

# Infra-Estrutura para Gerência de Conhecimento

Ana Candida Cruz Natali  
Ricardo de Almeida Falbo

Departamento de Informática, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES  
Av. Fernando Ferrari s/n, Centro Tecnológico  
CEP 29.060-900, Vitória – ES, Brasil.  
+55 27 3335-2167  
{anatali, falbo}@inf.ufes.br

## Resumo

A gerência de conhecimento pode ser utilizada para capturar o conhecimento gerado durante o processo de software. Embora cada projeto de software seja único, experiências similares podem auxiliar desenvolvedores a executarem suas atividades. Neste artigo, discute-se características importantes de infra-estruturas da gerência de conhecimento no contexto do desenvolvimento de software e é apresentada uma infra-estrutura de gerência de conhecimento integrada a um ambiente de desenvolvimento de software. Esta infra-estrutura considera os seguintes serviços de gerência de conhecimento: captura, armazenamento, recuperação, disseminação, uso e manutenção.

**Palavras-chave:** Gerência de conhecimento, Infra-estrutura de Gerência de Conhecimento.

## Abstract

Knowledge management can be used to capture the knowledge and experience generated during the software process. Although every software development project is unique in some sense, similar experiences can help developers to perform their activities. In this paper we discuss some important features of knowledge management infra-structures in the software development context and we present an infrastructure to enable knowledge management in a software development environment, which considers knowledge capture, store, retrieval, dissemination, use and maintenance.

**Keywords:** Knowledge Management, Knowledge Management Infrastructures.

## 1. Introdução

Recentemente, a gerência do conhecimento vem sendo reconhecida como uma fonte de vantagem competitiva para organizações de desenvolvimento de software. A gerência de conhecimento apresenta-se como uma forma de apoiar os desenvolvedores, de modo que esses realizem suas atividades melhor e mais rapidamente, aproveitando experiências anteriores para auxiliar a tomada de decisão.

Suponha, por exemplo, que um membro de um grupo de desenvolvimento de software está considerando o uso de uma tecnologia de engenharia de software particular em um projeto futuro. Este membro teve conhecimento que esta tecnologia foi utilizada com sucesso em outros projetos da organização, porém ele não possui a informação de quem a utilizou ou em que projeto ela foi utilizada. Este membro gostaria de aprender a partir das experiências obtidas nesses projetos anteriores, primeiro para auxiliar na sua decisão de utilizar a tecnologia ou não e, ainda, para auxiliar a implementar esta tecnologia no novo projeto. Seria bastante útil não cometer os inevitáveis erros que ocorrem quando uma nova tecnologia é utilizada pela primeira vez, bem como seria útil avaliar os custos do uso desta tecnologia (por exemplo, custos de treinamento), de forma a ajudar a estimar os custos para o novo projeto.

Sem uma infra-estrutura organizacional para apoiar o acesso às experiências anteriores da organização, este tipo de informação seria muito difícil (senão impossível) de ser obtida.

Uma infra-estrutura de gerência de conhecimento pode ser vista como um sistema de suporte à gerência do conhecimento em uma organização, tendo a memória organizacional como o núcleo, segundo uma perspectiva técnica [1]. Envolvendo a memória organizacional, a infra-estrutura deve prover serviços de gerência de conhecimento, responsáveis por fornecer ao usuário o conhecimento necessário e útil para a realização de uma tarefa. Para atingir os objetivos da gerência de conhecimento, a infra-estrutura deve empregar as tecnologias apropriadas, de forma a apoiar a realização dos serviços e a manutenção da memória organizacional.

Este artigo discute infra-estruturas de gerência de conhecimento e apresenta uma infra-estrutura proposta com contexto de um ambiente de desenvolvimento de software. A seção 2 aborda considerações relevantes que devem ser levadas em conta na construção de uma infra-estrutura de gerência de conhecimento. Na seção 3, o enfoque é direcionado para os requisitos que devem ser satisfeitos ao se construir uma infra-estrutura de gerência de conhecimento. A seção 4 apresenta a infra-estrutura proposta no âmbito deste trabalho. A seção 5 discute trabalhos correlatos. Finalmente, a seção 6 apresenta as conclusões deste trabalho.

## 2. Considerações para a Definição de Infra-Estruturas para Gerência de Conhecimento

A definição ou construção de uma infra-estrutura para gerência de conhecimento envolve escolhas técnicas e funcionais. Estas escolhas permitem que a infra-estrutura atenda aos requisitos da organização. Dentre os vários aspectos a serem considerados, destacam-se:

