PBR: Transferência de Tecnologia Baseada em Pacotes de Experimentação

ERIKA HÖHN[1], JOSÉ CARLOS MALDONADO[1], MANOEL MENDONÇA[2], SANDRA FABBRI[3], ANDRÉ LUIZ VILLAS BOAS[4], CLÁUDIA TAMBASCIA[4], MIRIAN ELLEN DE FREITAS[4], PRISCILLA PAGLIUSO[4]
[1]Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo
{hohn,jcmaldon}@icmc.usp.br
[2]Universidade Salvador
mgmm@unifacs.br
[3]Universidade Federal de São Carlos
sfabbri@dc.ufscar.br
[4]Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações - CPqD
{villas,claudiat,mfreitas,pbasso}@cpqd.com.br

Resumo

Este artigo caracteriza um processo de transferência de tecnologia, do âmbito acadêmico para o industrial, utilizando como mecanismo o processo de experimentação com base em pacotes de laboratório. A técnica envolvida é a técnica de leitura PBR (*Perspective-Based Reading*). O modelo de compartilhamento do conhecimento no contexto de experimentação e o paradigma de melhoria da experimentação são abordados durante o processo de transferência. Este trabalho ressalta a necessidade e as contribuições obtidas na cooperação entre a indústria e a academia.

Palavras-chave. Experimentação, técnica de leitura PBR, pacotes de laboratório, transferência tecnológica, melhoria do processo, gerência de conhecimento.

Abstract

This article characterizes a technology transfer process from the academic to the industrial environment using as mechanism the experimentation process based on lab packages. The technique involved is the reading technique PBR (Perspective-Based Reading). The Experimentation Knowledge Sharing Model and the Experimentation Improvement Paradigm are considered during the technology transfer process. This work stands out the necessity and the contributions obtained from the industry and academic cooperation.

Keywords. Experimentation, PBR reading technique, lab packages, technology transfer, process improvement, knowledge management.

1 Introdução

A integração indústria e academia é essencial ao desenvolvimento, validação e evolução de novas tecnologias, gerando uma base de conhecimento que fornece suporte à evolução e reutilização dessas tecnologias em diversos contextos e projetos. Nesse contexto é importante estabelecer as etapas necessárias para uma transferência tecnológica e em identificar como ocorre o compartilhamento de conhecimento nesse processo.

Existe a dificuldade em avaliar, escolher, possivelmente adaptar e, então, implantar novos métodos e técnicas em uma organização. A disponibilidade de dados resultantes de experiências com esses métodos e técnicas e a possibilidade de avaliá-los antes de introduzi-los na organização são essenciais para a tomada de decisão.

Estudos empíricos fornecem subsídios para avaliar processos, métodos e técnicas para obter informação objetiva e quantificável visando a prever o impacto das mudanças e também para construir uma base histórica [18, 24]. Pacotes de laboratório são instrumentos que viabilizam a replicação desses estudos e também podem ser vistos como mecanismo de transferência de tecnologias. Pacotes de laboratório descrevem o experimento em termos específicos e fornecem

infra-estrutura experimental para a replicação. Eles estabelecem uma base para confirmar ou rejeitar os resultados, complementando o experimento original e adaptando o objeto de estudo para o contexto experimental específico [13].

O propósito da experimentação em transferência tecnológica é duplo: primeiro, antes de introduzir uma nova tecnologia a experimentação ajuda a persuadir os componentes da organização e ajuda a adaptar a tecnologia empacotada para as necessidades da organização alvo; e segundo, durante o uso da nova tecnologia, a experimentação ajuda a evoluí-la promovendo a otimização de seus efeitos e ajuda a reforçar o uso contínuo, obtendo ganhos contínuos com isso [19]. Autores como Linkman e Rombach [12], Rombach [19], Zelkowitz [25] relatam experiências do uso da experimentação no processo de transferência de tecnologia.

Muitas vezes a transferência de tecnologia é dificultada porque os processos de software geralmente não são incorporados no produto [25]. Tendo a solução desse problema como um de seus objetivos, Basili [1] propôs um paradigma de melhoria da qualidade (QIP - *Quality Improvement Paradigm*) para difusão de inovações em uma organização. O modelo de melhoria do processo envolve compreensão da tecnologia, avaliação de sua aplicabilidade em um novo ambiente e empacotamento para uso geral [25]. Com base do QIP, Mendonça et al. [14] propuseram o paradigma de melhoria da experimentação (EIP - *Experimentation Improvement Paradigm*) visando a gerenciar o conhecimento e a melhorar o processo de replicações de experimentos controlados.

Este artigo caracteriza um processo de transferência da técnica de leitura PBR (*Perspective-Based Reading*) do âmbito acadêmico para a indústria, utilizando como mecanismo o processo de experimentação. Os resultados de efetividade e eficiência da técnica PBR não estão no escopo deste trabalho, que tem como objetivo essencial abstrair as etapas de um processo de transferência tecnológica que utiliza pacotes de experimentação. A necessidade da indústria por técnicas de VV&T (Verificação, Validação e Teste) e as evidências obtidas em experimentos com técnicas de leitura (nesse caso em particular, a técnica PBR [4, 9, 10, 22]), de que essas técnicas auxiliam e tornam mais produtivas as atividades de inspeção e proporcionam uma cobertura mais ampla do documento de requisitos, motivaram a utilização do pacote de experimentação PBR. A instanciação do pacote objetivou a transferência da técnica para a indústria, visando a dar apoio à melhoria do processo de software da indústria e a contribuir para validação das técnicas, já que seriam utilizadas em um contexto diferente do acadêmico.

Na Seção 2 comentam-se iniciativas da utilização da experimentação como mecanismo de transferência tecnológica. Na Seção 3 discutem-se o ciclo de compartilhamento do conhecimento no contexto da experimentação e a melhoria contínua do processo de experimentação. Na Seção 4 apresenta-se a composição do pacote de laboratório da técnica de leitura PBR. Na Seção 5 relata-se a transferência dessa técnica, utilizando experimentação como mecanismo, para uma empresa de telecomunicações - o CPqD. Na Seção 6 analisam-se o compartilhamento do conhecimento durante esse processo de transferência da tecnologia e o gerenciamento e melhoria do processo de experimentação. Finalmente, na Seção 7 apresentam-se as conclusões obtidas deste trabalho.

