

Administração de Ciência e Tecnologia

As transformações do conhecimento no processo de inovação: um estudo multicase no desenvolvimento da tecnologia flex fuel no Brasil

Knowledge transformation in the innovation process: a multiple case study of development of the flex fuel technology in Brazil

Wilian Gatti Junior^{a,*} e Abraham Yu^b

^a *University of Calgary, Calgary, AB, Canada*

^b *Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil*

Recebido em 4 de maio de 2016; aceito em 26 de janeiro de 2017

Disponível na internet em 16 de maio de 2017

Resumo

Este artigo tem como objetivo entender a transformação do conhecimento organizacional, a partir do processo de inovação. Para isso, investiga o desenvolvimento da tecnologia *flex fuel* no contexto brasileiro de três fornecedores de sistemas (sistemistas) para a indústria automobilística. Metodologicamente este artigo se apoiou em entrevistas feitas para os três estudos de caso: Bosch, Magneti Marelli e Delphi. Os projetos foram divididos em três fases (pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento) e o conhecimento classificado de duas formas: tácito e explícito, que interagem para formar o conhecimento organizacional por meio da socialização, externalização, combinação e internalização (modelo SECI). A pesquisa concluiu que as interações entre os tipos de conhecimento ocorrem de modo distinto em cada uma das fases do projeto, dependem da forma como ele é gerido (formal ou informalmente). No pré-desenvolvimento observou-se com mais intensidade o conhecimento tácito (socialização e internalização). Na fase de desenvolvimento, um projeto conduzido de modo formal emprega o conhecimento tácito e o conhecimento explícito. Já um projeto informal se concentra na construção do conhecimento tácito (socialização e internalização). Na última fase do projeto, o pós-desenvolvimento, a organização aprende por meio do conhecimento tácito (socialização) e pelo conhecimento explícito (combinação).

© 2017 Departamento de Administração, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo – FEA/USP. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Palavras-chave: Conhecimento organizacional; Modelo SECI; Inovação; Desenvolvimento de novos produtos; Indústria automobilística; Veículo bicombustível

Abstract

The aim of this paper is to understand the organizational knowledge construction from the innovation process. For this, it investigates the development project of the flex fuel technology in the Brazilian context of three systems suppliers (first-tier suppliers) for the automotive industry. Methodologically this paper was supported by interviews for the three case studies: Bosch, Magneti Marelli and Delphi. The projects were divided into three phases (pre-development, development and post-development) and the knowledge classified in two ways: tacit and explicit that interact to form the organizational knowledge through socialization, externalization, combination and internalization (SECI model). The research concluded that the interactions between the different types of knowledge occur differently in each project phases depending on how it is managed (formally or informally). In the pre-development, the organization uses more the tacit knowledge (socialization and internalization). In the development phase,

* Autor para correspondência.

E-mail: gatti.wilian@gmail.com (W. Gatti Junior).

A revisão por pares é da responsabilidade do Departamento de Administração, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo – FEA/USP.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rege.2017.05.005>

1809-2276/© 2017 Departamento de Administração, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo – FEA/USP. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

a project conducted in a formal way uses the tacit knowledge and the explicit knowledge. As for an informal project has focuses in the building of the tacit knowledge (socialization and internalization). In the last phase of the project, the post-development, the organization learns through tacit knowledge (socialization) and explicit knowledge (combination).

© 2017 Departamento de Administração, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo – FEA/USP. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Keywords: Organizational knowledge; SECI model; Innovation; New product development; Automotive industry; Bio fuel vehicle

Introdução

Muitos trabalhos descrevem a criação do conhecimento organizacional no processo de inovação (ex.: Becker & Zirpoli, 2003; Hargadon & Sutton, 1997; Parikh, 2001), mas ainda não há uma produção substancial desse tipo de pesquisa no contexto das chamadas economias emergentes (Silva, 2002; Silva & Rozenfeld, 2003, Silva & Rozenfeld, 2007). Isso pode ser explicado, em parte, pela natureza das atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) nesses países, ainda concentradas nas adaptações de produtos projetados nas matrizes ou em centros de pesquisa localizados em países desenvolvidos. No caso específico do Brasil, a tendência verificada é a consolidação de competências para adaptar produtos ao mercado local e regional (por exemplo, o Mercosul) e/ou a participação de projetos mundiais, em que se assume a responsabilidade por etapas do desenvolvimento ou do fornecimento global do produto, em razão da capacidade de manufatura local (Rozenfeld et al., 2006). Embora as subsidiárias brasileiras tenham reunido certa competência e experiência em atividades de inovação, as matrizes ainda concentram o conhecimento e a tecnologia nas atividades de P&D (Cerra, Maia & Alves Filho, 2007).

Alguns setores industriais brasileiros se esforçam para alterar essa tendência e, entre eles, o automobilístico apresenta casos interessantes, como, por exemplo, o EcoSport da Ford, o Celta e a Meriva da General Motors (GM), o Fox da Volkswagen (VW) e o Palio da Fiat (parcialmente desenvolvido no país) destacados por Cerra et al. (2007). Entretanto, foi com o desenvolvimento do veículo *flex fuel* ou bicombustível (capaz de funcionar com álcool, gasolina ou qualquer mistura entre ambos) que as subsidiárias nacionais demonstraram ter conhecimentos não disponíveis nas matrizes e passaram a abrigar centros de excelência em P&D para combustíveis alternativos. Diferentemente de outros desenvolvimentos de sucesso, esse projeto não foi liderado pelas montadoras, mas por uma nova e emergente base de fornecedores conhecida como sistemistas. Os sistemistas surgiram por volta da segunda metade da década de 1990, são constituídos por grandes grupos multinacionais e respondem pelo fornecimento de módulos ou sistemas completos às montadoras, gerenciam para isso sua própria rede de fornecedores. As montadoras passaram, então, a concentrar suas competências na integração desses sistemas.

Para a indústria automobilística brasileira o desenvolvimento do sistema *flex fuel*, a despeito de seu sucesso comercial, foi muito significativo por ser a experiência (talvez pioneira) que subsidiárias de sistemistas instaladas no país tiveram no sentido de integrar competências direcionadas a um desenvolvimento de

elevado grau de complexidade, o que não representava simplesmente a adaptação de um projeto existente. Para esse projeto foram exigidas capacidades técnicas e gerenciais para combinar conhecimentos existentes com outros totalmente novos, para produzir uma solução de baixo custo. Os sistemistas equacionaram problemas relacionados com mudanças nos processos de manufatura, engenharia, materiais, componentes e algoritmos da injeção eletrônica, além de questões ligadas a preferências e necessidades dos consumidores e limites de emissões.

O desenvolvimento do sistema *flex fuel* evidencia que o contexto da indústria automobilística é relevante para trabalhos como esse, pois seu produto envolve elevada complexidade tecnológica (Cerra et al., 2007) tanto no projeto quanto na produção, sua cadeia de suprimentos e atuação se estende por diversos países e por ser um setor, dada a sua importância econômica, difusor de práticas organizacionais, como engenharia simultânea, produto mundial, *co-design*, *lean manufacturing*, dentre outras (Dias & Salerno, 2009).

Com base nesse desenvolvimento de sucesso, vislumbrou-se a oportunidade de relacionar a transformação do conhecimento organizacional com o processo de desenvolvimento de um novo produto (DNP). A transformação do conhecimento está relacionada à interação entre o conhecimento tácito e o conhecimento explícito como descrito por Nonaka e Takeuchi (2008) no modelo SECI (socialização, externalização, combinação e internalização) e o DNP considera o modelo proposto por Rozenfeld et al. (2006), composto de três fases: pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento.