- **Estratégias de Busca:** De maneira geral, duas estratégias de busca que podem ser utilizadas por uma infra-estrutura de gerência de conhecimento. A primeira estratégia estabelece que o usuário deve iniciar todas as atividades com o sistema e deve especificar os tipos de informação que deseja procurar. A segunda estratégia (disseminação), por outro lado, permite ao sistema de gerência de conhecimento notificar ou prover informação que pode ser do interesse do usuário, sem um pedido explícito seu. Enquanto a busca é uma atividade de iniciativa do usuário, a disseminação é de iniciativa do sistema e apresenta conhecimento relevante para tarefas que o usuário está realizando.
- **Repositório de Conhecimento:** Os repositórios de conhecimento representam o conteúdo da infra-estrutura de conhecimento e, de forma mais específica, da memória organizacional. A memória organizacional pode conter vários repositórios de conhecimento, que podem ser utilizados pela máquina ou pelo usuário. Atributos descritivos do conhecimento armazenado nos repositórios de experiência são essenciais para o uso e a manutenção do conhecimento [2].
- **Quem Alimenta a Memória Organizacional:** Em abordagens de gerência de conhecimento tradicionais, o conteúdo da memória organizacional é estruturado e coletado por gerentes de conhecimento. Desta forma, a memória organizacional se comporta como um produto fechado (é construído antes de sua entrega) e, a seguir, é disseminado. Esta abordagem assume que gerentes criam o conhecimento e que os trabalhadores procuram na memória organizacional as respostas que se aplicam a seus problemas [3]. Entretanto, abordagens mais indicadas assumem que é preciso que o novo conhecimento criado pelos trabalhadores seja capturado e realmente a memória organizacional. Trabalhadores devem adquirir um novo pensamento: eles não são mais receptores passivos do conhecimento, eles são pesquisadores, construtores e comunicadores ativos do conhecimento. Conhecimento não deve ser criado apenas por gerentes. Ele deve ser construído de forma colaborativa, no contexto do trabalho [3].

- **Recuperação de Itens de Conhecimento:** Outra questão que deve ser levada em conta na definição de uma infra-estrutura de conhecimento é a recuperação dos itens de conhecimento baseada em similaridade. Encontrar o conjunto de atributos apropriados para caracterizar um tipo de experiência não é trivial [4]. A menos que seja realizada uma análise do domínio, a solução é construir gradualmente uma infra-estrutura de reuso, iniciando com atributos textuais, que podem armazenar informação arbitrária e, na medida em que as coleções crescem e as necessidades de informação tornam-se mais claras, substituir estes atributos por um conjunto de atributos tipados, que permitam consultas significativas.
- **Reuso de Itens de Conhecimento:** O armazenamento adequado dos itens de conhecimento também deve considerar uma abordagem eficiente de reuso. Desta forma, o item de conhecimento gerado em um projeto deve ser adaptado para reuso em projetos futuros, incluindo informações adicionais que facilitam este reuso. Dentre essas informações adicionais, destacam-se: caracterização do item de acordo com a descrição adotada pela memória organizacional, descrição das abordagens de modificação para o item e lições aprendidas que descrevam a experiência de uso do item em projetos anteriores [5].
- **Crescimento sem Controle da Memória Organizacional:** A memória organizacional é responsável pelo armazenamento dos itens de conhecimento e deve evoluir com o tempo, ou seja, coletando e armazenando o conhecimento novo. Este crescimento é desejado por refletir um maior compartilhamento de conhecimento na organização e uma maior possibilidade de disseminação de conhecimento relevante. Porém, alguns cuidados devem ser considerados para evitar que o crescimento da memória organizacional ocorra sem um controle efetivo. Dentre estes cuidados, merecem destaque a validação do conhecimento novo, antes deste ser armazenado na memória organizacional, e uma manutenção constante dos repositórios de conhecimento, evitando a permanência de itens defasados ou não utilizados.

### 3. Requisitos de uma Infra-Estrutura para Gerência de Conhecimento

Dadas considerações listadas anteriormente, é possível identificar um conjunto de requisitos a serem atendidos na definição de uma infra-estrutura de gerência de conhecimento, a saber:

- **Minimização da Engenharia de Conhecimento Inicial:** A infra-estrutura de conhecimento deve explorar o conhecimento já disponível, fornecer benefícios rapidamente e adaptar-se a novos requisitos, pois as organizações relutam em gastar tempo e dinheiro com tecnologia nova, cujos benefícios são incertos e distantes [1].
- **Apoio à Criação de Conhecimento a Todo Momento:** Construir uma infra-estrutura de gerência de conhecimento que permita a modificação por seus usuários não tem como objetivo transferir a responsabilidade do sistema para seus usuários. Os usuários não estão necessariamente preocupados com o sistema de gerência de conhecimento, mas sim com a realização de seu trabalho. Exatamente por este motivo, os usuários se preocupam com a adequação do sistema de gerência de conhecimento, que deve funcionar como uma ferramenta de trabalho. Assim, eles são capazes de determinar as necessidades do sistema de gerência de conhecimento para se adequar ao trabalho que realizam. Este é um conhecimento que nenhum especialista ou gerente pode ter, pois estes não utilizam a ferramenta no trabalho. Uma infra-estrutura que permita a inclusão de conhecimento a todo o momento garante a seus usuários adaptar e modificar o conhecimento no momento em que ele é gerado [3].

