela ainda permite uma série de outros serviços que em outros tempos simplesmente não existiam. Serviços de auxílio a pesquisa, comunicação e divulgação de informações são fundamentais no dia a dia das atividades universitárias. Entretanto, para que uma universidade seja capaz fornecer estes serviços à sua comunidade, uma infra-estrutura de informações bem organizada se faz necessária.

Com esta perspectiva, verifica-se que a definição do modelo de informações utilizado para estes fins representa um grande desafio para as universidades de médio e grande porte. Os sistemas de informações de uma universidade necessitam gerenciar algumas classes de atividades, inerentes a sua natureza, que podem ser resumidas em pelo menos cinco grandes áreas: graduação, pós-graduação, pesquisa, extensão e administração do corpo de pessoal. Em alguns casos, como a UFRGS, é relevante incluir ainda áreas como ensino fundamental e técnico. Ao mesmo tempo em que cada uma destas áreas gerencia informações fundamentalmente distintas, todas elas estão absolutamente interligadas e não só dependem umas das outras como também não fariam sentido isoladamente.

Uma universidade como a UFRGS possui em cada momento uma relação ativa com em torno de 50 mil pessoas, com uma rotação anual de em torno de milhares através das mais diversas formas de vinculação. Além disso, a UFRGS possui um histórico de relacionamento com mais de 150 mil pessoas distintas, que podem ou não voltar a fazer parte da comunidade ativa ou então possuir um relacionamento esporádico. Todos estes contatos geram informações que podem englobar uma ou mais áreas das mencionadas anteriormente.

Considerando-se as principais classes de sistemas que manipulam a massa de informações geradas pela comunidade acadêmica, podem-se vislumbrar dois grandes grupos. O primeiro grupo é o de sistemas que podem ser caracterizados como de cunho *gerencial*, que em outras palavras *adicionam* e *organizam* as informações geradas pelas atividades acadêmicas. Sistemas como Recursos Humanos e Graduação são sistemas utilizados para

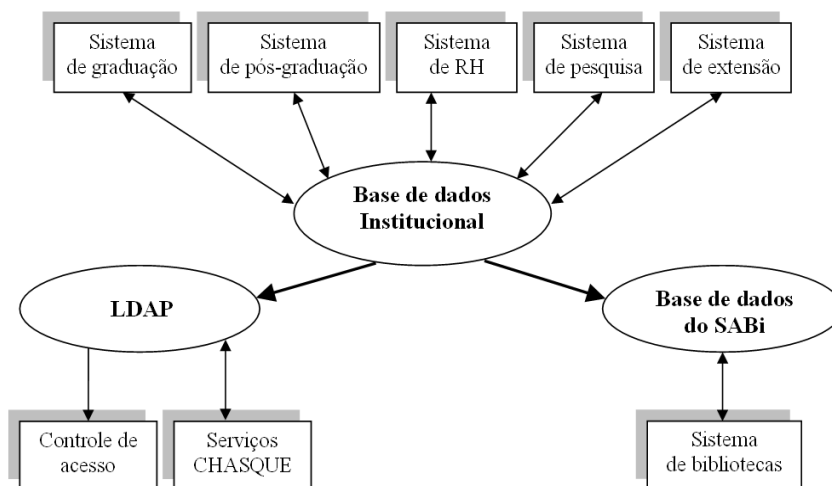
cadastro individualizado das informações das pessoas com relação à cada uma destas áreas, como, por exemplo, registro das férias dos funcionários e registro do histórico escolar dos alunos. O segundo grande grupo de sistemas que podem ser identificados são os sistemas *consumidores* destas informações. Um exemplo de sistema consumidor de informações é um sistema de bibliotecas, que ao mesmo tempo em que é um sistema por si só, com sua própria organização, também depende das informações atualizadas a respeito das pessoas que fazem parte da comunidade acadêmica, a fim de fornecer (ou não) os serviços aos quais se destina, como empréstimos de livros por exemplo. Outro exemplo de sistema consumidor de informações seria um serviço que fornece a possibilidade de publicação de páginas WEB pessoais, cuja disponibilidade fosse apenas para determinada classe de usuários, como os professores da universidade.