Para perseguir este objetivo, foram analisados os projetos do sistema *flex fuel* conduzidos pelos três sistemistas que o desenvolveram no Brasil: Bosch, Magneti Marelli (MM) e Delphi. Com isso apresenta-se a seguinte questão que norteia esta pesquisa: como o conhecimento empregado nesse processo de inovação se transformou (entre tácito e explícito) durante as fases do DNP?

Desse modo, a pesquisa percorreu a interação entre o conhecimento tácito (presente na mente das pessoas) e o explícito (encontrado em registros, documentos e bancos de dados) nas diferentes fases do projeto do sistema *flex fuel* (pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento). Investigações similares já foram conduzidas (Dyck, Starke, Mischke & Mauws, 2005; Schulze & Hoegl, 2006, 2008) e diferenças, na maneira como o conhecimento foi transformado, puderam ser observadas em cada uma das fases. O contexto estudado e a formatação metodológica deste artigo são, entretanto, diferentes dos trabalhos anteriores.

Revisão da literatura

Desenvolvimento de novos produtos

Rozenfeld et al. (2006) esclarecem que os princípios da administração científica ajudaram a moldar o DNP, que surgiu como um conjunto de tarefas executadas de modo sequencial, quando o projeto percorria diversas áreas funcionais em uma sequência lógica: primeiro marketing, depois *design*, em seguida engenharia e produção até a venda do produto. Uma área recebia o projeto, processava e enviava seu resultado para que uma nova etapa do processo pudesse ser feita por outra. Como consequência dessa prática, a área dedicada a P&D ficava isolada, sem integração com o restante da empresa. A participação da alta administração não era notada e os fornecedores somente eram envolvidos nas fases finais do projeto. A redução do ciclo de vida e o aumento da diversidade dos produtos, que se evidenciaram em decorrência do dinamismo dos ambientes econômicos, tecnológico, social e de regulamentação, provocaram alterações no processo de DNP.

O conceito de desenvolvimento integrado de produtos surge em oposição ao desenvolvimento sequencial e é visto como um processo inserido na estratégia geral da empresa e de sua cultura, entendido como fundamental para os objetivos da organização. No desenvolvimento integrado, os fornecedores tendem a se envolver nas fases iniciais do projeto, que, por sua vez, é conduzido por times multifuncionais. Esses diferentes times trabalham em conjunto, envolvem áreas como marketing, pesquisa e desenvolvimento, que juntas se ocupam em traduzir o desejo dos consumidores nos produtos em desenvolvimento (Richtner, Åhlström & Goffin, 2014). Vários modelos surgiram para abordar essa nova fase do DNP que reuniu diversas características e influenciou umas às outras (Rozenfeld et al., 2006).

Entre os trabalhos que abordam o desenvolvimento integrado de produtos, Clark e Wheelwright (1993) apresentam a ideia do processo de DNP como um funil onde gradativamente, por meio de fases de avaliação, a incerteza sobre o projeto (viabilidade mercadológica e tecnológica) é reduzida. Dividido em três fases, o funil proposto por Clark e Wheelwright (1993) se inicia com a recepção de ideias e projetos que são analisados com base em seu potencial e viabilidade, consideram-se as estratégias de mercado e de tecnologia da empresa. As ideias aprovadas nessa primeira fase seguem, de modo agregado, para uma nova etapa, quando os custos envolvidos e os recursos destacados para o desenvolvimento são detalhados. Na última fase, os projetos têm os esforços de desenvolvimento direcionados para o lançamento do produto no mercado. Nesse momento, o comprometimento dos recursos é elevado e reconsiderar o projeto acarretaria grandes custos para a organização.

O conceito de DNP apresentado por Rozenfeld et al. (2006) – baseado no funil de Clark e Wheelwright (1993) – reuniu as perspectivas de estudos anteriores em um modelo denominado: modelo unificado do processo de desenvolvimento de produtos. O modelo separado em três macrofases (pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento) é voltado principalmente para empresas de manufatura de bens de consumo duráveis e de capital e envolve as seguintes áreas

de conhecimento: gestão de projetos, meio ambiente, marketing, engenharia de produto, engenharia de processo, produção, suprimentos, qualidade e custos. Cada uma dessas áreas desenvolve um papel no modelo proposto.

No modelo unificado proposto por Rozenfeld et al. (2006), a macrofase de pré-desenvolvimento se inicia com a definição do projeto de desenvolvimento que considera a estratégia da empresa e da unidade de negócios, os recursos e os conhecimentos à disposição da organização, as informações sobre os clientes, as tendências tecnológicas e mercadológicas. Essa fase termina com a elaboração de um portfólio de projetos e produtos financeiramente e tecnicamente viáveis. Após essa fase, inicia-se a macrofase de desenvolvimento com a elaboração das especificações do produto que se encerra com a produção de lotes piloto, o desenvolvimento do processo de produção, o suprimento com os fornecedores, a homologação do processo e o lançamento do produto. O lançamento envolve os canais de distribuição, os processos de venda, campanhas de marketing, atendimento ao cliente e assistência técnica. A última macrofase do modelo, o pós-desenvolvimento, compreende o acompanhamento do produto e do processo com o objetivo de identificar necessidade e/ou oportunidades de melhoria, até a descontinuidade no mercado com o fim do ciclo de vida do produto.

Conhecimento organizacional

Embora a compreensão sobre as consequências do aprendizado para as organizações esteja consolidada, não há um consenso claro sobre como ele é construído e disseminado na organização (Lynn & Akgun, 2000). Diversas correntes teóricas têm surgido para explicar esse fenômeno, mas, dadas a complexidade e a estrutura dinâmica do conhecimento, sequer foi possível estabelecer consenso quanto à forma de classificar e categorizar as diversas abordagens.

Dentre essas abordagens teóricas, o entendimento do conhecimento como tácito e explícito encontrou respaldo em autores como Crossan, Lane e White (1999), Hedlund (1994) e principalmente Nonaka e Takeuchi (2008). Para Nonaka e Takeuchi (2008), o conhecimento é criado pela contínua interação entre o conhecimento tácito e o explícito de quatro modos: a socialização, a externalização, a combinação e a internalização – conhecido como modelo SECI.

A socialização é entendida como a transformação do conhecimento tácito, transmitido entre pessoas, em conhecimento tácito, por isso é conhecida também como conhecimento compartilhado. Nessa dimensão, o conhecimento é transformado pela visualização, pelo manuseio, pelas perguntas e pela percepção. Silva (2002) destaca que a socialização ocorre com frequente diálogo, conversas livres e comunicação pessoal (face a face). Também são usadas ações como *brainstorms*, *insights*, relações do tipo mestre e aprendiz que envolvem observação, imitação e prática, compartilhamento de experiências, observações, modelos via trabalho em equipe. Para Nonaka e Takeuchi (2008, p. 97), “o compartilhamento do conhecimento tácito entre vários indivíduos com diferentes históricos, perspectivas e motivações torna-se a etapa crítica à criação do conhecimento organizacional”.

A externalização “requer a manifestação do conhecimento tácito e sua tradução de uma forma compreensível que possa ser entendida pelos outros” (Nonaka & Konno, 1998, p. 42) e dessa maneira essa dimensão é também definida como conhecimento conceitual, no qual o conhecimento tácito se converte em explícito. Para Silva (2002), ela surge com o uso da linguagem figurada, converte conceitos subjetivos em representações simbólicas com o uso de metáforas, analogias, deduções, induções, além da descrição do conhecimento tácito em planilhas, textos, imagens, figuras etc. A produção de livros, relatórios e portais na internet é uma estratégia para essa conversão do conhecimento. Interações mais formais, como entrevistas com especialistas ou o compartilhamento de lições aprendidas em projetos anteriores, são também exemplos de externalização (Schulze & Hoegl, 2008).