- **Integração com o Ambiente de Trabalho:** A infra-estrutura de gerência de conhecimento deve ser ativamente integrada ao processo e às práticas da organização, pois o conhecimento é criado durante o trabalho [3]. A maior preocupação é capturar o conhecimento gerado sem precisar de esforço extra dos trabalhadores. Desta forma, a infra-estrutura de gerência de conhecimento deve integrar as ferramentas de trabalho com os repositórios de conhecimento para uma captura de conhecimento mais eficiente. A memória organizacional deve se comportar como um repositório em contínua evolução, sendo alimentada diretamente pelo conhecimento criado durante a execução de tarefas na organização [1].
- **Apresentação Ativa de Informação Relevante:** Apoio para o acesso ao conhecimento é indispensável, pois os usuários devem poder procurar a informação que necessitam. Porém, permitir apenas a busca é pouco. A disseminação de conhecimento é particularmente importante quando os usuários não estão motivados para procurar por conhecimento ou quando não sabem da necessidade de conhecimento que possuem [1]. Assim, a disseminação de conhecimento apresenta ativamente itens de conhecimento que o sistema julga relevante para atender às necessidades do usuário, sem que ele tenha explicitamente requerido esta informação [3]. Uma infra-estrutura de gerência de conhecimento deve permitir, portanto, além da busca, a disseminação de conhecimento a seus usuários.
- **Apresentação Eficaz da Informação:** Um aspecto crucial para se atingir sucesso com sistemas de gerência de conhecimento é a aceitação do usuário. Neste escopo, a apresentação da informação é crítica, pois os menores problemas de usabilidade podem desmotivar os usuários, afetando o uso e o sucesso do sistema [6]. Um importante requisito a ser considerado é prover interfaces de busca, recuperação e apresentação fáceis de serem utilizadas, mesmo por usuários novatos. Para atender a esse requisito, é possível adotar uma abordagem que permita a exploração visual de informações [6]. A busca, por exemplo, pode oferecer uma interface que forneça ao usuário o controle visual do que está sendo procurado, descartando os itens de conhecimento que não se adequem às suas necessidades. Idealmente, a interface deve permitir que os usuários visualizem e naveguem pelo conhecimento da organização, auxiliando usuários novatos a aprenderem a classificação de conhecimento adotada pela organização e os itens de conhecimento disponíveis para serem utilizados [6].
- **Apoio ao Trabalho Cooperativo:** Cada vez mais, as tarefas em uma organização são desempenhadas por grupos ou comunidades trabalhando em conjunto, e não por indivíduos isolados. Em um desenvolvimento de software cooperativo, onde muitas pessoas trabalham juntas para entender um problema, o desenvolvimento se torna uma conversação no sentido mais literal [3]. Um projeto cooperativo resulta em produtos que são enriquecidos pelas múltiplas perspectivas dos participantes. Mas, para atingir sucesso no produto final, é preciso evitar situações frequentes como a falta de entendimento sobre o problema, conflitos entre perspectivas e a ausência de um entendimento comum. Quando estas dificuldades conseguem ser superadas, surge a possibilidade de construir conhecimento novo e compartilhado. Uma infra-estrutura de gerência de conhecimento deve oferecer apoio ao trabalho cooperativo, atendendo suas principais necessidades, como: sintetizar diferentes perspectivas de um problema, gerenciar grande quantidade de informação relevante e entender as decisões tomadas [3].
- **Validação de Itens de Conhecimento:** Cada item de conhecimento deve ser verificado/validado para assegurar que tem a qualidade requerida e o seu potencial de reuso deve ser analisado. Também a caracterização deve ser finalizada, para que se possa

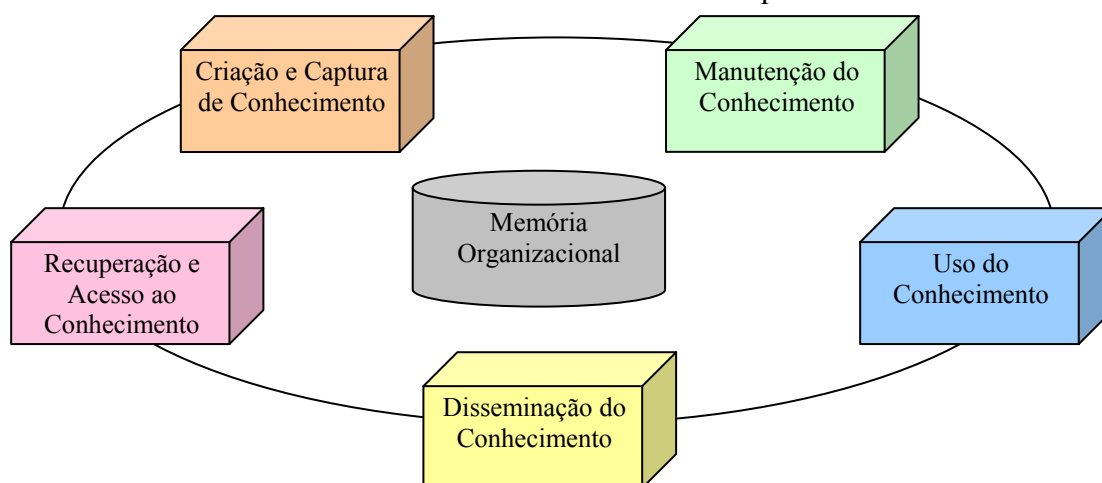
proceder a publicação, visando disponibilizar o item de conhecimento para os usuários do repositório de conhecimento.

- **Manutenção da Memória Organizacional:** A falta de manutenção da memória organizacional é uma das principais razões pelas quais um sistema de gerência de conhecimento não obtém o sucesso desejado em organizações [1]. A memória organizacional se localiza em um ambiente que sofre mudanças dinamicamente e está sujeita a adaptações freqüentes. A manutenção da memória organizacional pode ser facilitada, se determinados princípios forem considerados, tais como: utilizar ferramentas automáticas de captura de conhecimento, incentivar o *feedback* do usuário e sugestões para melhoria, e checar a consistência de novo conhecimento antes deste ser armazenado na memória organizacional. Estes princípios têm o objetivo de minimizar o esforço humano nas tarefas de manutenção, sendo capaz, também, de controlar e detectar conhecimento inválido, conhecimento ausente ou conhecimento desatualizado [1].