2 Transferência de tecnologia com base em experimentação

A procura por novas tecnologias não é a principal preocupação das indústrias, mas sim a orientação de como usar a tecnologia existente. Esse é um dos maiores problemas associados à transferência tecnológica [1]. Linkman e Rombach [12] destacam três problemas em transferência de tecnologias de software para aplicações na indústria:

- Novas tecnologias são consideradas não adaptáveis às necessidades comerciais;
- A gerência e assistentes não são suficientemente convencidos dos benefícios da nova tecnologia para considerar o seu uso em projetos;
- Experiências de projetos passados não são reutilizadas em novos projetos, geralmente porque não houve esforço suficiente para registrar e demonstrar seus benefícios.

Para esses autores, uma maneira de amenizar esses problemas é utilizar a experimentação para apoiar a transferência tecnológica. Sua aplicação pode ser um mecanismo efetivo e necessário para conduzir a apresentação de novas tecnologias em ambiente industrial, mostrando-se ser um componente tanto de pesquisa quanto educacional na engenharia de software. A experimentação torna o processo de aprendizado em engenharia de software fundamentado no método científico, o qual pode ser resumido nas seguintes etapas:

- Construção de modelos;
- Análise da corretitude dos modelos por meio de teste e experimentação;
- Análise dos resultados de experimentos visando ao aprendizado, ao empacotamento do conhecimento e ao refinamento do modelo existente;
- Evolução do conhecimento baseada na experiência ao longo do tempo.

O trabalho experimental entre indústria e academia resulta em relevantes ganhos para ambos os lados. A indústria encontra nessa cooperação um universo de replicações, dados de pacotes de laboratório e artefatos de domínios genéricos que possibilitam comparar sua efetividade com a efetividade média obtida em outras experiências, motivando-a, conseqüentemente, para a utilização da tecnologia e levando-a também a compartilhar os resultados obtidos internamente.

Para a academia essa integração possibilita a validação externa dos resultados experimentais obtidos por uma nova tecnologia, o que permite a generalização desses, viabiliza a evolução dos pacotes de laboratório, inclusive introduzindo artefatos de domínios de aplicações reais e motiva a pesquisa de novas tecnologias.

3 Compartilhamento do conhecimento e melhoria do processo de experimentação

Nonaka e Takeuchi [15] defendem que o conhecimento é criado por meio da interação entre o conhecimento tácito (conhecimento pessoal enraizado nas ações, emoções, valores, ideais e experiências de um indivíduo, sendo difícil de formalizar) e o conhecimento explícito (conhecimento que pode ser formalizado, se tornando mais facilmente transmissível). Então para criação do conhecimento organizacional necessita-se de uma interação contínua e dinâmica entre esses conhecimentos por meio de diferentes modos de transformação do conhecimento (socialização, externalização, internalização e combinação), representada pela espiral do conhecimento.

Uma adaptação do modelo de espiral do conhecimento apresentado por Nonaka e Takeuchi [15] para o contexto da experimentação em Engenharia de Software foi proposta por Shull et al. [21], sendo as fases do modelo original adaptadas para:

- **socialização** de conhecimento tácito entre replicadores: envolve discussão de projetos experimentais e seus riscos de validade, variáveis, procedimentos, métodos de coleta de dados e procedimentos para análise dos dados. Para Shull et al. [21] a interação entre os replicadores e os pesquisadores originais do experimento é fundamental para garantir a transferência do conhecimento tácito (o qual não é possível ser escrito no pacote de laboratório).
- **externalização** do conhecimento tácito: conversão do conhecimento tácito para explícito por meio de pacotes de laboratório, registrando todas as informações úteis, projeto experimental, dados brutos, análises e resultados.

- **combinação**: melhoria do conhecimento explícito através da evolução do pacote de laboratório.
- **internalização** do conhecimento experimental: realizada pelo uso do pacote de laboratório. Envolve a leitura, abstração, interpretação e execução do que está no pacote de laboratório.

Shull et al. [21] ressaltam que os processos de compartilhamento do conhecimento nos níveis intra-grupo e inter-grupos possuem algumas características diferentes. No nível intra-grupo a socialização é facilitada devido ao grupo ter comunicação maior e experiências em comum. Mas em relação ao nível inter-grupos se torna um ponto crítico devido à comunicação limitada, interesses nem sempre convergentes e cultura diferente.

Com base no QIP (*Quality ImprovementParadigm*), apresentado por Basili et al. [3], Mendonça et al. [14] propõem o Paradigma de Melhoria da Experimentação (*Experimentation Improvement Paradigm* - EIP) para engenharia de software experimental. O EIP é um *framework* para gerenciamento de conhecimento e melhoria da experimentação, com três ciclos (adaptação e extensão dos ciclos do QIP): Um ciclo de Execução do Experimento, análogo ao ciclo de aprendizado do projeto no QIP, que corresponde ao controle e execução do experimento em estudo; um ciclo de Aprendizado Intra-Grupo, similar ao ciclo de aprendizado organizacional no QIP, que retrata o aprendizado, empacotamento e planejamento de novos experimentos dentro do grupo de pesquisadores, visando a construir um corpo de conhecimento local; e um ciclo de Aprendizado Inter-Grupos que trata da padronização do pacote, evolução do pacote de experimentação e compartilhamento de conhecimento entre os grupos de pesquisa, visando a construir um amplo corpo de conhecimento baseado em uma série de replicações de experimento executadas por diferentes grupos de pesquisa.

As atividades do ciclo Intra-Grupo consistem em:

- Etapa 1: Definir metas do experimento;
- Etapa 2: Planejar experimento, identificar participantes e obter/adaptar artefatos: preparação do experimento;
- Executar experimento (ciclo de Execução do Experimento);
- Etapa 3: Executar meta-análise: analisar resultados experimentais em conjunto com outros dados experimentais disponíveis;
- Etapa 4: Criar/Evoluir pacote de laboratório reutilizável, armazenando experiência e aprendida.