A combinação ou o conhecimento sistêmico ocorre com o agrupamento e o processamento de diferentes conhecimentos explícitos. A tecnologia da informação é muito empregada nesse processo com o uso/criação de banco de dados, redes como intranet e softwares como CRM (*customer relationship management*). Outros mecanismos empregados são a padronização por meio de documentos e educação (formal), troca de relatórios e documentos. Nonaka e Takeuchi (2008) esclarecem que a gerência de nível médio desempenha um papel crítico na criação de novos conceitos por meio da rede de informações e conhecimentos codificados.

A internalização ocorre quando indivíduos se dedicam à leitura, ao estudo e à reinterpretação e reexperimentação de vivências e práticas (*learning by doing*), além de experiências com simulações, jogos e representações de papéis (Silva, 2002), transformam o conhecimento explícito em tácito. Para Nonaka, Toyama e Konno (2000, p. 10), “o conhecimento explícito pode ser também incorporado por meio da simulação ou experimentos que disparam o aprendizado na prática”. A documentação ajuda os indivíduos a internalizarem suas experiências, aumenta assim seu conhecimento tácito e os ajuda a vivenciar indiretamente as experiências dos outros (Nonaka & Takeuchi, 2008).

Também definida como conhecimento operacional, a internalização é intimamente relacionada ao aprender fazendo, “quando são internalizadas nas bases do conhecimento tácito dos indivíduos sob a forma de modelos mentais ou *know-how* técnico compartilhado” (Nonaka & Takeuchi, 2008, p. 77).

O conhecimento organizacional no desenvolvimento de novos produtos

O modelo de Nonaka e Takeuchi (2008) não é isento de críticas. A conversão do conhecimento entre tácito e explícito para alguns autores, como Gourlay (2006) e Ribeiro e Collins (2007), é considerada imperfeita, pois é subjetiva e apoiada por evidências que não podem ser comprovadas. A despeito das críticas, os pressupostos de Nonaka e Takeuchi (2008) têm encontrado respaldo na construção de modelos teóricos e na pesquisa empírica, principalmente no campo da inovação.

Linderman, Schroeder, Zaheer, Liedtke e Choo (2004) desenvolveram um modelo que integra os modos de conversão do conhecimento com as práticas de gestão da qualidade. Anand,

Ward e Tatikonda (2010) identificaram a influência do modelo SECI em projetos de *Six Sigma*. No modelo analítico de gestão do conhecimento de Ferrari e Toledo (2004), aplicado ao processo de desenvolvimento de produtos, os autores consideraram quatro aspectos: os princípios, o conteúdo do conhecimento (entre tácito e explícito), os processos (definidos pelo modelo SECI) e a infraestrutura que apoia a gestão (estrutura organizacional, gestão de recursos humanos e tecnologia da informação). Sabherwal e Becerra-Fernandez (2003) fizeram um estudo no qual demonstraram que a internalização e a externalização afetam mais o aprendizado em indivíduos. Já nos grupos foram encontradas evidências da socialização como o principal fator e a combinação no nível organizacional.

Nonaka, Byosiére, Borucki e Konno (1994) confrontaram o modelo SECI com dados coletados junto a 105 gerentes de nível médio no Japão e confirmaram a adesão do conceito à criação do conhecimento organizacional. Silva (2002), Silva & Rozenfeld (2003 e Silva & Rozenfeld, 2007) agregaram ao modelo quatro dimensões do processo de DNP (estratégia, organização, atividades e recursos), atestaram sua existência e demonstraram a socialização como a conversão de maior ocorrência do processo de DNP.

Em uma pesquisa conduzida ao longo de dois anos que estudou o processo de desenvolvimento de um novo produto em uma pequena empresa, Dyck et al. (2005) encontram evidências da existência dos quatro tipos de conversão durante todas as fases do processo de criação do conhecimento. Popadiuk e Choo (2006) usaram o modelo SECI para traçar um referencial teórico que relacionasse as teorias de inovação e criação do conhecimento.

Com uma base de dados coletadas em 94 projetos de DNP em 33 empresas na Alemanha, Áustria e Suíça, Hoegl e Schulze (2005) publicaram uma série de estudos com o modelo SECI em que examinaram as dez principais práticas de gestão do conhecimento aplicado aos projetos estudados e as cruzaram com as transformações propostas pelo modelo SECI. Nesse trabalho, constataram grande importância do conhecimento explícito, com as transformações definidas como combinação seguida da externalização. Schulze e Hoegl (2006) estudaram o DNP em duas fases: a de concepção (pré-desenvolvimento) e a de desenvolvimento. A revisão apresentada pelos autores constatou que a externalização era a transformação do conhecimento mais importante na fase de concepção e combinação na fase de desenvolvimento, mas o impacto das demais não havia ainda sido estudado. A partir dessa constatação, procuraram responder a duas perguntas: haveria outras transformações do conhecimento importantes para o sucesso de novos produtos? E os quatro modos de conversão do conhecimento são positivamente relacionados com o sucesso de novos produtos durante as fases de concepção e desenvolvimento dos projetos? Com os dados coletados puderam observar que há uma correlação positiva da socialização e internalização na fase de concepção do projeto (ênfase no conhecimento tácito) e da externalização e combinação na fase de desenvolvimento (ênfase no conhecimento explícito). Em Schulze e Hoegl (2008) os pesquisadores trataram da criação do conhecimento aplicado à fase de concepção e chegaram a constatações idênticas ao estudo anterior. Nesse conjunto de trabalhos, destacaram a necessidade

de estudos qualitativos e em outros contextos (especialmente culturais) para estudar o tema.

Metodologia

O estudo de caso foi a abordagem escolhida para a condução desta pesquisa, feita de modo retrospectivo, usou um projeto de casos múltiplos. Segundo Yin (2005, p. 32), o estudo de caso pode ser definido como “uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto da vida real, quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidos”. Usar uma abordagem retrospectiva, de modo geral, permite um maior controle na escolha dos casos nos quais os dados serão coletados, com a desvantagem de que os participantes podem não se recordar de fatos importantes (Voss, Tsiriktsii & Frohlich, 2002).

A estratégia básica para minimizar o problema nesses casos é usar múltiplas fontes de coleta de dados. Além de múltiplas fontes, esta pesquisa usou de casos múltiplos por sua capacidade de reprodução, com a possibilidade de se destacarem os pontos em comum e as diferenças observadas, com o objetivo de dar maior robustez às evidências coletadas (McCutcheon & Meredith, 1993; Yin, 2005).

Três estudos de caso foram pesquisados e apresentam a evolução do desenvolvimento da tecnologia *flex fuel* nas empresas que se dedicaram ao desenvolvimento da solução no país: Bosch, Delphi e MM. Para controle foram também entrevistadas as três montadoras (VW, GM e Ford) que interagiram com os sistematistas estudados durante o projeto do veículo *flex fuel*. A estratégia de múltiplos casos foi escolhida, pois as comparações entre os diferentes projetos possibilitariam a apresentação mais consistente das evidências coletadas (Yin, 2005).