#### 4. Uma Infra-Estrutura para Gerência de Conhecimento

Tomando por base os requisitos apontados anteriormente, foi definida uma infra-estrutura para gerência de conhecimento em um ambiente de desenvolvimento de software (ADS), implementada no ambiente ODE (*Ontology-based software Development Environment*), um ADS Centrado em Processos [7]. Esta definição tentou abranger o maior número dos requisitos listados na seção anterior, bem como as considerações para a construção de uma infra-estrutura de gerência de conhecimento.

A infra-estrutura é organizada da seguinte forma: a memória organizacional está no centro da arquitetura, sendo composta de repositórios, e, em torno dela, estão posicionados os serviços de apoio da gerência de conhecimento oferecidos, a saber: coleta, busca, disseminação, apoio ao reuso e à manutenção do conhecimento armazenado, como mostra a Figura 1. Estes serviços são agrupados em duas categorias: serviços gerais, que são incorporados ao ambiente e estão disponíveis tanto diretamente no ambiente como a partir de suas ferramentas, e os serviços específicos de ferramentas, aqueles que precisam levar em conta o funcionamento e as características de uma ferramenta específica.



**Figura 1 - Infra-estrutura de Gerência de Conhecimento Proposta para ODE.**

O processo de gerência de conhecimento implicitamente adotado é uma síntese de vários processos sugeridos na literatura [1, 3, 8]. É um processo cíclico, envolvendo as seguintes atividades relacionadas entre si: criação e captura de conhecimento, recuperação e acesso ao conhecimento, disseminação do conhecimento, uso do conhecimento e manutenção do

conhecimento. A seguir, cada componente da infra-estrutura proposta é descrito com mais detalhes.

#### **4.1. Memória Organizacional**

É importante ressaltar que o uso estruturado e eficiente da memória organizacional requer que os usuários tenham um mesmo entendimento dos conceitos utilizados. O uso de ontologias pode facilitar a comunicação entre múltiplos usuários e a associação entre os múltiplos repositórios de conhecimento, pois é especificado um vocabulário compartilhado [9]. Ontologias têm por objetivo firmar um acordo sobre o vocabulário do domínio de interesse a ser compartilhado por usuários que nele atuam.

Na infra-estrutura proposta, a memória organizacional é construída tomando por base ontologias e alguns de seus itens de conhecimento são instâncias das ontologias. Duas ontologias têm destaque nessa infra-estrutura: a ontologia de processo de software desenvolvida em [10] e a ontologia de qualidade de software definida em [11]. Desta forma, a memória organizacional se mantém fundamentada em um modelo conceitual sólido.

A memória organizacional deve gerenciar todos os tipos de conhecimento necessários ao desenvolvimento de software. Na infra-estrutura proposta, foram definidos, inicialmente, três tipos de conhecimento a serem capturados e armazenados na memória organizacional: instâncias de ontologia, artefatos gerados pelas ferramentas e lições aprendidas.

Sendo assim, é importante fornecer meios de armazenar tanto o conhecimento formal, ou seja, os artefatos do processo de software e as instâncias de ontologia, assim como o conhecimento informal, as lições aprendidas, que compreendem o registro de idéias, fatos, questões, pontos de vista, conversas, discussões, decisões, etc., que aconteceram no decorrer de um projeto. Considera-se lição aprendida tudo aquilo que foi aprendido, tanto pontos positivos quanto oportunidade de melhoria, durante as atividades de desenvolvimento de software.

#### **4.2. Criação e Captura de Conhecimento**

Já que ODE lida com três tipos de conhecimento em sua memória organizacional, deve haver facilidades para apoiar a captura de cada um destes itens de conhecimento. É importante que o conhecimento formal seja coletado e compartilhado para que a organização aprenda coletivamente. O conhecimento informal, por sua vez, deve ser armazenado no sistema através da coleta de experiências, sob a forma de lições aprendidas.

O conhecimento no nível de projeto pode ser reutilizado, mas a qualidade deste conhecimento é, muitas vezes, de responsabilidade de quem o reutiliza. O aprendizado ocorre quando o conhecimento de projeto é selecionado para ser transformado em conhecimento organizacional, o que, na maioria dos casos, envolve generalização.

Para tratar deste aspecto, surge a necessidade de uma nova função na organização, o Gerente de Conhecimento (*Chief Knowledge Officers*), que centraliza a gerência dos itens de conhecimento e as iniciativas de aprendizado organizacional [12]. Uma vez que nem todas as lições aprendidas são úteis à organização, cabe ao gerente do conhecimento fazer uma triagem dos relatos a serem disseminados e adaptar esse conhecimento, categorizando o problema e a solução adotada.

Para atender esta necessidade, há uma funcionalidade de aprovação de lições aprendidas. Primeiro, uma lição aprendida é cadastrada por um desenvolvedor. Neste momento este conhecimento ainda não está disponível para outros desenvolvedores. O gerente de conhecimento é responsável por avaliar e adaptar a lição aprendida para que ela possa ser considerada um conhecimento de nível organizacional. Uma vez aprovada, a lição aprendida fica disponível como um item de conhecimento para todos na organização.