Uma questão fundamental a respeito dos sistemas consumidores de informações é o fato de que quase sempre são desenvolvidos independentemente dos sistemas que organizam as informações, por pessoas que freqüentemente não possuem conhecimento algum dos modelos de dados envolvidos. Em conseqüência, embutir o conhecimento acerca dos modelos utilizados pelos sistemas geradores dentro da lógica dos sistemas consumidores é não só complicado como também extremamente contra prodente. Além disso, até por questões de segurança, é de se esperar que os sistemas consumidores tenham acesso somente às informações que de fato se fazem necessárias, e nada mais.

O objetivo deste artigo é apresentar a infra-estrutura de informações que o CPD da UFRGS desenvolveu a fim de facilitar a integração entre os sistemas que geram informações e os sistemas que consomem informações. Serão descritos os elementos criados a fim de solucionar este problema, com foco em dois grandes sistemas: o *serviço de diretórios*, sobre o qual é baseada uma série de outros serviços que vão desde o fornecimento de e-mail para a comunidade até a sua utilização para fins de controle de acesso, e o *sistema de bibliotecas* que na UFRGS é uma solução proprietária e, portanto, tem características bastante específicas.

## 2 Motivações

O objetivo fundamental do mecanismo desenvolvido pelo CPD UFRGS é uma replicação e tradução dos dados dos mais variados sistemas gerenciais a fim de facilitar o acesso às mesmas pelos sistemas que às consomem. No cenário específico descrito neste artigo, esta tradução é especificamente para o sistema de diretórios e para o sistema de bibliotecas. Embora ambos os fins sejam distintos, os dois sistemas são muito similares e utilizam uma parte comum da infra-estrutura.



Na figura 1 é apresentado um diagrama em alto nível com o fluxo básico de informações envolvidas. A base de dados institucional é o repositório principal de informações da UFRGS, e as setas mostram o fluxo de informações. Todas as informações relativas aos principais sistemas estão armazenadas nesta mesma base de dados. A partir desta base, o mecanismo de sincronização popula o serviço de diretórios, conhecido por LDAP, e a base de dados do sistema de bibliotecas, conhecido como SABi [4].

## 2.1 O serviço de diretórios

O serviço de diretórios da UFRGS é a base de uma gama bastante variada de serviços, denominada Chasque [2]. Atualmente o Chasque fornece e-mail para toda a comunidade da UFRGS, incluindo ex-alunos, além de outros serviços que dependem especificamente do vínculo da pessoa com a universidade, como disco virtual, hospedagem de páginas WEB e também um *proxy*, que permite o acesso aos serviços que são fornecidos à comunidade da UFRGS através de autenticação por IP (como a base de periódicos CAPES) a partir de qualquer computador conectado à internet. Além disso, a base de diretórios fornece o suporte para outros tipos de serviço, como VoIP (já em funcionamento) e a consulta a partir do sistema de controle de acessos desenvolvido pelo CPD, que, além de apresentar a foto da pessoa em qualquer ponto da universidade, permite um controle do escopo de acesso através das informações atualizadas nos cadastros da base institucional.

O serviço de diretórios, vulgarmente chamado de LDAP (ou *Lightweight Directory Access Protocol*) [3], é baseado no software livre OpenLDAP sendo executado sobre o sistema operacional Linux. De forma a prover os serviços mencionados acima, é necessário que estejam disponíveis informações como datas de início e fim dos vínculos dos funcionários com a UFRGS e dos alunos com os seus cursos, além das informações de cadastrais como dados de identificação e foto.

## 2.2 O sistema de bibliotecas

O Sistema de Automação de Bibliotecas da UFRGS (SABi) foi implantado em 1989 e atualmente adota o software Aleph 500 [1] para gerenciar as atividades e serviços oferecidos pelas 33 bibliotecas da UFRGS a sua comunidade usuária.