Antes dos contatos para agendamento das entrevistas, cada uma das empresas recebeu uma carta com os objetivos da pesquisa, como modo de reafirmar o compromisso com resultados de qualidade e criar um vínculo de confiança com o entrevistado (Figueiredo, 2003). As entrevistas foram então agendadas por telefone e/ou e-mail (tabela 1) e feitas entre setembro de 2008 e março de 2009.

Não foi possível gravar as entrevistas, pois não era permitido o acesso aos laboratórios de pesquisa com quaisquer dispositivos eletrônicos. Desse modo, optou-se por registrar as entrevistas em blocos de papel, captaram-se todos os principais pontos da fala do entrevistado e, a exemplo de Figueiredo (2003), as entrevistas foram conduzidas de modo informal, como uma conversa estruturada. As anotações com os registros das entrevistas foram transcritas em um arquivo eletrônico, que posteriormente foi submetido aos entrevistados, por e-mail, no máximo em 72 h (a maior parte em 24 h), para revisão e autorização do que poderia ou não ser divulgado. Todo o material apresentado foi aprovado.

Primeiramente, fizeram-se entrevistas não estruturadas com montadoras, que serviram para a triangulação das informações coletadas posteriormente nas unidades de análise. Considerou-se como unidade de análise o projeto de desenvolvimento dos sistemas *flex fuel* na Bosch, Delphi e MM. Nas empresas pesquisadas foram usadas entrevistas semiestruturadas e fontes secundárias

Tabela 1
Entrevistas feitas (ordem alfabética por empresa)

Empresa	Duração da entrevista	Posição do entrevistado
Bosch	2h	Vice-presidente executivo
Bosch	2h	Engenheiro de pesquisa Engenheiro de desenvolvimento
Delphi	3h30	Engenheiro chefe Supervisor de engenharia
General Motors	2h30	Gerente de engenharia de produto
General Motors	1h	Gerente de engenharia de produto
Magneti Marelli	2h	Diretor de pesquisa e desenvolvimento Gerente de sistemas Chefe laboratório experimental Engenharia de pesquisa e desenvolvimento
Magneti Marelli	3h	Diretor comercial Diretor de pesquisa e desenvolvimento Chefe laboratório experimental
Volkswagen	3h	Gerente de engenharia
Volkswagen	4h	Engenharia de manufatura

(artigos acadêmicos e reportagens publicadas em revistas de negócio e especializadas em automóveis).

Além das entrevistas, dezenas de telefonemas rápidos e e-mails foram usados para a resolução de dúvidas e/ou busca de novas informações, aproximadamente 12 horas de depoimentos colhidos.

A análise dos dados envolveu o exame, a categorização, a classificação de dados em tabelas e a recombinação das evidências (Yin, 2005). Para contornar as dificuldades construiu-se uma estratégia geral, composta de três etapas e que serviu de guia para essa atividade:

- Reconstrução das entrevistas em formato de narrativa: a partir do conjunto de dados coletados, analisados e aprovados pelos entrevistados, uma narrativa para cada entrevista foi produzida, consideraram-se as evidências que tiveram estreita ligação com os objetivos e constructos da pesquisa (Miguel, 2007).
- Análise individual dos casos: de posse da narrativa de cada um dos casos, a análise propriamente dita teve início com a codificação dos dados com base nos constructos principais do trabalho. Essa foi a fase de codificação aberta (Gibbs, 2009), quando se procedeu à leitura crítica das narrativas e à identificação dos trechos para cada um dos modos de conversão do conhecimento em cada uma das fases do produto. A operacionalização dessa atividade contou com o apoio de uma versão demo do *software* NVivo versão 8.0. Em seguida, houve um refinamento dessa codificação, quando o conteúdo de cada categoria foi confrontado com citações extraídas da literatura. A narrativa de cada uma das fontes de coleta de dados forneceu as evidências associadas com a transformação do conhecimento correspondente dentro de cada uma das fases do DNP (pré-desenvolvimento, desenvolvimento, pós-desenvolvimento). O resultado dessa fase foi exibido em quadros demonstrativos capazes de

representar de maneira sistemática e visual as informações e os dados coletados (Miguel, 2007).

- c. Análise comparativa dos casos: após a análise individual de cada caso foi feita a análise comparativa entre os casos, com o objetivo de encontrar pontos em comum e as diferenças observadas (Eisenhardt, 1989). Nessa fase, para cada uma das etapas do DNP se verificaram as transformações do conhecimento observadas em todos os casos estudados. O processo de análise promoveu o abandono, a modificação ou a manutenção de cada uma das inferências (Hargadon & Sutton, 1997) inicialmente elaboradas na análise dos casos individuais, foram reportadas neste artigo aquelas que podiam ser sustentadas.

Estudos de caso

A ideia de um veículo que pudesse ser abastecido por outro combustível líquido, além da gasolina, não é recente. As crises do petróleo de 1973 e 1979 alertaram governos de todo o mundo quanto à necessidade de reduzirem a sua dependência com relação a essa fonte de energia. No Brasil, os estudos nesse sentido evoluíram para a criação do Programa Nacional do Álcool (PNA) ou Proálcool, em 1975, e culminaram com o desenvolvimento do carro movido 100% a álcool ou etanol (E100) em 1979. Em 1982, nos Estados Unidos, a pesquisadora da Ford Roberta J. Nichols iniciou o desenvolvimento pioneiro da tecnologia capaz de fazer um veículo ser abastecido com metanol (que mais tarde seria substituído pelo etanol de milho) e gasolina em qualquer proporção, o chamado *flexible fuel vehicle* (FFV) (Nichols, 2003).

No Brasil, o conceito do veículo bicombustível só surgiu em 1992, quando engenheiros da Bosch brasileira mantiveram contato com as lições do desenvolvimento de um FFV, conduzido pela matriz alemã, no mercado americano. Com esse aprendizado combinado com o conhecimento sobre o carro a álcool brasileiro, a injeção eletrônica e as especificidades do mercado nacional, a empresa apresentou, em 1994, o primeiro protótipo de um veículo *flex fuel*, um Ômega da General Motors. Entretanto, o custo do sensor capacitivo (US\$ 100), o mesmo empregado na tecnologia americana para reconhecer o combustível, inviabilizava comercialmente o produto no Brasil. Somados a isso, o desinteresse das montadoras por soluções que envolviam o álcool e a destinação dos recursos para P&D a projetos voltados para os chamados carros populares (motores até 1.000 cilindradas) fizeram a ideia do novo veículo ser arquivada.

No início da década de 2000, questões ligadas à preocupação ambiental, limites mais estreitos às emissões de poluentes veiculares e o baixo preço do álcool reavivaram o interesse por veículos movidos a combustíveis opcionais. Assim, grande parte do setor passou a investir no desenvolvimento da tecnologia *flex fuel* e uma solução técnica, via *software*, que dispensou o uso do sensor capacitivo viabilizou comercialmente o produto. Quando o novo veículo passou a ser taxado com o mesmo IPI (imposto sobre produtos industrializados) do carro a álcool (alíquota inferior à do carro a gasolina) o carro *flex* nacional foi lançado.

A solução de injeção bicombustível tem como princípio de funcionamento o monitoramento eletrônico constante de variáveis do motor (ar, combustível, temperatura, centelha e outras), processadas por um computador central (ECU – *Electronic Control Unit*) munido de um *software* específico, que comanda o funcionamento do motor para cada condição de uso. Esse *software* tem suas origens no desenvolvimento da injeção eletrônica para veículos a gasolina e depois álcool.