Outro tipo de conhecimento a ser capturado são os artefatos de software, produzidos pelas ferramentas internas do ambiente. Estes artefatos são armazenados em um repositório central do ambiente, sendo submetidos à gerência de configuração.

No caso de ODE, também se considera conhecimento as instâncias das ontologias criadas. A criação de instâncias de ontologias é apoiada por um editor de ontologias existente no ambiente, chamado ODEd [13]. Uma vez criadas, estas instâncias de ontologias ficam disponíveis como itens de conhecimento.

### **4.3. Recuperação e Acesso ao Conhecimento**

O acesso ao conhecimento em ODE se dá através da busca pelos itens de conhecimento armazenados na memória organizacional. Em qualquer momento, um usuário de ODE pode buscar qualquer tipo de conhecimento: instâncias de ontologias, artefatos de software e lições aprendidas. Esta busca é de iniciativa do usuário, já que cabe a ele definir quais as suas necessidades, ou seja, qual o tipo de conhecimento ele deseja buscar.

Estas necessidades do usuário se tornam uma consulta à memória organizacional e os itens de conhecimento recuperados são apresentados.

### **4.4. Disseminação do Conhecimento**

O sistema de gerência de conhecimento pode desempenhar um papel ativo na disseminação do conhecimento. Agentes de software são usados para monitorar as ações dos usuários enquanto eles utilizam uma ferramenta de ODE. Quando o usuário está executando uma atividade do desenvolvimento de software, agentes de software específicos agem, identificando a necessidade de conhecimento do usuário e recuperando experiências anteriores. Assim, o conhecimento existente na memória organizacional integra-se diretamente às atividades do desenvolvimento de software, auxiliando e guiando os usuários de ODE. Esta disseminação de conhecimento é particularmente importante quando os usuários não estão motivados a buscar uma informação ou não sabem da existência de conhecimento relevante à tarefa que estão executando.

### **4.5. Uso do Conhecimento**

Os itens de conhecimento recuperados são apresentados ao usuário de ODE. Ele pode navegar por este conjunto de itens de conhecimento e escolher qual item deseja reutilizar. Se um item de conhecimento é selecionado pelo usuário, este deve avaliar seu conteúdo para auxiliar a manutenção da memória organizacional. Esta avaliação inclui informações como: se o item foi útil, problemas que surgiram ao reutilizá-lo e as soluções aplicadas.

### **4.6. Manutenção do Conhecimento**

A manutenção do conhecimento na infra-estrutura de ODE é realizada levando-se em conta o *feedback* do usuário. Baseado na interação com o usuário, o gerente de conhecimento pode decidir quais itens de conhecimento estão obsoletos e verificar quais deles nunca foram reutilizados. A partir desta identificação, o gerente de conhecimento pode decidir quais devem ser excluídos.

Esta exclusão pode ser realizada pelo próprio gerente de conhecimento ou ele pode requerer o apoio de um agente de software. Ao realizar as tarefas de manutenção da memória organizacional, o gerente de conhecimento pode buscar os itens de conhecimento a serem excluídos ou, ainda, configurar um agente de apoio para alertá-lo de que ele precisa realizar a manutenção da memória organizacional em intervalos de tempo definidos ou quando a memória atingir um determinado tamanho. Agentes de software podem, ainda, sugerir itens de

conhecimento a serem excluídos, baseando-se em critérios definidos pelo gerente de conhecimento.

#### **4.7. Outros Aspectos da Infra-estrutura Proposta**

Conforme anteriormente mencionado, os serviços de gerência de conhecimento foram agrupados em duas categorias: os serviços gerais e os serviços específicos das ferramentas. Os serviços gerais estão diretamente disponíveis em ODE e podem ser utilizados a qualquer momento por seus usuários, estejam eles utilizando o próprio ambiente ou enquanto estiverem utilizando uma de suas ferramentas. Estes serviços são: coleta de conhecimento e aprovação de lição aprendida, busca por itens de conhecimento, caracterização de uso e manutenção do conhecimento armazenado [14].

Porém, a disseminação de conhecimento não pode ser provida de maneira geral como os demais serviços, uma vez que deve levar em conta características particulares da tarefa que está sendo realizada. Ao contrário da busca, em que o usuário deve ter a iniciativa de procurar conhecimento, na disseminação, esta iniciativa é do próprio sistema. Ou seja, os itens de conhecimento que o sistema julgar relevantes são apresentados ao usuário como uma sugestão de ajuda na realização de uma atividade. Mas não é possível oferecer ajuda pró-ativa sem conhecer detalhes sobre a tarefa que está sendo realizada e, conseqüentemente, sobre a ferramenta que apóia a atividade. Assim, o serviço de disseminação tem ser implementado ferramenta a ferramenta. Para apoiar a construção de ferramentas com este serviço, foi desenvolvido um *framework*. Este *framework* foi utilizado, por exemplo, para prover mecanismos de disseminação em uma ferramenta de apoio ao planejamento e controle da qualidade [14].