Por incrível que possa parecer, a utilização de um software pago para o SABi acaba resultando em custos reduzidos quando se considera o esforço de pessoal que seria necessário para se desenvolver um sistema *in-house* que proovesse o mesmo número de serviços com a mesma qualidade. O Aleph gerencia, entre outros:

- registro das informações bibliográficas dos livros, periódicos e outros documentos no banco de dados bibliográfico da Universidade,
- controle das coleções de periódicos existentes na UFRGS,
- catálogo on-line do acervo das bibliotecas,
- geração de relatórios estatísticos e de controle das atividades e
- gerência das transações de empréstimo, renovação, devolução e reserva de documentos realizadas pelos usuários do serviço de circulação das bibliotecas.

A maior dificuldade de se utilizar um software proprietário em uma instituição como a UFRGS é a necessidade de manter o cadastro atualizado dos alunos, funcionários e docentes. Embora o Aleph possua interfaces para cadastro de usuários, é bastante claro que em uma instituição que possui 50 mil usuários ativos e uma rotatividade alta do status de vinculação dos mesmos, a utilização das mesmas é completamente inviável. Assim, o mecanismo

desenvolvido sobre esta carência garantindo um banco de cadastro com atualização automática.

### 3 Uma infra-estrutura de replicação e sincronização de informações heterogêneas

A infra-estrutura desenvolvida é muito mais um conjunto de elementos que funcionam em harmonia entre si do que um sistema propriamente dito, e por este motivo o nome de infra-estrutura se mostra mais apropriado. O mecanismo depende de quatro itens funcionando em concordância:

#### *Identificação inequívoca de pessoas*

Uma determinada pessoa deve ser localizada e individualizada através de um identificador universal não ambíguo dentro de toda base de dados. Além disso, é necessário que todos os sistemas gerenciais utilizem o mesmo identificador para a pessoa.

#### *Consulta de vínculos através de uma interface uniforme*

Com respeito aos vínculos que as pessoas podem ter com a universidade, dois problemas devem ser resolvidos. O primeiro é o fato de que uma pessoa pode ter ao mesmo tempo diversos vínculos distintos e o segundo o fato de que cada tipo de vínculo é caracterizado por informações diferentes. Estes aspectos devem ser uniformizados em um mecanismo de consulta que simplifique e uniformize os detalhes de cada possível vínculo.

#### *Mecanismo de sinalização de alterações*

Faz-se necessário um método de detectar a ocorrência de atualizações nas informações sensíveis. Sem isto o mecanismo torna-se inútil no momento em que é impraticável a comparação contínua dos dados a fim de se descobrir se algum foi alterado.

#### *Software de sincronização e conversão dos dados*

Finalmente, um *software* que, se utilizando da infra-estrutura projetada, execute as tarefas de buscar os dados no servidor origem, tratá-los e levá-los ao seu destino, de modo a mantê-los sempre síncronos com as alterações na base de dados institucional. Adicionalmente, o *software* pode executar tarefas específicas que outros mecanismos de sincronização e replicação puros não poderiam.

As próximas seções apresentam a abordagem utilizada na UFRGS para solução de cada um destes itens, e como junto eles resolvem o problema. Após, são apresentados as especificidades da utilização deste mecanismo na atualização de cada um dos sistemas alvo, demonstrando porque a solução é interessante e tão mais flexível que as abordagens tradicionais para a solução do problema de replicação de dados.

#### 3.1 Identificação inequívoca de pessoas

Identificar inequivocamente uma pessoa dentro de uma base de dados do porte das presentes em universidades não é uma tarefa trivial. A solução deste problema só é possível a partir de um esforço inicial de integração entre os principais sistemas de gerência da universidade.

Os sistemas gerenciais da UFRGS desenvolvidos pelo CPD atualmente utilizam como repositório uma única base de dados. Mesmo que todos os sistemas possuam modelos de dados distintos, adequados para suas necessidades, todos compartilham um cadastro único

onde uma pessoa é registrada uma única vez, independentemente de quantos sistemas a mencionem. Para que isso seja possível é necessário um processo cuidadoso de análise das pessoas cadastradas, de forma a se verificar se já estão no cadastro ou não, o que em alguns casos não é uma tarefa simples. No caso da UFRGS, isto é obtido utilizando-se um algoritmo probabilístico que utiliza informações como nome, data de nascimento e nome da mãe a fim de fazer tal checagem. Porém, em última instância, uma checagem manual é frequentemente aconselhada.