Enquanto que as atividades do ciclo Inter-Grupos são:

- Etapa 1: Planejamento e coordenação das atividades experimentais entre os diferentes grupos;
- Etapa 2: Compreensão dos pacotes de laboratório e dos resultados experimentais disponibilizados por outros grupos de pesquisa;
- Execução de uma série de replicações e evolução do pacote de laboratório local (ciclo de aprendizado intra-grupo);
- Etapa 3: Compartilhamento e consolidação do aprendizado com outros grupos;
- Etapa 4: Harmonização do conhecimento: uniformizar o conhecimento adquirido pelos grupos;
- Etapa 5: Criação/Evolução do corpo de conhecimento (repositório de conhecimento).

A externalização e internalização do conhecimento na forma de pacotes de laboratório e a conversão do conhecimento tácito - que não está inserido nos pacotes de laboratório - são os pontos fortes do EIP.

4 Pacote de experimentação PBR: constituição e evolução

A técnica PBR utiliza cenários de leitura baseados em perspectivas. Cada cenário apóia a verificação de um documento sob uma perspectiva particular. O revisor cria uma abstração dos requisitos (modelo subjacente) pela perspectiva que está utilizando (por exemplo, projetista, testador ou usuário), para aumentar sua compreensão e, então, revisa o documento seguindo uma lista de questões fornecida pela técnica para cada perspectiva, identificando e classificando os defeitos de acordo com uma taxonomia definida [22].

O estudo da efetividade e eficiência da técnica PBR na detecção de defeitos em documentos de especificação de requisitos, iniciado no Laboratório de Engenharia de Software (SEL) da NASA por pesquisadores da Universidade de Maryland [4], vem sendo replicado em ambientes e culturas variados, como os estudos de Ciolkowski et al. [6] apud Basili et al. [5], Sørumgård [23] apud Basili et al. [5], Shull [20], Universidade de Bari (Itália) [5], Universidade Drexel (EUA) [5] e Universidade Lund, Suécia [5] e por iniciativas como o Projeto *Readers* [17] - projeto de pesquisa colaborativa que visa a contribuir para a definição de uma família de tecnologias de análise de software que devem ser validadas empiricamente em experimentos controlados e acondicionadas em pacotes de laboratório.

O pacote de laboratório da técnica PBR, utilizado nas replicações do experimento, é constituído por [2]: procedimentos para o replicador; lista de participantes; formulários (de concordância do participante, de levantamento do perfil do participante, de registro dos defeitos encontrados, questionário de opiniões, entre outros); material de treinamento nos modelos subjacentes e na técnica; documentos de especificação de requisitos; listas de defeitos e taxonomia de defeitos. A taxonomia adotada consiste nos tipos de defeitos: Omissão (*Omission*), Ambigüidade (*Ambiguous*), Informação Inconsistente (*Inconsistent Information*), Fato Incorreto (*Incorrect Fact*), Informação Estranha (*Extraneous Information*) e Defeitos Diversos (*Miscellaneous Defect*). As replicações devem seguir um projeto experimental como o definido para o experimento original (Tabela 1).

Tabela 1: Projeto Experimental [4]

Técnica	Grupo 1			Grupo 2			
	Projetista	Testador	Usuário	Projetista	Testador	Usuário	
Usual	Treinamento			Treinamento			Primeiro Dia
	NASA_A			NASA_B			
	Treinamento			Treinamento			
	ATM			PG			
PBR	Teoria PBR						Segundo Dia
	Treinamento			Treinamento			
	PG			ATM			
	Treinamento			Treinamento			
	NASA_B			NASA_A			

As diversas replicações possibilitam a validação e evolução da técnica, conseqüentemente evoluindo o pacote de laboratório com atualizações como, por exemplo, novos defeitos encontrados nos documentos, técnica adaptada para outros modelos subjacentes, alterações na taxonomia, melhorias nos formulários e novos documentos de especificação de requisitos.

5 Transferência da técnica PBR para o CPqD

Por meio de um convênio estabelecido entre o LABES/USP (Laboratório de Engenharia de Software da Universidade de São Paulo) e o CPqD, foi planejado um trabalho de transferência tecnológica com o propósito de adaptar as técnicas de leitura PBR e de promover sua implantação de acordo com objetivos e tarefas específicos ao desenvolvimento de software e tipos específicos de documentos do contexto do domínio de aplicação da empresa.

As principais etapas identificadas para transferir uma tecnologia para uma indústria utilizando experimentação são:

1. Instanciação do pacote de laboratório no domínio alvo da organização;
2. Formação de replicadores;
3. Disseminação na organização e
4. Disseminação e troca de experiência com a comunidade.

No convênio efetuado com a empresa foi acordada a execução completa da primeira etapa do processo de transferência, dando também subsídios para as demais etapas.

A execução deste trabalho contemplou também alguns pontos identificados pelos pesquisadores acadêmicos, participantes do projeto *Readers*, como necessários para melhorar o treinamento na técnica e evoluir o pacote de laboratório. A relação do conhecimento do revisor quanto ao domínio de aplicação do documento a ser revisado com a efetividade por ele obtida, o grau de detalhamento do treinamento dos revisores, a distribuição dos defeitos ao longo do documento de requisitos e o vínculo dos defeitos com a questão que podem detectá-lo foram pontos destacados para análise. Para estudar esses pontos foi decidido analisar os defeitos do documento de requisitos considerando sua quantidade, tipo, distribuição no documento, dependência do domínio, grau de dificuldade em detecção e relação com as questões das técnicas que os detectam. Quanto ao treinamento foi decidido fazê-lo de forma mais detalhada, abordando treinamento na taxonomia de defeitos, no domínio de aplicação, nos modelos subjacentes que apóiam a aplicação da técnica e na própria técnica. Para tanto, era necessário ter materiais em domínios diferentes aos já encontrados no pacote.

O planejamento da etapa de instanciação do pacote de laboratório no domínio da empresa abordou esses pontos e consistiu em:

a. Seleção e preparação do artefato: Era necessário a seleção e preparação de um documento de especificação de requisitos de domínio específico da empresa para ser utilizado nos experimentos. Dentre os artefatos disponíveis para esse estudo, foi escolhido o documento de especificação de requisitos OPER do módulo de Operação, de domínio específico da empresa, levando-se em consideração o tamanho do documento (8 páginas) e o tempo necessário para aplicação da técnica durante o experimento, mantendo a conformidade com os documentos do pacote de laboratório existente. A preparação do documento consistiu em colocá-lo no padrão para documentos de especificação de requisitos IEEE [11].

b. Elaboração da Lista de Defeitos: O pacote de laboratório da técnica PBR contém uma lista de defeitos para cada documento, utilizada como oráculo para avaliação da efetividade dos revisores. As listas são atualizadas eventualmente, quando da descoberta de novos defeitos. Uma lista de defeitos inicial foi elaborada para esse documento com base na comparação realizada entre a primeira versão (V_0) e a última (V_4) existentes do documento de requisitos (Figura 1). Essas versões do documento de requisitos são provenientes de inspeções realizadas com técnicas próprias da empresa e alterações ocorridas pela evolução dos requisitos. Essa primeira lista foi composta por 20 defeitos e foi denominada de Lista de Defeitos Históricos.