### **5. Pontos Fortes e Pontos Fracos da Infra-Estrutura Proposta**

A abordagem de gerência de conhecimento integrada a ODE reflete uma perspectiva dinâmica de gerência de conhecimento, na qual os usuários criam constantemente novo conhecimento durante o uso do ambiente. Alguns pontos fortes da abordagem proposta podem ser citados:

- **A memória organizacional não é fechada e está em constante evolução:** A abordagem proposta neste trabalho assume que a memória organizacional não contém todo o conhecimento necessário para apoiar seus usuários a entenderem e solucionarem seus problemas. Desta forma, os usuários de ODE podem criar conhecimento novo e este novo conhecimento pode ser armazenado e disseminado pela organização. A evolução da memória organizacional é feita obedecendo a um controle de crescimento, exercido sob duas formas: antes de estar disponível aos usuários, o novo conhecimento criado é validado (por exemplo, lições aprendidas aprovadas previamente) e, depois de armazenados, os itens de conhecimento sofrem manutenções constantes.
- **A memória organizacional é integrada ao processo de desenvolvimento de software:** A maior preocupação para a gerência de conhecimento em ODE é capturar informações do processo, enquanto seus usuários desempenham suas atividades de desenvolvimento de software habituais. Na abordagem aqui proposta, a memória organizacional está ativamente integrada ao processo de desenvolvimento de software e às práticas dos usuários que constroem e consomem o conhecimento. Desta forma, o novo conhecimento que surge é armazenado em repositórios, no momento que surge, para que possa ser compartilhado com outros usuários.
- **Disseminação de conhecimento relevante:** Abordagens de gerência de conhecimento devem prover informação que seus usuários necessitam, quando eles necessitam. A



gerência de conhecimento de ODE pode desempenhar um papel ativo na disseminação do conhecimento. Agentes de software podem monitorar as ações do usuário e informar sobre potencial conhecimento relevante, já que procurar conhecimento relevante à tarefa que o usuário está desempenhando pode consumir bastante tempo.

- **Gerência de conhecimento auxiliando a melhoria de processo:** O compartilhamento de conhecimento pode auxiliar a melhoria do processo de software através da divulgação das experiências. Todo o conhecimento gerado relativo ao processo de software que possa contribuir para sua melhoria deve ser reutilizado, pois indica os defeitos e os pontos positivos que foram detectados durante a aplicação do processo no desenvolvimento dos projetos.

Contudo, há alguns requisitos para gerência de conhecimento que não foram atendidos em ODE ou que precisam ser apoiados de maneira mais efetiva. Podemos citar alguns pontos fracos da abordagem proposta:

- **Apoio ao Trabalho Cooperativo:** A construção de um produto de software é um processo que envolve grupos de pessoas com interesses e visões distintas, mas em direção a um só objetivo. Considerando um nível mais operacional, colaboração ocorre em uma grande variedade de contextos. Pessoas colaboram durante reuniões, através de meios de comunicação, como correio eletrônico, no trabalho trocando informações, documentos, bases de dados, etc. É preciso que a infra-estrutura para gerência de conhecimento proposta apóie o trabalho cooperativo, incluindo novos espaços para geração de conhecimento como fóruns, perguntas e respostas, etc.
- **Outros Tipos de Conhecimento:** A memória organizacional de ODE armazena apenas três tipos de conhecimento (lições aprendidas, artefatos e instâncias de ontologia). Porém, durante o desenvolvimento de software mais tipos de conhecimento podem ser capturados, tal como conhecimento tácito.
- **Apresentação da Informação:** a apresentação dos itens de conhecimento recuperados em ODE é realizada de maneira simples. Isso é particularmente um problema quando a uma memória organizacional é muito grande e, portanto, deveria ser provida uma apresentação mais efetiva dos itens armazenados, como, por exemplo, permitindo que o usuário pudesse navegar visualmente pela memória organizacional e verificar como os itens de conhecimento se relacionam.

## 6. Trabalhos Correlatos

Diversos autores propõem diferentes abordagens de infra-estruturas para a gerência de conhecimento. Um importante exemplo de infra-estrutura para gerência de conhecimento é a Fábrica de Experiências [15], que tem o objetivo de produzir, armazenar e reutilizar as experiências obtidas em uma organização de desenvolvimento de software. A infra-estrutura proposta pela Fábrica de Experiências é composta por dois elementos básicos: organização do projeto e fábrica de experiências. O objetivo principal da organização do projeto é fornecer produtos de software de acordo com os requisitos estabelecidos, enquanto o objetivo da fábrica de experiências é, no decorrer do projeto, apoiar a organização do projeto com conhecimento e experiência e, ao final do projeto, empacotar a experiência adquirida, armazenando-a na memória organizacional. O conteúdo e a estrutura de um pacote de experiência varia de acordo com o tipo da experiência armazenada.

A principal semelhança da infra-estrutura proposta neste trabalho comparada com a Fábrica de Experiência diz respeito ao reconhecimento de que a melhoria de processos e produtos de software requer o acúmulo contínuo de experiências avaliadas e sintetizadas e, ainda, que o armazenamento de experiência deve ser em uma base integrada acessível a

diferentes partes da organização. Porém, a forma de armazenamento se difere, já que na proposta aqui apresentada o conhecimento não é modelado como pacotes de experiência com um único formato e sim, em tipos de conhecimento que podem ser formais (artefatos e instâncias de ontologias) e informais (lições aprendidas).