Como resultado do processo, cada pessoa possui um identificador universal, que é utilizado como sinônimo para sua identidade dentro de todos os sistemas. Tal caracterização é imprescindível para fins de integração e comunicação entre os sistemas.

### 3.2 Consulta de vínculos através de uma interface uniforme

A informação mais importante para todos os serviços disponibilizados à comunidade, e ao mesmo tempo a mais heterogênea, é a qualidade dos vínculos que as pessoas mantêm com a universidade. Aluno de graduação, aluno de pós-graduação, aluno de extensão, docente, técnico administrativo, colaborador e pesquisador são alguns dos relacionamentos que uma determinada pessoa pode ter com a instituição.

Não é difícil notar que cada um destes vínculos implica informações completamente diferentes entre si. Um aluno de graduação possui seu vínculo renovado semestralmente, um aluno de pós-graduação defende uma tese ou dissertação ao final do seu curso, um docente possui vínculo empregatício, sem um fim programado, ao mesmo tempo em que necessita saber os horários em que dá aulas, um aluno de extensão geralmente possui um relacionamento rápido com a universidade. O que torna o problema ainda mais complicado é o fato de que não são raras as pessoas que possuem mais de um relacionamento destes ao mesmo tempo.

Entrar no mérito dos detalhes destes vínculos é inviável não só pela sua complexidade, mas também porque a sua representação nos sistemas evolui com o passar do tempo. Assim, foi definida uma interface que apresenta todos os possíveis vínculos das pessoas de uma maneira uniforme, utilizando-se sempre os mesmos tipos de dados com a mesma semântica. Isso foi feito através da criação de uma *stored procedure* diretamente dentro do banco de dados. Ela implementa, para cada um dos possíveis vínculos, uma tradução do seu modelo de dados para uma interface homogênea, com apenas alguns dados como data de início do vínculo, data de desligamento, o tipo de vínculo envolvido (retirado de uma tabela de apoio). Cada vínculo especificamente traz também algumas informações extras como unidade de lotação para técnicos administrativos e curso para alunos de graduação.

A solução se mostrou bastante efetiva dado que o analista de cada sistema fica responsável em divulgar as alterações no modelo de dados e de explicitar a tradução do seu modelo para este modelo simplificado, fazendo com que nenhum outro analista precise tomar conhecimento do mesmo. Note que em alguns casos essa tradução não é tão simples, como, por exemplo, no sistema de graduação, onde os alunos possuem uma vinculação semestral, o que torna necessária a tradução de semestres para datas pontuais. Porém, isto permite que detalhes como o afastamento de um aluno se reflita instantaneamente como um desligamento, que deixa de existir assim que o aluno retoma as atividades normais.

### 3.3 Mecanismo de sinalização de alterações

Em um sistema que basicamente copia dados de um servidor para o outro, e que lida com uma grande quantidade de informações, a identificação pontual dos momentos quando essa cópia deve ser refeita pode ser bastante complexa. Talvez o ponto mais importante do mecanismo

como um todo seja justamente a identificação de quando os dados sensíveis sofreram algum tipo de alteração que justifica sincronização dos mesmos, de forma que a cópia reflita o último estado do banco de dados.

Dois pré-requisitos de tal mecanismo são evidentes. É bastante claro que um método baseado na comparação entre os dados, para detecção das divergências é absolutamente inviável em sistemas da escala dos envolvidos. Levar-se-ia tanto tempo para a verificação de todos os dados que, na prática, os mesmos estariam constantemente desatualizados. Ao mesmo tempo, é necessário um método que não dependa diretamente dos sistemas gerenciais pois, caso dependesse, o problema se inverteria: agora os analistas dos sistemas gerenciais precisam entender o modelo de dados dos sistemas que se utilizam das suas informações, o que é igualmente indesejável.

A solução adotada é o uso de *triggers* diretamente no banco de dados. O analista responsável por cada sistema indica quais são as tabelas que quando modificadas podem gerar alguma modificação nos dados sensíveis. A partir disso, são criadas *triggers* para os comandos de atualização e inserção de dados nas mesmas. A cada execução, a *trigger* popula uma tabela de sinalização com as seguintes informações: identificação do usuário envolvido, data e hora da atualização, indicador da tabela origem da sinalização e motivo da sinalização (atualização ou inserção).