Na Bosch, o projeto, desde o seu início, contou com a aprovação da diretoria, mesmo sem montadoras interessadas em desenvolvê-lo. Os concorrentes Magneti Marelli e Delphi começaram seus projetos de modo informal (sem a aprovação da companhia) no fim da década de 1990. Apenas com os contratos das montadoras (VW e GM respectivamente) é que ambas formalizaram seus projetos. Coube à VW, em 24 de março de 2003, o anúncio de lançamento do primeiro veículo *flex fuel* comercialmente viável, um Gol Total Flex com motor de 1.6 litros, equipado com o sistema fornecido pela MM. Em apenas cinco anos, mais de 90% dos veículos produzidos no país já contavam com a nova tecnologia (Yu et al., 2009).

Fase do pré-desenvolvimento

Diferentemente da definição de Rozenfeld et al. (2006) para a fase de pré-desenvolvimento, esta pesquisa recuou para muito antes da ideia do sistema *flex fuel* e adotou como início dessa etapa o começo da estruturação dos departamentos de P&D das empresas no Brasil. Esse início foi motivado pela necessidade de atender aos limites de emissão de poluentes criados em meados dos anos 1980 e que culminou com a introdução dos catalisadores e principalmente da injeção eletrônica, que substituiu os antigos carburadores. O fim dessa etapa foi decretado com a aprovação do projeto pela empresa ou com o início da discussão das ideias para seu desenvolvimento, após a formatação do conceito do produto.

Dentre os processos de conversão do conhecimento propostos por Nonaka e Takeuchi (2008), a internalização e a socialização apareceram com maior intensidade nessa fase. Esta pesquisa não obteve dados que sustentassem evidências da externalização e da combinação no pré-desenvolvimento.

Na Bosch, os engenheiros se prepararam: estudaram, analisaram, observaram, em outras palavras, acumularam conhecimento para a elaboração do conceito do produto e a comprovação de sua viabilidade técnica e comercial. Parte do *know how* técnico da companhia, que envolvia a injeção eletrônica, havia sido internalizada como conhecimento tácito pelos engenheiros, que posteriormente o usariam no projeto *flex fuel* (Schulze e Hoegl, 2008).

A experiência brasileira de adição de 22% de álcool anidro na gasolina brasileira (E22) forçou os fornecedores de sistemas de injeção a desenvolverem soluções para melhorar o desempenho do motor, com o uso de sensores. Foram esses os motivadores para a ideia de um veículo capaz de rodar com gasolina e álcool (Bosch).

Outra característica marcante do processo de internalização é a incorporação de conhecimento por meio de simulações ou experimentos (Nonaka, Toyama & Konno, 2000), como foi

observado na MM na questão da miscibilidade dos combustíveis (álcool hidratado e anidro e gasolina). A empresa manteve o foco nos testes empíricos em detrimento dos estudos teóricos.

Na fase inicial, algum material de referência foi consultado, mas havia muito pouco a ser pesquisado na literatura sobre o tema (MM).

Pela internalização é possível também captar os *inputs* do mercado e imaginar os produtos em uso e como eles poderão ser vistos pelos consumidores (Schulze & Hoegl, 2008). Foi o caso, por exemplo, da Delphi ao visualizar um produto melhor do que o carro a álcool.

A ideia para um veículo *flex fuel* surgiu por volta de 1998 com a notícia sobre o renascimento do Proálcool por meio da criação de uma lei federal (Lei nº 9.660 de 16 de junho de 1998) que criava o que foi denominado como Frota Verde (Delphi).

A socialização é o outro modo de conversão de destaque nessa fase. Ele é apoiado na MM a partir da concepção da ideia de um sistema bicomustível, que passou por um estágio de compartilhamento de experiências e expectativas entre os membros da organização (Nonaka & Takeuchi, 2008).

Na Bosch, as referências não são tão evidentes, mas apoiam a tese que a socialização é empregada para a diluição de conhecimentos incorporados (tácitos) entre os engenheiros do projeto devido ao contato próximo e à troca constante de informações (Silva, 2002) em um projeto anterior ao *flex*.

O pequeno grupo de engenheiros que trabalhava no projeto para a Autolatina recebeu a notícia de que a Ford havia optado pelo uso de um fornecedor americano para o desenvolvimento da solução que era oferecida. Uma parte dessa equipe original (oito engenheiros) passou a se dedicar então ao projeto do sistema *flex fuel*, após o convencimento da diretoria que o álcool ainda poderia ser uma opção interessante de combustível em um futuro próximo (Bosch).

A ideia do *flex fuel* nasceu nos níveis intermediários da organização, foi importante a socialização como instrumento para gerar conhecimento na organização e para conquistar a aprovação da matriz.

O sucesso do projeto passou pelo convencimento da matriz americana, que até aquele momento era o único centro que desenvolvia novas tecnologias, mostrou-se a viabilidade de desenvolver o projeto no Brasil. O processo de convencimento envolveu pessoas experientes que trabalhavam no Brasil e que tinham respeito junto à direção da companhia (Delphi).

Em todas as empresas observou-se a conversão de fatos do mercado brasileiro e americano (conhecimento explícito) em *insights* incorporados pelos membros das equipes de projetos (conhecimento tácito). Reforçaram o conceito a crise de abastecimento do álcool e as dificuldades enfrentadas por consumidores de veículos movidos com o combustível, foi marcante a reportagem com um taxista, revoltado pela falta de combustível, que em protesto incendiou seu carro em frente ao Congresso Nacional, em Brasília (Bosch).

Fase do desenvolvimento

Teve seu início definido por duas circunstâncias. A primeira, com a aprovação formal do projeto para o seu desenvolvimento.

A segunda (quando não ocorreu a aprovação formal) com a discussão das primeiras ideias práticas para a concepção de um novo produto.

São também duas as formas como se encerrou essa fase: uma comercial e outra técnica. O fim do desenvolvimento, em termos comerciais, diz respeito ao momento em que o produto foi aprovado internamente pelo sistemista, que passou então a promovê-lo no mercado. Em virtude das características do setor estudado, o aqui definido desenvolvimento técnico teve seu fim decretado após a aplicação do produto na montadora. Em outras palavras, essa fase terminou quando a solução desenvolvida pelos sistemistas foi instalada e calibrada em um veículo da montadora e ganhou as ruas.

Diferentemente da fase anterior, o desenvolvimento do projeto apresentou diferenças com relação à transformação do conhecimento entre as empresas analisadas. A pesquisa sugere que a formalização do processo de desenvolvimento favoreça todos os modos de conversão do modelo SECI, com destaque para o conhecimento explícito. A informalidade do projeto, ao contrário, daria ênfase à formação do conhecimento tácito.

A pesquisa revelou que a fase informal dos projetos MM e Delphi gerou mais conhecimento tácito do que explícito. Na MM as evidências encontradas na internalização (relacionadas a testes e experimentos) corroboram essa observação, quando confrontadas com a forma como os resultados eram reportados (socialização). Ambos os modos de conversão do conhecimento observados apontam para o fato que o conhecimento gerado pelos protótipos foi acumulado na mente dos engenheiros, e não em registros do projeto.

Os resultados colhidos eram constantemente reportados para a equipe de desenvolvimento da MM e até ao seu presidente em conversas informais (MM).

Quando o processo se torna formal surge a necessidade dos registros. A externalização aparece até para a definição do conceito do produto (Nonaka et al., 2000) e especificações numa forma que possa ser compreensível por outros (Nonaka & Konno, 1998) como exemplificado nos casos da Bosch e Delphi.

A preocupação quanto à retenção do conhecimento gerado pela empresa não se resume às patentes depositadas. Ela permeia as normas e os procedimentos da companhia que assegura que parte do conhecimento de seus engenheiros seja incorporada pela empresa por meio de registros que notificam qualquer especificidade do projeto durante o seu desenvolvimento (Bosch).