A taxonomia pela qual os defeitos foram classificados durante os trabalhos foi a que compõe o pacote de experimentação PBR, utilizada em todas as replicações anteriores do projeto *Re-*

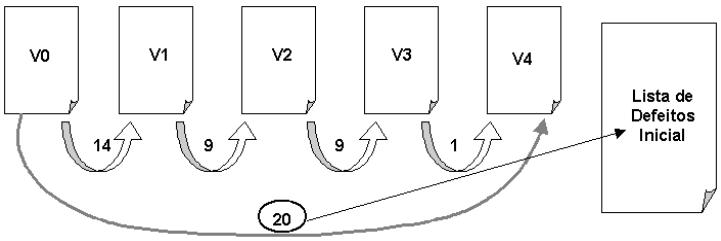

Figura 1: Elaboração da Lista de Defeitos Históricos

aders. Essa taxonomia foi conhecida pela empresa durante a execução de uma replicação do experimento em 2001 [10] e adotada com algumas adaptações para uso nas inspeções *ad hoc*.

c. Análise da distribuição dos defeitos pelo documento e caracterização dos defeitos: Os seguintes pontos foram analisados:

- distribuição dos defeitos no documento: os defeitos foram marcados no documento, diferenciados por tipo, possibilitando assim uma visão da sua distribuição, a identificação das possíveis áreas de maior concentração de defeitos e os tipos de defeitos de maior ocorrência.
- caracterização dos defeitos: foi feita uma classificação dos defeitos quanto à dependência do domínio e ao grau de dificuldade em detecção e um vínculo de cada defeito com as questões das técnicas que possivelmente levam à sua identificação durante a revisão. Esse estudo auxilia na caracterização do perfil necessário dos revisores para uma atividade de inspeção em um determinado domínio e na evolução da técnica, identificando possíveis adaptações das questões a esse domínio.

d. Execução do projeto piloto 1: Visou ao treinamento da equipe da empresa envolvida na transferência tecnológica (Tabela 2).

e. Execução do projeto piloto 2: Objetivou verificar a aceitação da técnica por profissionais e validar o pacote instanciado (Tabela 3).

Os resultados obtidos nos dois projetos pilotos motivaram a empresa na utilização de técnicas que auxiliam a inspeção de documentos de requisitos e aumentaram a preocupação com a fase de elaboração desses documentos, além de manter o interesse no prosseguimento de trabalhos integrados com a academia e na troca de conhecimento com a comunidade. A continuidade do trabalho internamente à empresa e a publicação de resultados ratificam esses pontos [16].

6 Processo de transferência tecnológica utilizando pacotes de experimentação

A transferência de tecnologia consiste em um processo de aquisição, entendimento, absorção e aplicação de uma tecnologia ou de um processo tecnológico [7]. O problema é que o ato da transferência requer que o conhecimento esteja sistematizado e codificado e requer que o entendimento de como fazer algo (conhecimento tácito) se torne explícito para que possa ser comunicado a outros. São necessários ciclos de compartilhamento do conhecimento para ocorrer a transferência tecnológica [8, 15].

A Figura 2 representa a instanciação do modelo de compartilhamento do conhecimento em engenharia de software experimental para o processo de transferência tecnológica abordado neste trabalho.

A socialização (Q1 na Figura 2) durante o processo de transferência de tecnologia ocorre entre as equipes parceiras compartilhando o conhecimento tácito: de um lado o conhecimento da tecnologia (academia) e de outro o conhecimento do domínio e das atividades do local a

Tabela 2: Projeto Experimental do Projeto Piloto 1

	Treinamento da Equipe Acadêmica no Domínio da Empresa
1o. Dia	Conceitos Básicos de Rede Externa - Rede Metálica
	Visão Geral do SAGRE
	GAT: conceitos e demonstração
2o. Dia	SAGRE/Cad: projeto de uma rede metálica (demonstração)
	SAGRE/OPER: movimentação de facilidades (demonstração)
	SAGRE/OPER-FCT (Folha de Corte):alterações no projeto (demonstração)
	Treinamento da Equipe da Empresa no Pacote de Laboratório
1o. Dia	Modelo subjacente *Error Guessing*
	Taxonomia de Defeitos
	Domínio do doc. req. *Gas Station*
	PBR - Parte Geral
	PBR - Testador
	Aplicação no doc. req. *Gas Station* - Testador
2o. Dia	Modelo subjacente Caso de Uso (UML)
	PBR - Usuário
	Aplicação no doc. req. *Gas Station* - Usuário
3o. Dia	Domínio do doc. req. ABC Video
	Aplicação no doc. req. ABC Video - Usuário
	Aplicação no doc. req. ABC Video - Testador
	Aplicação
4o. Dia	Domínio no doc. req. ATM
	Aplicação no doc. req. ATM - Usuário
	Aplicação no doc. req. ATM - Testador
5o. Dia	Domínio do doc. req. PG
	Domínio do doc. req. OPER
	Aplicação no doc. req. OPER/PG - Usuário
	Aplicação no doc. req. OPER/PG - Testador

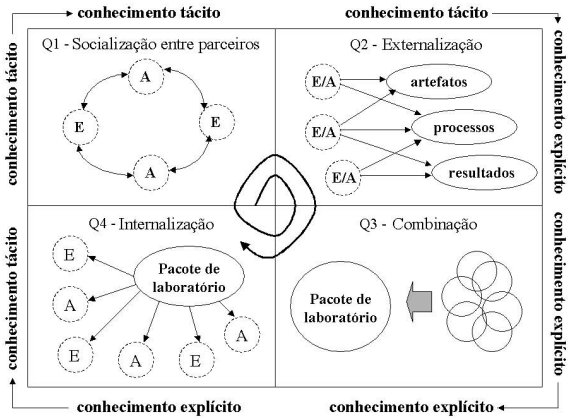

Figura 2: Compartilhamento do Conhecimento no Processo de Transferência Tecnológica, onde 'A' é Academia e 'E', Empresa (adaptado de [14])