Através da inspeção periódica da tabela de sinalização é possível obter a identificação dos cadastros que podem ter sofrido algum tipo de alteração em determinado momento. A frequência de verificação desta tabela reflete no tempo máximo em que um determinado dado ficará desatualizado nos sistemas alvos, o que pode ser feito tão pequeno quanto desejado. A granularização da análise faz com que a atualização dos dados seja feita praticamente em tempo real, o que era o objetivo desde o princípio. Após a reatualização provocada por determinada sinalização, esta é marcada como atendida e posteriormente ignorada. Note, também, que sinalizações simultâneas em diversas tabelas não provocam processamento extra, pois em um determinado momento, todas as sinalizações referentes à mesma identificação são atendidas simultaneamente, dado que sabe-se que as informações a respeito de todas elas já encontram-se prontamente disponíveis.

### 3.3.1 Datas de vinculação/desligamento futuras

Um problema que este método de sinalização ocasiona é o seguinte. Considere que um determinado sistema registra que o vínculo de uma pessoa durará um ano, devidamente anotado pela *stored procedure* de vínculos e sinalizado pelas *triggers*. Neste momento esta informação é propagada aos demais sistemas e status de diversos atributos nos sistemas alvos são modificados. O que ocorre é que existe uma grande probabilidade de nunca mais haver modificação nos dados da pessoa na base, e em consequência disso seu identificador numa mais será sinalizado. O fato é que a simples passagem do tempo implica uma sinalização: quando a data de desligamento ocorrer é necessário que o sistema seja reatualizado de forma a identificar que a pessoa deixou de possuir o vínculo.

Para resolver este problema de forma eficiente foi desenvolvido um pequeno sistema que cuida exatamente deste problema. Ele funciona monitorando todas as sinalizações feitas e cadastrando em uma pequena tabela todas as datas de vinculação ou desligamento que são posteriores à data atual. Simultaneamente ele monitora a lista de datas registradas, com uma simples consulta, buscando as datas que deixaram de ser futuro e agora são passado. Assim que este momento ocorre (no período indicado pela data futura registrada), o sistema cria um registro de sinalização assíncrono com as mesmas características dos registros criados pelas *triggers*. De fato, ele cria o registro exatamente 24 horas depois da ocorrência da data, de forma que a sinalização seja vista garantidamente como no passado. Assim,

independentemente da não ocorrência de modificações nos dados, a passagem do tempo também será sinalizada e os dados podem ser atualizados de acordo.

### 3.4. Software de sincronização e conversão dos dados

Na outra ponta do mecanismo como um todo se encontra o software que de fato efetiva o mecanismo como um todo. O sincronizador é um serviço para plataforma Windows construído utilizando-se a linguagem de programação Delphi. Ele se encarrega do processamento através dos seguintes passos:

1. Verifica se existe alguma sinalização não atendida.
2. Monta uma lista de identificadores a serem atualizados, sem repetição, guardando a identificação dos registros de sinalização selecionados.
3. Para cada identificador, executa o procedimento de atualização, baseando-se no resultado da *stored procedure* de vínculos e nos dados cadastrais da pessoa. Executa também procedimentos extras necessários aos sistemas (discutidos a seguir).
4. Caso a atualização seja executada com sucesso, marca a sinalização como atendida no banco de dados, caso contrário, mantém a sinalização em aberto. Caso algum erro seja detectado, o sistema envia um e-mail com a indicação do problema para uma lista pré-definida de analistas que poderão descobrir o que houve de errado.

## 4 Particularidades dos sistemas alvo

De fato, o mecanismo como um todo foi inicialmente desenvolvido para utilização com o sistema de bibliotecas. Porém, a maior parte da sua complexidade é aproveitada pela atualização do serviço de diretórios, que é caracterizado por uma estrutura bastante diferente dos sistemas baseados em bancos de dados relacionais e, portanto, não era de fácil solução. É interessante mencionar que, apesar de serem considerados um sistema único, ambos os sincronizadores são implementados como *softwares* separados, a fim de facilitar a manutenção dos mesmos.