Durante o projeto toda informação foi processada e muito material (apresentações, relatórios etc.) foi produzido (Delphi).

Parte das especificações foi definida pelos clientes da Delphi, em outras palavras, o motor base deveria ser mantido sem modificações para aperfeiçoar a eficiência com etanol. Além disso, o veículo deveria apresentar a mesma dirigibilidade tanto em etanol quanto em gasolina; o sistema deveria partir e ter boa dirigibilidade, usar 100% etanol com temperatura ambiente maior do que 20 °C; o *software* deveria aprender o percentual de etanol no tanque desde E0 até E100 (Delphi).

Os relatórios de desenvolvimento, que registraram as impressões e as soluções empregadas no desenvolvimento, e os relatórios dos testes de validação, típicos da gestão formal do projeto, reforçaram a externalização.

Para algumas etapas era necessário produzir um relatório de desenvolvimento arquivado para futuras consultas (Bosch).

Normalmente, os testes necessários para aprovação do produto são efetuados pela engenharia e os relatórios são preparados para a validação pelos responsáveis pela qualidade (MM).

Para a condução do processo de desenvolvimento de produtos, a construção de protótipos é um componente essencial (Leonard-Barton, 1998). Nesse processo, o conhecimento explícito assume a forma de tecnologias e componentes (Nonaka & Takeuchi, 2008). O protótipo Ômega construído pela Bosch em 1994 sustenta a combinação como uma importante conversão do conhecimento, além dos protótipos improvisados da MM e da Delphi.

Uma pequena equipe, composta pelos engenheiros Vagner Gavioli, Alberto Bucci e Pedro Henrique Monnerat Junior, além de Fernando Damasceno, iniciou, informalmente, os primeiros testes com dois veículos equipados com sistema de injeção da MM: uma VW Parati da MM e o carro particular de Bucci, um VW Polo Classic (MM).

Esse tipo desenvolvimento, em geral, é executado em carros da frota e/ou adicionado em carros-conceito solicitados pelas montadoras para algum projeto específico (Delphi).

A diferença reside na forma com que a combinação de conhecimentos explícitos é internalizada pelos engenheiros. Um processo formal permite testes e análises mais aprofundados, com evidentes vantagens para a construção do conhecimento organizacional, o que já não ocorre em um projeto informal. A comparação entre as experiências da Bosch e da MM ilustra essa situação:

[...] e cinco anos depois, após rodar 260.000 km, o carro (Ômega 1994) foi desmontado e todos os componentes analisados (Bosch).

Após um ano de experimentações (entre 2000 e 2001), a ECU de primeira geração, que equipava os protótipos, não possibilitava a evolução dos testes, mas com ela foi possível confirmar a viabilidade da ideia (MM).

A socialização também foi uma das conversões do conhecimento registradas, independentemente do grau de formalização do projeto. Na Bosch e MM, além das evidências coletadas nas entrevistas, foi possível observar *in loco* que o espaço físico favorecia o contato pessoal das equipes de projeto.

Embora as reuniões informais (ex. bate-papo na hora do café) tivessem resultado em algumas ideias para o projeto, as principais discussões e iniciativas surgiram nas reuniões formais da equipe junto ao gerente da área, considerado um líder aberto à experimentação de novos conceitos (Bosch).

Mesmo no caso da Bosch, quando, no início do desenvolvimento, parte da equipe estava na Alemanha e a outra no Brasil, o contato entre os profissionais era diário. Além do contato entre os membros da equipe de projeto, a interação direta com clientes (montadoras) também foi indicativo da presença da socialização como forma de aquisição de conhecimento (Nonaka & Konno, 1998). Outra evidência que aponta para a troca de conhecimentos tácitos foi a constituição das equipes de projeto, quando profissionais experientes eram mesclados com mais novos, o que

facilitava o processo compartilhado de experiências (Aoshima, 2002; Nonaka & Takeuchi, 2008).

A equipe do projeto foi formada com quatro pessoas entre dois e 20 anos de experiência com formação em engenharia mecânica e eletrônica. Não havia propriamente uma área de P&D, mas a equipe contava com conhecimentos na área de *hardware*, *software*, sistemas, calibração e construção de algoritmos (Delphi).

Os processos de desenvolvimento, conforme a necessidade e a urgência requeridas, são executados de modo informal e improvisado e o conhecimento é transmitido de maneira prática, também sem formalidade, entre as gerações de engenheiros durante o andamento dos projetos (*learning by doing*) (MM).

Fase do pós-desenvolvimento

Se, por um lado, com o fim do desenvolvimento, a fase de pós-desenvolvimento pode ter um início comercial e outro técnico, por outro, não há propriamente um fim para essa fase. Com o sistema *flex* desenvolvido e vendido para a montadora, havia a necessidade de avaliar a experiência do produto em uso no campo (Clark & Wheelwright, 1993). Nessa fase, o aprendizado também pode ser caracterizado de maneira técnica e comercial (mercado). O conhecimento técnico ocorreu, prioritariamente, por meio da combinação de conhecimentos explícitos. Ele envolve a tecnologia desenvolvida, o funcionamento dos componentes e a integração do sistema. Com as situações vivenciadas pelos consumidores e reportadas pelas montadoras, surgiram oportunidades de aprendizado, pois uma série de condições de uso, não previstas na fase de desenvolvimento, pôde ser analisada.

Embora os testes conduzidos pela Bosch rivalizem em abrangência com os exigidos pelas montadoras, aplicados nos processos de homologação, a empresa tem, desde 2002, incorporado situações de campo para preparar novos testes em eventos antes não previstos em projeto (Bosch).

As situações de uso do veículo, não previstas no processo de desenvolvimento, são incorporadas em testes definidos como manobras críticas. Após o lançamento do sistema *flex fuel* da MM, investigações de todos os níveis foram feitas (MM).

No caso da aplicação desenvolvida para a Fiat, a Delphi vivenciou alguns problemas em campo relacionados a motoristas que colocavam apenas um litro de combustível num tanque quase vazio. A lógica do *body computer* (ECU) da Fiat estava programada para atualizar o nível do tanque com reabastecimentos de mais de cinco litros (Delphi).

A Delphi usava não só informações sobre o seu produto, mas também ocorrências com o produto de seus concorrentes para incorporar as lições em seu sistema de desenvolvimento.

Após o desenvolvimento e a entrega do produto ao cliente, a Delphi recebe relatórios e reclamações (formais e informais) sobre problemas que ocorrem em campo. Muitas vezes o problema exige uma investigação mais aprofundada em veículos levados às concessionárias com alguma reclamação. Em outras oportunidades, durante essas análises, há o contato com informações sobre problemas registrados em veículos com sistemas de controle de concorrentes. Essas informações também

são usadas para se desenvolver e programar melhorias em seus sistemas (Delphi).

Esses eventos reforçaram a combinação com o processo de transformação do conhecimento mais relevante, pois as lições do campo e as experiências internas da equipe do projeto eram formalmente registradas para melhoria no sistema de desenvolvimento de produtos.

Para a tecnologia *flex fuel* houve um acompanhamento das reclamações de usuários em determinadas concessionárias, quando se descobriram novos usos do automóvel, como o caso de uma senhora que o usava apenas para ir à missa, a um quilômetro de casa, uma vez por semana. [...] As lições desse processo são apreendidas pelo departamento de qualidade e integram uma base de dados da intranet (*lessons learned*) (MM).