Tabela 3: Projeto Experimental do Projeto Piloto 2

	Grupo 1 Usuário	Grupo 2 Testador
	Treinamento	
1o Dia	Taxonomia de defeitos	
	Modelo subjacente Caso de Uso	Modelo Subjacente *Error Guessing*
	Domínio Doc. Req. *Gas Station*	
	PBR - Parte geral	
	PBR - Usuário	PBR - Testador
2o Dia	Domínio Doc. Req. ABC *Video*	
	Aplicação Doc. Req. ABC *Video*	
	Aplicação	
3o Dia	Treinamento Domínio Doc. Req. ATM	
	Aplicação Doc. Req. ATM	
4o Dia	Aplicação Doc. Req. OPER	

receber a nova tecnologia (empresa). Na externalização do conhecimento (Q2 na Figura 2) a tecnologia é transmitida por meio de treinamentos e de pacotes de laboratório, o que facilita demonstrar a efetividade da tecnologia a ser adotada e motivar a sua implantação. Na fase de combinação (Q3 na Figura 2), o pacote de laboratório é instanciado para o domínio da empresa (processos, técnicas e artefatos são adaptados). E a internalização (Q4 na Figura 2) ocorre pela aplicação de experimentos com esse pacote de laboratório.

Com a experiência obtida durante a transferência da técnica PBR para o contexto industrial, abstraiu-se um processo para transferir uma tecnologia utilizando pacotes de laboratório e identificou-se as etapas vistas na Figura 3, associando-as às etapas do ciclo de compartilhamento de conhecimento.

Analisando as atividades realizadas para transferência das técnicas PBR utilizando experimentação sob a ótica do Paradigma de Melhoria da Experimentação (EIP), observa-se um ciclo de aprendizado sob duas perspectivas: (a) o aprendizado do processo de experimentação e das técnicas do pacote de laboratório por parte da equipe da empresa e (b) o aprendizado do domínio de aplicação utilizado na empresa e do processo de instanciação do pacote e transferência de tecnologia, por parte da equipe da universidade. A seguir apresentam-se as atividades executadas durante a transferência da técnica relacionando-as com as etapas do EIP.

Primeiro Ciclo de Aprendizagem

Ciclo de Aprendizado Inter-Grupos

Etapa 1 - Planejamento e coordenação das iniciativas: Foi estabelecido o convênio entre o LABES/ICMC-USP e o CPqD, tendo como objetivo instanciar o pacote de laboratório PBR para o domínio de aplicação da empresa visando a transferência da técnica para a empresa. Planejaram-se então as atividades que constavam de seleção e preparação do artefato e instanciação do pacote e execução dos projetos pilotos, cujos principais objetivos eram dar treinamento da equipe da empresa dando subsídios à instanciação do pacote de laboratório e validação desse pacote com desenvolvedores da empresa, respectivamente.

Etapa 2 - Compreensão do experimento e dos pacotes de laboratório:

Para realizar a instanciação das técnicas na empresa decidiu-se compor um pacote de laboratório contendo um documento de requisitos de domínio específico da empresa, como fator

1. Instanciação das técnicas

a) Treinamento do domínio de aplicação (Q1);

b) Treinamento das técnicas a serem utilizadas (Q2);

c) Seleção/elaboração dos artefatos do domínio da aplicação a serem utilizados no processo de experimentação (Q3);

d) Realização de um estudo piloto com base do pacote de experimentação (Q2 e Q4);

e) Avaliação dos resultados do estudo piloto (Q1);

f) Avaliação e ajuste, se necessário, do pacote de laboratório ao contexto da indústria (Q3);

g) Realização de outro estudo piloto para avaliação do pacote instanciado (Q2 e Q4).

2. Formação de replicadores (Q1, Q2 e Q4)

a) Estudo do pacote de laboratório e da teoria utilizada no treinamento das técnicas;

b) Estudo do processo de experimentação;

c) Observação da condução de uma replicação após aquisição dos conhecimentos dos passos a e b;

d) Condução de um projeto piloto objetivando dominar os conceitos fundamentais e o conhecimento tácito e também como mecanismo de garantia da conformidade do processo da experimentação (recomendado por Shull et al.[21], que ressaltam que projetos pilotos também auxiliam no processo de internalização e socialização.);

e) Avaliação do projeto piloto, podendo necessitar reforçar pontos dos passos a e b;

f) Condução de uma replicação do experimento sob a observação de replicadores experientes.

3. Disseminação na empresa (Q1, Q2, Q3 e Q4)

a) Replicação do experimento com objetivo de treinamento de outras equipes;

b) Aplicação das técnicas em projetos reais;

c) Coleta de dados e análise dos dados.

4. Disseminação e troca de experiência com a comunidade (Q1)

Figura 3: Processo de Transferência Tecnológica Utilizando Pacotes de Laboratório

motivador para a análise da efetividade da técnica nesse domínio. Para a equipe acadêmica poder avaliar os artefatos que iriam fazer parte do pacote precisaria conhecer o domínio de aplicação da empresa. Do ponto de vista da equipe da empresa, era necessário que eles conhecessem as técnicas, o pacote de laboratório existente e o processo de experimentação, que ocorreu justamente com a realização do Projeto Piloto 1, conduzido pela equipe acadêmica.

Essas duas etapas do ciclo Inter-grupos estão relacionadas à etapa de socialização do modelo de compartilhamento do conhecimento apresentado. As atividades consistem em troca de conhecimento tácito entre a equipe acadêmica e a equipe da empresa.

Ciclo de Aprendizado Intra-Grupo

Etapa 1 - Definição dos objetivos do experimento: O Projeto Piloto 1 tinha por objetivo a compreensão do domínio de aplicação da empresa, por parte da equipe acadêmica e o conhecimento da técnica PBR e do pacote de laboratório por parte da equipe da empresa. Dentre as etapas de transferência tecnológicas, esse projeto piloto colaborou na etapa de formação de replicadores, uma vez que a equipe da empresa treinada poderia tornar-se futuros replicadores.