Mendonça et al. [6] baseiam sua infra-estrutura nos conceitos da fábrica de experiência, porém a visão conceitual da infra-estrutura proposta é composta por três camadas: nível de repositório (nível mais baixo), nível de interface com o usuário e o nível procedimental (nível mais alto). Nesta abordagem, o nível de repositório define como as experiências vão ser armazenadas eletronicamente no repositório e como elas se tornarão acessíveis em toda a organização. O nível intermediário trata as questões de interface com o usuário, incluindo como as experiências serão apresentadas e como o usuário vai interagir com o sistema para procurar e recuperar experiências. O nível mais alto, o nível procedimental, trata de questões organizacionais, tais como a definição de como o reuso vai se encaixar na organização, como a base de experiência vai ser atualizada e mantida e como as experiências vão ser analisadas e sintetizadas durante o tempo.

Comparando a proposta aqui apresentada com a infra-estrutura de Mendonça et al., vemos semelhanças no que diz respeito à preocupação quanto à persistência (armazenamento) do conhecimento, seu acesso e manutenção. O que difere é maneira como estas preocupações são implementadas, não em níveis como na proposta dos autores, e sim através de serviços, como a proposta aqui apresentada. A implementação de serviços permite uma maior autonomia para futura manutenção e ampliação de serviços oferecidos pela infra-estrutura que acessa a memória organizacional central.

Villela et al. [16] propõem uma infra-estrutura de conhecimento com o intuito de atender às necessidades de um ambiente de desenvolvimento de software orientado a organização (ADSOrg). A infra-estrutura proposta se baseia em ontologias tais como: Ontologia de Domínio, Ontologia de Tarefas, Ontologia da Organização, Ontologia de Engenharia de Software (formada por um conjunto de sub-ontologias a ser integrado), dentre outras. Tanto a proposta de Villela et al., quanto a proposta aqui apresentada se preocupam em construir repositórios de conhecimento baseados em um vocabulário comum, ou seja, baseados em ontologias. Esta definição atende a necessidade de que, o uso estruturado e eficiente da memória organizacional requer que os usuários tenham um mesmo entendimento dos conceitos e da taxonomia utilizados.

Deve-se ressaltar que a construção ou escolha de uma infra-estrutura varia conforme a definição do conjunto de requisitos relevantes para apoiar a gerência de conhecimento da organização.

## **7. Conclusões e Perspectivas Futuras**

Este artigo discutiu considerações e requisitos que devem ser levados em conta na construção de infra-estruturas de gerência de conhecimento. Foi apresentada uma infra-estrutura de gerência de conhecimento, definida e implementada no ambiente ODE. Esta infra-estrutura é organizada da seguinte forma: a memória organizacional está no centro da arquitetura e, em torno dela, estão posicionados serviços de apoio da gerência de conhecimento.

O uso estruturado e eficiente dos itens de conhecimento da memória organizacional requer que os usuários tenham um mesmo entendimento dos conceitos e da taxonomia utilizados. Desta forma, a memória organizacional apresentada foi construída fundamentada em ontologias e alguns itens de conhecimento são instâncias dessas ontologias.

Podemos ressaltar como contribuições deste trabalho:

- Definição e implementação de uma infra-estrutura para gerência de conhecimento em um ambiente de desenvolvimento de software;
- Definição e implementação de uma memória organizacional composta por repositórios, associados a ontologias, que armazenam itens de conhecimento tanto formais (como artefato e instâncias de ontologia) quanto informais (como lições aprendidas);
- Definição e implementação de serviços gerais de gerência de conhecimento integrados a ODE;
- Definição e implementação de agentes para apoiar a atividade de disseminação de conhecimento em ferramentas de ODE.

Buscando-se melhorar e expandir a abordagem de gerência de conhecimento proposta, algumas perspectivas de trabalhos futuros podem ser destacadas. Inicialmente, um primeiro passo visando uma melhoria funcional para a gerência de conhecimento de ODE seria a possibilidade de se ter vários gerentes de conhecimento, especializados em categorias específicas de conhecimento (por exemplo, conhecimento sobre qualidade de software, conhecimento sobre estimativas, análise de riscos, etc.) e uso de agentes para escolher o gerente de conhecimento mais apropriado para validar um item de conhecimento. Desta maneira, os itens de conhecimento da memória organizacional poderiam ser alterados e validados por especialistas capazes de adicionar informações ainda mais úteis para seu reuso.

O mecanismo utilizado para busca de itens de conhecimento pode ser melhorado visando fornecer resultados mais refinados. Para tal, técnicas de inteligência artificial, tal como raciocínio baseado em casos (*case based reasoning*), poderiam ser adotadas. Outra melhoria que poderia ser feita na busca é uma diferenciação do tipo de informação que deve ser mostrado para cada tipo de usuário, ou seja, o perfil do usuário poderia ser levado em conta no momento da busca. Assim, as informações apresentadas a um gerente de projeto, por exemplo, poderiam ser diferentes das apresentadas a um engenheiro de software.

Algumas melhorias visam atender pontos fracos detectados na infra-estrutura proposta. A apresentação de informação deve ser melhorada de maneira a permitir o usuário navegar pelo conhecimento e não exigir buscas frequentes. Com uma apresentação visual mais elaborada, é possível ver como os itens se relacionam, permitindo exibi-los de várias maneiras, tais como hiperbólica, em camadas, em árvores, etc. Outro ponto fraco que deve ser atendido é o apoio ao trabalho cooperativo em ODE, integrando ao ambiente um sistema de apoio a fóruns, troca de e-mails, perguntas e respostas, dentre outros.