Outro momento que envolveu a combinação de conhecimentos ocorreu quando a equipe do projeto, que congregou diferentes áreas do conhecimento, se reuniu para trocar experiências sobre as dificuldades encontradas. Com uma gestão mais formal do projeto desde o seu início, apenas a Bosch documentou as lições aprendidas em uma reunião formal de fechamento.

No fim, uma reunião de fechamento de projeto foi conduzida, os resultados apresentados e as lições aprendidas registradas em um relatório (Bosch).

Já o aprendizado relacionado a aspectos comerciais surgiu após todo o esforço de desenvolvimento que interessou ao mercado. A partir daí os sistemistas se dedicaram a uma série de apresentações sobre a tecnologia, sugeriram um papel relevante da socialização nessa fase do projeto.

No início dos anos 2000, a Bosch programou uma série de apresentações para convencer os usineiros (produtores de álcool), governos estaduais e governo federal da viabilidade da ideia (Bosch).

Em vez de vender o projeto internamente, a equipe foi à VW convencer o gerente de motores da empresa do potencial do projeto, até com visitas para avaliar o carro modificado. Entre 2001 e 2002, durante as reuniões semanais sobre os projetos em

andamento entre MM e VW, discutia-se informalmente a ideia do motor *flex fuel* (MM).

Após o lançamento, algumas reuniões e apresentações para divisões da Delphi nos EUA, na China e no Japão foram feitas devido ao interesse desses países no uso de combustíveis alternativos (Delphi).

Destaca-se também nesse processo de socialização toda a movimentação de bastidores para a aprovação de limites de emissões específicas para o motor *flex* e adequação da alíquota de IPI, além das reuniões técnicas para a divulgação do sistema promovidas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e pela Sociedade dos Engenheiros Automotivos (SAE Brasil). O pós-desenvolvimento canalizou o conhecimento para as lições aprendidas no campo (von Hippel & Tyre, 1995) para o desenvolvimento de melhorias incrementais no produto.

Discussão

A pesquisa relacionou as transformações do conhecimento descritas por Nonaka e Takeuchi (2008) no modelo SECI (socialização, externalização, combinação e internalização) em cada uma das fases de DNP (pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento) previstas por Rozenfeld et al. (2006) em seu modelo unificado do processo de desenvolvimento de produtos.

A principal constatação deste trabalho reside na diferença no modo como o conhecimento foi construído em função da fase do projeto (figura 1). Na fase de concepção do produto (pré-desenvolvimento) a socialização e a internalização, processos mais voltados para o conhecimento tácito, apareceram com maior relevância. O contato face a face entre os membros do time de projeto para a discussão da viabilidade da ideia, os sinais de mercado e a necessidade de investigar opções tecnológicas constituíram-se nos principais gatilhos para esses modos de conversão do conhecimento.

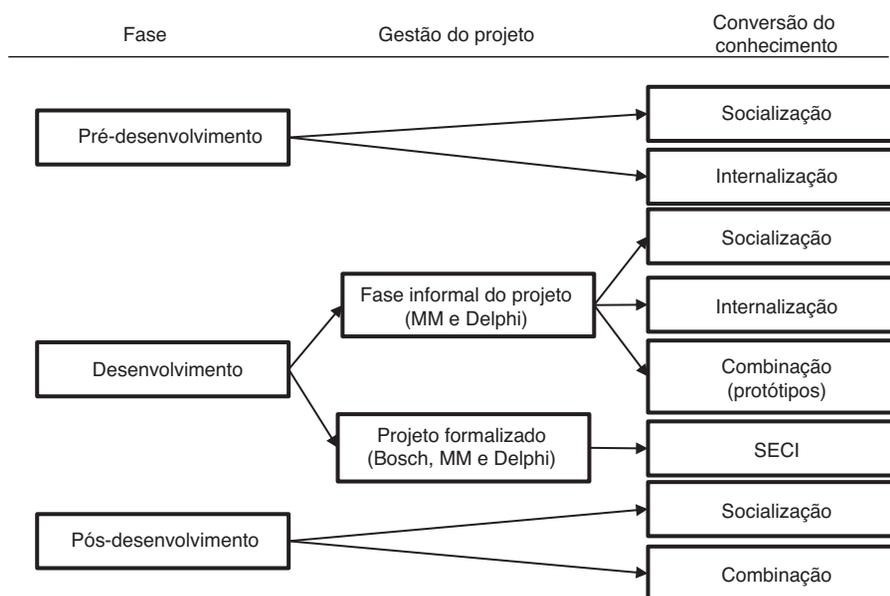


Figura 1. Modos de conversão do conhecimento encontradas durante cada uma das fases do projeto.

Na fase de desenvolvimento é que se encontrou a principal base para a construção do conhecimento organizacional em virtude da intensa atividade que ocorreu nessa etapa do projeto. A forma com que ele se manifestou (se explícito, tácito ou ambos) foi dependente da forma como o projeto foi gerenciado. Em ambientes ou momentos de projeto informais (como no início da MM e Delphi), o conhecimento adquiriu um formato muito mais tácito, principalmente em decorrência da internalização observada nos diversos testes feitos para a avaliação do conceito do produto e da não exigência da manutenção de registros dessas experiências. Já a gestão mais formal do projeto (caracterizada pelo gerenciamento da qualidade, prazos e orçamento) requer controles, apresentação de resultados e prestação de contas que favoreceram a construção do conhecimento explícito. Embora os registros do projeto tenham destaque na gestão formal, na fase de desenvolvimento ocorreu a manifestação de todos os modos de conversão do conhecimento do modelo SECI, mediante a construção de uma base de conhecimentos explícitos e tácitos a disposição da organização, o que sugere uma relação entre gestão de projetos e construção do conhecimento organizacional. Conclui-se, por conseguinte, que empresas que têm ferramentas para gerir seus projetos podem se beneficiar do conhecimento construído durante o seu desenvolvimento. O conhecimento tácito formado na gestão formal e informal do projeto, na fase de desenvolvimento, ocorreu por meio da socialização das lições de projetos anteriores por meio da interação entre a nova geração de engenheiros e a anterior. Nos estudos de caso conduzidos isso ficou evidente, pois os profissionais envolvidos no desenvolvimento da injeção eletrônica também estiveram no projeto *flex* em todas as empresas.

Na última fase, o pós-desenvolvimento, a socialização e a combinação foram os modos de conversão mais importantes, evidenciaram o caráter tácito do conhecimento sobre o mercado e do conhecimento explícito sobre a tecnologia como os principais vetores da formação do conhecimento organizacional. A pesquisa também revelou a importância dessa fase para a captura e retenção de conhecimento explícito para projetos futuros. Foi nessa fase que se observou a atuação do produto em condições reais, quando o conhecimento assimilado passou a integrar a lista de requisitos para os próximos desenvolvimentos, como foi demonstrado com relação aos testes do sistema *flex fuel*.

Conclusão

Esta pesquisa se propôs a caracterizar e entender a transformação do conhecimento organizacional em um projeto de inovação, mais precisamente buscou-se responder: como o conhecimento empregado nesse processo de inovação se transformou (entre tácito e explícito) durante as fases do projeto?

Para atingir o objetivo, a investigação percorreu as fases do projeto da tecnologia *flex fuel* conduzido por cada um dos três sistematistas pioneiros nesse desenvolvimento no Brasil. A análise reuniu as possíveis fontes de conhecimento (internas e externas), além de examinar os fatores que influenciaram seu fluxo. Com isso foi possível observar diferenças entre as transformações do conhecimento em suas dimensões tácita e explícita, como

descrito no modelo SECI, em função da fase do DNP (pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento). Além disso, observaram-se diferenças em função do grau de formalização do projeto de DNP (projeto formal ou informal).