Etapa 2 - Preparação do experimento: Alguns participantes do Projeto Piloto 1 eram da empresa e outros do meio acadêmico, com o objetivo de que os primeiros utilizassem a técnica em documentos de especificação de requisitos fora de seu domínio de aplicação e os segundos dessem maior ênfase nos artefatos do domínio específico da empresa. Quanto aos artefatos utilizados, adicionou-se ao pacote um documento de especificação de requisitos do domínio da empresa, sendo necessárias a adequação do mesmo, colocando-o no padrão IEEE, e a elaboração de uma lista de defeitos inicial, conforme descrito anteriormente. Esse novo artefato colaborou para a evolução do pacote de laboratório utilizado nos estudos do projeto *Readers*, atendendo a demanda de acrescentar documentos de uso real.

Ciclo de Execução do Experimento: A execução do Projeto Piloto 1 ocorreu em outubro de 2002, durante 5 dias. Assim como nas outras replicações, durante a revisão de cada documento os participantes registraram todos os problemas encontrados por eles. Esses problemas relatados, chamados de discrepâncias, foram analisados com base na lista de defeitos existente para cada um dos documentos de requisitos. As discrepâncias que correspondiam a defeitos da lista de defeitos foram sintetizadas em planilhas de defeitos encontrados e as outras foram analisadas e classificadas em falsos positivos (defeitos reportados pelos revisores, mas que não são defeitos reais), não defeitos ou possíveis novos defeitos, o que contribuiu para evoluir a lista de defeitos do documento de requisitos OPER.

Os treinamentos ocorridos e a utilização do pacote de laboratório durante essa etapa representam a transformação do conhecimento tácito em conhecimento explícito relativa à etapa de externalização do modelo de compartilhamento do conhecimento.

Ciclo de Aprendizado Intra-Grupo - continuação

Etapa 4 - Execução de meta-análise: Nesse trabalho de instanciação das técnicas o principal foco era no documento de requisitos do domínio específico da empresa. O Projeto Piloto 1 foi a primeira aplicação utilizando esse documento. Novas aplicações são necessárias para melhor caracterização dos defeitos e estudo de novas hipóteses para analisar relações da efetividade das técnicas com a dependência do domínio atribuída aos defeitos, com o nível de conhecimento dos revisores em relação ao domínio e com os tipos de defeitos mais descobertos.

Etapa 5 - Criação/Evolução do pacote de laboratório: Após a execução do Projeto Piloto 1, a lista de defeitos foi atualizada com os novos defeitos detectados pelos revisores. Os defeitos da lista foram diferenciados em 'defeitos históricos' e 'defeitos novos'. Outras mudanças efetuadas na lista foram a reorganização da mesma, agrupando os defeitos pela taxonomia, e a inserção de outros defeitos históricos em decorrência da inserção desses defeitos no documento de especificação de requisitos. Esses outros defeitos históricos inseridos procederam da comparação entre as versões intermediárias do documento de requisitos OPER (da V_0 à V_4), nas quais alguns defeitos foram inseridos involuntariamente, ou foram descobertos como conseqüência das atividades de inspeção *ad hoc* pelas quais ele passou ou foram alterações ocorridas pela própria evolução dos requisitos. A nova lista resultante e o documento de requisitos acrescidos desses defeitos foram preparados para serem utilizados no Projeto Piloto 2. Ressalta-se aqui a dificuldade de ambas as equipes em estabelecerem os defeitos da lista devido à pouca familiaridade tanto da equipe acadêmica com o domínio de aplicação, quanto da equipe da empresa, com o discernimento do que é um defeito e um falso positivo dentro da taxonomia adotada.

Essa etapa corresponde à etapa de Combinação do modelo de compartilhamento do conhecimento, na qual o pacote é instanciado agregando conhecimentos específicos da empresa.

Ciclo de Aprendizado Inter-Grupos - continuação

Etapa 3 - Compartilhamento do aprendizado: Foi decidido pelas duas equipes que deveria ser feita uma análise mais criteriosa dos defeitos que compunham a lista de defeitos do documento OPER e uma análise das questões das técnicas, associando-as aos defeitos que elas levavam o revisor a detectar. Além disso, os defeitos deveriam ser analisados e classificados quanto ao grau de dependência do domínio e quanto ao grau de dificuldade em detecção. Ambas as classificações são importantes para determinar eventual estratégia de alocação de recursos humanos para a atividade de revisão.

Etapa 4 - Harmonização do conhecimento: Foi feita uma classificação inicial dos defeitos quanto ao grau de dependência do domínio e ao grau de dificuldade em detecção e uma análise do vínculo do defeito com as questões que podem detectá-lo, com a intenção de ser revista e, se

necessário ajustada, após a execução de outros experimentos com o documento de requisitos.

Classificação quanto ao grau de dependência do domínio:

Analisando-se os defeitos do documento de requisitos OPER observou-se que alguns defeitos são muito dependentes do domínio, ou seja, requerem conhecimento do domínio por parte do revisor para que possam ser detectados. Para analisar essa dependência, foi definida uma classificação para os defeitos que consiste em: Completamente dependente do domínio; Fortemente dependente do domínio; Fracamente dependente do domínio e Independente do domínio.

Classificação quanto ao grau de dificuldade em detecção:

Dependendo do nível de conhecimento do revisor no domínio, cada defeito tem seu grau de dificuldade para ser detectado. Definiu-se que cada defeito deve ser classificado quanto ao grau de dificuldade em relação a revisores com conhecimento no domínio e a revisores sem conhecimento no domínio. A classificação consiste em: Muito difícil; Difícil; Fácil e Muito fácil.

Vínculo do defeito com as questões que podem detectá-lo:

Foi avaliada a relação entre as questões constantes nas técnicas de leitura do pacote utilizado (perspectivas do Usuário e do Testador) e os defeitos da lista visando a determinar que questão, ou questões, que levam a detectar cada defeito. Para cada par Defeito/Questão foram analisadas a ordem de adequação da questão e a probabilidade dela levar a detectar aquele defeito. A classificação da probabilidade de detecção foi definida em: Muito Provável; Provável; Pouco Provável e Improvável.