Destaca-se, ainda, a necessidade de se utilizar o ADS ODE em situações reais, de modo a poder validar o auxílio da gerência de conhecimento no desenvolvimento de software e refinar a proposta aqui apresentada. Porém, a validação de um ambiente de desenvolvimento de software como o ODE implica em sua utilização em vários projetos, o que necessita tempo e projetos reais, nem sempre disponíveis para o pesquisador. Contudo, pode-se afirmar que a infra-estrutura de gerência de conhecimento proposta representa um passo importante para o ambiente ODE utilizar conhecimento organizacional. Esta perspectiva pode trazer várias vantagens para as organizações que desenvolvem software, seguindo uma forte tendência da área de engenharia de software, como os Ambientes de Desenvolvimento de Software Orientados a Organização (ADSOrg).

Finalmente, deve-se realçar que uma infra-estrutura de gerência de conhecimento deve ser tratada como uma solução híbrida que envolve pessoas e tecnologia. A tecnologia provê o suporte técnico, mas não se pode deixar de ressaltar a importância das pessoas na criação do conhecimento a ser gerenciado. A tecnologia não vai resolver todos os problemas envolvidos na gerência de conhecimento. Conhecer é um ato humano. Apesar das tecnologias serem importantes e necessárias para a determinação de uma infra-estrutura de gerência de conhecimento, elas sozinhas são insuficientes [3].

## Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES e ao CNPq pelo apoio financeiro a este trabalho.

## Referências

- [1] ABECKER, A., BERNARDI, A., HINKELMAN, K., “Toward a Technology for Organizational Memories”, *IEEE Intelligent Systems*, v.13, n.3 (Maio/Junho), 1998.
- [2] O’LEARY, D., “Enterprise Knowledge Management”, *IEEE Computer*. v. 31, n. 3. (Março). pp. 54-61. 1998.
- [3] FISCHER, G., OSTWALD, J., “Knowledge Management: Problems, Promises, and Challenges”. *IEEE Intelligent Systems*, v. 16, n. 1 (Janeiro/Fevereiro), pp. 60-72 2001.
- [4] ALTHOFF, K., BIRK, A., HARTKOPF, S., MULLER, W., NICK, M., SURMANN, D., TAUTZ, C., “Managing Software Engineering Experience for Comprehensive Reuse”, In: *Proceedings of the 11th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering*, Kaiserslautern, Germany, Junho 1999.
- [5] BROOMÉ, M., RUNESON, P., “Technical Requirements for the Implementation of an Experience Base”, In: *Proceedings of the 11th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering*. Kaiserslautern. Germany. Junho 1999.
- [6] MENDONÇA, M., SEAMAN, C., “A Prototype Experience Management System for a Software Consulting Organization”, In: *13th International Conference on SE & KE*, Buenos Aires, pp. 29-36, 2001.
- [7] BERTOLLO, G., RUY, F.B., MIAN, P.G., PEZZIN, J., SCHWAMBACH, M., NATALI, A.C.C., FALBO, R.A., “ODE – Um Ambiente de Desenvolvimento de Software Baseado em Ontologias”, *Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software - Caderno de Ferramentas*, Gramado, Outubro de 2002.
- [8] STAAB, S., STUDER, R., SCHNURR, H., SURE, Y., “Knowledge Process and Ontologies”. *IEEE Intelligent Systems*. v. 16. n. 1 (Janeiro/Fevereiro). pp. 26-34. 2001.
- [9] O’LEARY, D.E., STUDER, R., “Knowledge Management: An Interdisciplinary Approach”, *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 16, No. 1, Janeiro/Fevereiro de 2001.
- [10] FALBO, R. A. *Integração de Conhecimento em um Ambiente de Desenvolvimento de Software*. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro, RJ. Dezembro de 1998.
- [11] DUARTE, K. C., FALBO, R. A., “Uma Ontologia de Qualidade de Software”, In: *Anais do VII Workshop de Qualidade de Software*, João Pessoa, Paraíba. Brasil. Outubro 2000.
- [12] O’LEARY, D., “Knowledge Management Systems: Converting and Connecting”, *IEEE Computer*. v. 13. n. 3 (Maio/Junho). pp. 30-33. 1998.
- [13] MIAN, P. G., *ODEd: Uma Ferramenta de Apoio ao Desenvolvimento de Ontologias em um Ambiente de Desenvolvimento de Software*, Tese de Mestrado, UFES, Vitória, Brasil, Abril de 2003.
- [14] NATALI, A. C. C., *Uma Infra-Estrutura para Gerência de Conhecimento em um Ambiente de Desenvolvimento de Software*, Tese de Mestrado, UFES, Vitória, Brasil, Abril de 2003.
- [15] BASILI, V., CALDIERA, G., ROMBACH, H., “The Experience Factory”, *Volume 1 of Encyclopedia of Software Engineering*, Chapter X, John Wiley & Sons. 1994.
- [16] VILLELA, K., SANTOS, G., TRAVASSOS, G., ROCHA, A.R., “Melhoria de Processos de Software e Evolução de Ambientes de Desenvolvimento de Software com base no Conhecimento do Domínio e na Cultura Organizacional”, *Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software*, Gramado, Brasil, 2002.