### 4.1 O sistema de bibliotecas

Como já mencionado anteriormente, o sistema de bibliotecas da UFRGS, ou SABi, utiliza um *software* proprietário chamado Aleph para sua administração. O grande papel do mecanismo de sincronização no SABi é manter atualizada a base de usuários apta à utilização do sistema.

Em especial, dois problemas são solucionados *on-the-fly* pelo sincronizador. O primeiro diz respeito à multiplicidade de vínculos que as pessoas podem ter. Cada vínculo atribui à pessoa direitos diferentes no que diz respeito à utilização da biblioteca. Por exemplo, docentes possuem mais tempo no empréstimo de um item que alunos de graduação. Assim, o sistema se encarrega de selecionar entre os vínculos de cada pessoa qual vínculo que traz mais benefícios e automaticamente o registra nesta condição. Se por algum motivo este vínculo se encerra, a pessoa automaticamente ganha o próximo vínculo com mais direitos, ou então é desligada, perdendo o direito ao uso da biblioteca.

O segundo problema diz respeito às habilitações. A UFRGS possui 33 bibliotecas, e um usuário pode utilizar qualquer uma delas. Entretanto, para isso, é requerido dela a habilitação em cada uma das distintas unidades através da sua identificação pessoal. De forma a facilitar esta atividade o sincronizador automaticamente habilita os usuários na biblioteca do

seu curso, o que é feito a partir de uma análise do curso do aluno e uma consulta a uma tabela de apoio.

## 4.2 O serviço de diretórios

O sincronizador do serviço de diretórios tornou-se especialmente complexo devido às suas características especiais. Nesta versão, foi utilizado a biblioteca de comunicação TCP/IP para Delphi Synapse [5] a fim de permitir a comunicação com o servidor LDAP.

A atualização do LDAP atualmente é uma tarefa bastante crítica, dado a importância que o mesmo apresenta atualmente. Cada vez com mais frequência os sistemas estão deixando de consultar o banco de dados relacional para consultar informações à respeito das pessoas utilizando o LDAP. Uma possibilidade extremamente interessante diz respeito à necessidade de autenticação de usuários em outros sistemas. Com uma API simples o LDAP permite autenticação de pessoas de forma confiável, com conexão segura, utilizando a sua senha padrão da UFRGS, que é mantida e atualizada somente no banco de dados institucional através de uma página WEB. Utilizar base institucional para autenticação necessitaria login prévio em um banco relacional para sua consulta, o que é desaconselhável em sob uma perspectiva de segurança. Como o sincronizador garante que a senha está sempre atualizada, este mecanismo de autenticação não só é preferencial como também mais universal do que o método alternativo.

Entre as tarefas extras que o sincronizador executa ao atualizar o LDAP estão: inicialização da área de dados dos usuários, inicialização da quota de e-mail, habilitação/desabilitação do serviço de disco virtual para pessoas com vínculo ativo, habilitação/desabilitação do serviço de hospedagem WEB para docentes e técnicos, atualização dos grupos de usuários (que permitem a utilização do proxy autenticado), propagação do número VoIP, entre outros.

## 5 Conclusões

Foi apresentada a infra-estrutura desenvolvida no CPD-UFRGS para manter atualizados sistemas com informações replicadas a partir da base institucional da UFRGS. É possível verificar que o mecanismo é de fato bastante eficiente, e significativamente mais flexível que a maioria das soluções óbvias para este problema.

## Referências

- [1] Aleph Integrated Library System, <<http://www.exlibrisgroup.com/aleph.htm>>.
- [2] Chasque UFRGS, <<http://www.chasque.ufrgs.br>>.
- [3] OpenLDAP implementation of the Lightweight Directory Access Protocol, <<http://www.openldap.org>>.
- [4] Sistema de Automação de Bibliotecas da UFRGS, <<http://www.sabi.ufrgs.br>>.
- [5] Synapse: Synchronous TCP/IP Library for Delphi, C++ Builder, Kylix and FreePascal, <<http://www.ararat.cz/synapse/>>.