Etapa 5 - Criação/Evolução do corpo de conhecimento: Como o Projeto Piloto 2 já estava programado, foi decidido congelar uma versão do pacote de laboratório para aplicá-lo nesse projeto, enquanto que, paralelamente, era dada a continuidade nos trabalhos de evolução da lista de defeitos e caracterização dos defeitos.

Segundo Ciclo de Aprendizado

Ciclo de Aprendizado Inter-Grupos

Etapa 1 - Planejamento e coordenação das iniciativas:

No cronograma de atividades do convênio LABES/ICMC-USP e o CPqD já foi planejada a execução do Projeto Piloto 2 com profissionais da área de desenvolvimento da empresa.

Etapa 2 - Compreensão do experimento e dos pacotes de laboratório: A condução do Projeto Piloto 2 também foi feita pela equipe do LABES/ICMC-USP, com conhecimento prévio no processo de experimentação e no pacote de laboratório resultante das etapas do Projeto Piloto 1.

Ciclo de Aprendizado Intra-Grupo

Etapa 1 - Definição dos objetivos do experimento: A execução do Projeto Piloto 2 teve por objetivo avaliar o pacote instanciado e a assimilação da técnica PBR por um grupo de profissionais de desenvolvimento da empresa, familiarizados com o domínio de aplicação. A condução desse projeto piloto foi acompanhada pela equipe da empresa responsável pela transferência tecnológica, atividade que faz parte da etapa de formação de replicadores.

Etapa 2 - Preparação do experimento: Uma das grandes dificuldades dessa etapa foi a falta de disponibilidade de tempo dos participantes do Projeto Piloto 2. Por não ser possível ter dedicação exclusiva dos mesmos por vários turnos seguidos, as atividades foram realizadas com intervalos entre os dias de treinamento e aplicações. Basili et al. [4] ressaltam que para se obter maior validade interna nos resultados de qualquer replicação deve-se usar uma caracterização mais uniforme.

Ciclo de Execução do Experimento: Ocorreu a desistência de alguns participantes durante a execução de Projeto Piloto 2, devido a solicitações dos mesmos para outras atividades na

empresa. Esses participantes foram substituídos por outros profissionais e os grupos foram novamente arranjados. Em estudos em ambiente industrial é necessário o comprometimento da empresa para minimizar a ocorrência de problemas que possam alterar o planejamento. A execução de Projeto Piloto 2 corresponde à etapa de Internalização do modelo de compartilhamento do conhecimento, na qual a utilização do pacote de laboratório por parte de profissionais da empresa representa a transformação do conhecimento explícito constante no pacote em conhecimento tácito por parte desses profissionais.

Ciclo de Aprendizado Intra-Grupo - continuação

Etapa 4 - Execução de meta-análise: Foi realizada uma análise comparando os resultados dos dois Projetos Pilotos com os resultados das replicações anteriores do experimento PBR, com relação aos documentos de domínio genérico, na qual observou-se que ambos os Projetos Pilotos obtiveram resultados na média das outras replicações. Analisando-se os resultados dos Projetos Pilotos com relação ao documento de domínio específico reforçou o interesse em estudar a relação entre o conhecimento do domínio por parte do revisor e os defeitos por ele detectados quanto ao tipo de defeito e quanto à dependência do domínio.

Etapa 5 - Criação/Evolução do pacote de laboratório: Após a aplicação do Projeto Piloto 2 foi feita a avaliação das discrepâncias relatadas e novos defeitos identificados. Foram geradas uma nova lista de defeitos, uma lista de falsos positivos e uma lista de não defeitos. Muitas dessas alterações foram efetuadas na lista de defeitos, além do acréscimo de novos defeitos após os projetos pilotos, devido ao "amadurecimento" das equipes tanto no domínio de aplicação do documento de requisitos utilizado, quanto na classificação das discrepâncias em defeitos, não defeitos e falsos positivos. Assim como no Projeto Piloto 1, uma das grandes dificuldades desta etapa está relacionada à lista de defeitos, ou seja, estabelecer o que é defeito, falso positivo e não defeito.

Ciclo de Aprendizado Inter-Grupos - continuação

Etapa 3 - Compartilhamento do aprendizado: Assim como foi discutido após o Projeto Piloto 1, no Projeto Piloto 2 decidiu-se fazer a avaliação dos novos defeitos detectados de acordo com a classificação relacionada à dependência do domínio, dificuldade de detecção e probabilidade de serem detectados pelas questões das técnicas. Um outro ponto discutido foi a taxonomia. Algumas discrepâncias relatadas nos estudos pilotos indicaram a necessidade de um tipo de defeito para classificar informação em local errado no documento de requisitos, devendo ser acrescentado na taxonomia adaptada pela empresa.

Etapa 4 - Harmonização do conhecimento: Foi executada a análise dos defeitos quanto ao grau de dependência do domínio e ao grau de dificuldade em detecção para os novos defeitos identificados no Projeto Piloto 2. Dando continuidade à personalização das técnicas PBR, os novos defeitos também foram classificados quanto à probabilidade de detecção pelas questões das técnicas.

Etapa 5 - Criação/Evolução do corpo de conhecimento: Mantém-se o interesse na interação entre a indústria e a academia tendo em vista os benefícios mútuos obtidos nessa experiência e na realização de outros experimentos com o documento de requisitos OPER, tanto na área acadêmica quanto na indústria, para validar a análise e classificação dos defeitos e para obter maior quantidade de dados.

7 Conclusões

A transferência de uma nova tecnologia para a indústria requer grande interação entre a equipe receptora, equipe da indústria familiarizada com o domínio de aplicação, e a equipe transmis-

sora, que possui o conhecimento da tecnologia. Durante o trabalho de transferência da técnica de leitura PBR efetuado na empresa e apresentado neste trabalho essa interação foi analisada por meio do modelo de compartilhamento do conhecimento e pelo paradigma de melhoria da experimentação (EIP), pois utilizou-se o processo de experimentação como veículo de treinamento e difusão. Dentre as etapas identificadas para transferência tecnológica por meio de pacotes de laboratório, a primeira etapa - Instanciação do pacote de laboratório no domínio alvo da organização - foi planejada e executada dentro de um convênio de cooperação firmado entre o CPqD e o LABES/ICMC-USP. As atividades para instanciação do pacote consistiram na seleção de um artefato, na preparação deste e instanciação do pacote de laboratório e na execução de dois projetos pilotos, sendo que o primeiro visava ao treinamento da equipe da empresa envolvida na transferência tecnológica e o segundo visava a verificação e aceitação da técnica por profissionais conhecedores do domínio de aplicação. Os resultados obtidos nessa experiência estimulam a cooperação entre a indústria e a academia com benefícios para ambas.

Apesar do objetivo deste trabalho ter sido a transferência da técnica PBR para a empresa e não a avalição da técnica, as análises dos defeitos efetuadas para classificá-los quanto ao grau de dependência do domínio e quanto ao grau de dificuldade em detecção, os resultados obtidos no Projeto Piloto 1, que contou com alguns participantes sem conhecimento no domínio e outros com conhecimentos básicos no domínio, e os resultados do Projeto Piloto 2, no qual todos participantes tinham conhecimento no domínio, suscitaram novos questionamentos que podem contribuir para a evolução do pacote de laboratório da técnica PBR. Novas hipóteses podem ser formuladas para investigar algumas relações, como as identificadas a seguir:

- relação entre a efetividade do revisor em detectar defeitos dependentes do domínio e o seu conhecimento nesse domínio:
  a) Revisores que conhecem bem o domínio descobrem defeitos dependentes do domínio?
  b) Revisores sem conhecimento do domínio descobrem defeitos dependentes do domínio?
- relação entre a efetividade do revisor em detectar defeitos de determinado tipo e o seu conhecimento no domínio:
  a) Revisores que não conhecem o domínio descobrem mais defeitos de omissão?

Referências

[1] Basili, V. (1985). Quantitative Evaluation of Software Methodology. Technical report TR-1519, University of Maryland.

[2] Basili, V., Green, S., Laitenberger, O., Lanubile, F., Shull, F., Sørumgård, S., e Zelkowitz, M. (1998). Lab Package for the Empirical Investigation of Perspective-Based Reading. University of Maryland.

[3] Basili, V. R., Caldiera, G., e Rombach, H. D. (1994). The Experience Factory. *Encyclopedia of Software Engineering*, 1:469–476.

[4] Basili, V. R., Green, S., Laitenberger, O., Shull, F., Sørumgård, S., e Zelkowitz, M. (1996). The Empirical Investigation of Perspective-Based Reading. *Empirical Software Engineering: An International Journal*, 1(2):133–164.

[5] Basili, V. R., Shull, F., e Lanubille, F. (1999). Building Knowledge Through Families of Experiments. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 25(4):456–473.

[6] Ciolkowski, M., Differding, C., Laitenberger, O., e Münch, J. (1997). Empirical Investigation of Perspective-based Reading: A Replicated Experiment. Technical Report ISERN-97-13, International Software Engineering Research Network.

[7] Cysne, F. P. (1995). Transferência de Tecnologia e Desenvolvimento. *Revista Ciência da Informação*, 25(1).

[8] Devinney, T. M. (1999). Knowledge, Tacit Understanding and Strategy. In *Twite and O'Keefe, New Directions in Corporate Strategy, Allen & Unwin*.

[9] Dória, E. S. (2001). Replicação de Estudos Empíricos em Engenharia de Software. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo.

[10] Höhn, E. N. (2003). Técnicas de Leitura de Especificação de Requisitos de Software: estudos empíricos e gerência de conhecimento em ambientes acadêmico e industrial. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo.

[11] IEEESTD830 (1998). IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications. Software Engineering Standards Committee of the IEEE Computer Society.

[12] Linkman, S. e Rombach, H. D. (1997). Experimentation as a Vehicle for Software Technology Transfer - A Family of Software Reading Techniques. *Information and Software Technology*, 39:777–780.

[13] Maldonado, J. C., Dória, E., Martimiano, L., Fabbri, S., Mendonça, M., Basili, V., Shull, F., e Carver, J. (2004?). Perspective-Based Reading: a Replicated Experiment Focused on Individual Reviewer Effectiveness. Empirical Software Engineering: An International Journal. (Artigo submetido).

[14] Mendonça, M., Maldonado, J. C., de Oliveira, M. C. F., Fabbri, S. C. P. F., Shull, F., Carver, J., e Basili, V. (2004?). Knowledge Sharing and Improvement Cycles in Software Engineering Experimentation. (Artigo em preparação).

[15] Nonaka, I. e Takeuchi, H. (1997). *Criação de Conhecimento na Empresa*. Campus.

[16] Pagliuso, P. B. B., de Andrade Tambascia, C., Villas-Boas, A., e de Freitas, M. E. (2003). GVR - Guia de Validação de Requisitos Baseado nas Técnicas PBR e *ad-hoc*. Resultante de um Estudo de Caso no CPqD. Anais do WER 2003 - Workshop de Engenharia de Requisitos.

[17] Readers (2003). NSF-CNPq Readers Project: A Collaborative Research to Develop, Validate and Package Reading Techniques for Software Defect Detection.

[18] Rocha, A. R. C., Maldonado, J. C., e Weber, K. C. (2001). *Qualidade de Software - Teoria e Prática*. Prentice Hall.

[19] Rombach, D. (1999). Experimentation: Engine for Applied Research and Technology Transfer in Software Engineering. In *24th Annual Software Engineering Workshop of the Software Engineering Laboratory/NASA*.

[20] Shull, F. (1998). *Developing Techniques for Using Software Documents: A Series of Empirical Studies*. Tese de doutoramento, University of Maryland.

[21] Shull, F., Mendonça, M., Basili, V., Carver, J., Maldonado, J. C., Fabbri, S., Travassos, G. H., e Oliveira, M. C. F. (2004). Knowledge-Sharing Issues in Experimental Software Engineering. *Empirical Software Engineering: An International Journal*, 9(1):1–15.

[22] Shull, F., Rus, I., e Basili, V. R. (2000). How Perspective-Based Reading Can Improve Requeriments Inspections. *Computer*, 33(7):73–79.

[23] Sørumgård, S. (1996). An Empirical Study of Process Conformance. In *Twenty-First Annual Software Engineering Workshop, SEL-96-002*, pages 115–124.

[24] Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M. C., Regnell, B., e Wesslén, A. (2000). *Experimentation in Software Engineering: an Introduction*. Kluwer Academic Publishers.

[25] Zelkowitz, M. V. (1996). Software Engineering Technology Infusion Within NASA. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 43(3):250–261.