Entre as implicações teóricas, este trabalho corrobora a pesquisa de Schulze e Hoegl (2008), que identificaram na fase de pré-desenvolvimento a relação positiva que a socialização e a internalização têm com o sucesso do projeto. Esta pesquisa, porém, apontou diferenças em relação às conclusões de Schulze e Hoegl (2006), que demonstraram para a fase de desenvolvimento que apenas a externalização e a combinação estavam positivamente relacionados com o sucesso do produto. Aqui são apresentadas evidências da influência do modo de gestão do projeto (formal ou informal) na transformação do conhecimento nessa fase. Em projetos formais registrou-se a presença de todos os modos de conversão quando a organização emprega a interação entre o conhecimento tácito (assimilado pelos engenheiros), com o conhecimento explícito (presente em protótipos, arquivos e banco de dados) para atingir os objetivos do projeto, converge-se, desse modo, para os resultados de Aoshima (2002). Já em projetos informais observou-se a socialização, a internalização e a combinação apenas nos momentos da construção dos protótipos improvisados. A análise dos resultados também confirma uma das principais conclusões de Silva & Rozenfeld (2003, Silva & Rozenfeld, 2007) por identificar a socialização (por estar presente em todas as fases do projeto) como um dos mais importantes modos de conversão do conhecimento no processo de DNP.

Esta pesquisa se diferencia de estudos anteriores ao investigar a importância do pós-desenvolvimento na construção do conhecimento organizacional (Clark & Wheelwright, 1993). As experiências colhidas pelos sistematistas no campo se traduziram em conhecimento na medida em que fizeram emergir questões que não puderam ser antecipadas durante a fase de desenvolvimento (von Hippel & Tyre, 1995) e ajudam a melhorar o processo de DNP, principalmente com a criação de testes de validação baseados nessas experiências. A contribuição também reside na diferenciação apresentada na formação do conhecimento organizacional sobre o mercado (comercial) e o conhecimento técnico (funcionamento do sistema *flex*), que necessitam de modos de aprendizagem distintos. Enquanto o primeiro é influenciado pela socialização, o segundo o é pela combinação.

Os resultados aqui apresentados podem ser de interesse gerencial, pois reúnem uma série de informações para a gestão do conhecimento em ambiente de projetos. Destacam-se a necessidade de prover de modo integrado a infraestrutura e tecnologia para apoiar o fluxo de conhecimento, a criação de uma cultura voltada para a inovação e a formação e a manutenção de mão de obra qualificada para atender aos desafios impostos pelos requisitos de projeto. Nas fases de pré-desenvolvimento e desenvolvimento deveriam ser criados mecanismos que facilitassem o contato pessoal para fomentar, assim, a socialização. Já no pós-desenvolvimento deveriam ser incentivados métodos eficazes de coleta de informações e interação com o mercado, para melhorar a combinação do conhecimento externo (do campo) com o interno (da organização).

A pesquisa também deve ser entendida com base em suas limitações. A primeira é o tipo de inovação estudado. A tecnologia *flex fuel* se aproxima da definição de Garcia e Calantone (2002) para inovação incremental ou da inovação modular proposta por Henderson e Clark (1990). Desse modo, os resultados não podem ser generalizados para outros tipos de inovação. Tomam-se como exemplo projetos classificados como radicais, que poderiam requerer uma base nova de conhecimentos, exigir novas formas de aprendizagem (Darroch & McNaughton, 2002).

Outra limitação é a do cenário escolhido para a pesquisa. As generalizações ficam restritas pelo foco particular dado à indústria automobilística. Cada indústria tem sua dinâmica e o setor automobilístico tem questões únicas ligadas à gestão e ao controle sobre seus fornecedores, porte das empresas envolvidas e nível de internacionalização. Pela influência das montadoras na construção do conhecimento das empresas pesquisadas, essa observação deve ser considerada, visto que, em outros setores as relações verificadas nesta pesquisa podem não ser relevantes.

Pesquisas futuras, conduzidas em outros setores industriais, poderiam identificar a validade dos resultados encontrados. Outros trabalhos poderiam relacionar a construção do conhecimento com o retorno financeiro e/ou a qualidade do produto. As relações da cadeia de suprimento em favor da construção do conhecimento merecem estudos mais detalhados. A inovação em parceria com outras empresas poderia inverter a ordem da construção do conhecimento em suas dimensões ontológicas, com destaque, talvez, para o conhecimento interorganizacional, que começaria a ser formado logo nas fases iniciais do projeto. A influência dos diferentes estilos de liderança no sucesso de projetos forma um corpo de estudos muito popular na área de gestão de projetos. Assim, algumas pesquisas poderiam relacionar a liderança e a construção do conhecimento nesse contexto.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

- Anand, G., Ward, P. T., & Tatikonda, M. V. (2010). Role of explicit and tacit knowledge in six sigma projects: An empirical examination of differential project success. *Journal of Operations Management*, 28(4), 303–315.
- Aoshima, Y. (2002). Transfer of system knowledge across generations in new product development: Empirical observations from Japanese automobile development. *Industrial Relations*, 41(4), 605–628.
- Becker, M. C., & Zirpoli, F. (2003). Organizing new product development: Knowledge hollowing-out and knowledge integration – The FIAT auto case. *International Journal of Operations & Production Management*, 23(9), 1033–1061.
- Cerra, A. L., Maia, J. L., & Alves Filho, A. G. (2007). Projetos locais de desenvolvimento no contexto das cadeias de suprimentos de montadoras de motores veteranas e entrantes. *Gestão & Produção*, 14(3), 505–519.
- Clark, K. B., & Wheelwright, S. C. (1993). *Managing new product and process development: Text and cases*. New York: Free Press.
- Crossan, M. M., Lane, H. W., & White, R. E. (1999). An organizational learning framework: From intuition to institution. *The Academy of Management Review*, 24(3), 522–537.
- Darroch, J., & McNaughton, R. (2002). Examining the link between knowledge management practices and types of innovation. *Journal of Intellectual Capital*, 3(3), 210–222.
- Dias, A. V. C., & Salerno, M. S. (2009). Descentralização das atividades de pesquisa, desenvolvimento e engenharia de empresas transnacionais: Uma investigação a partir da perspectiva de subsidiárias automotivas. *Gestão & Produção*, 16(2), 187–199.
- Dyck, B., Starke, F. A., Mischke, G. A., & Mauws, M. (2005). Learning to build a car: An empirical investigation of organizational learning. *Journal of Management Studies*, 387–416.
- Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of Management Review*, 14(4), 532–550.
- Ferrari, F. M., & Toledo, J. C. De. (2004). Analyzing the knowledge management through the product development process. *Journal of Knowledge Management*, 8(1), 117–129.
- Figueiredo, P. N. (2003). *Aprendizagem tecnológica e performance competitiva*. Rio de Janeiro: FGV.
- Garcia, R., & Calantone, R. (2002). A critical look at technological innovation typology and innovativeness terminology: A literature review. *The Journal of Product Innovation Management*, 19, 110–132.
- Gibbs, G. (2009). *Análise de dados quantitativos*. Porto Alegre: Artmed.
- Gourlay, S. (2006). Conceptualizing knowledge creation: A critique of Nonaka's theory. *Journal of Management Studies*, 43(7), 1415–1436.
- Hargadon, A., & Sutton, R. I. (1997). Technology brokering and innovation in a product development firm. *Administrative Science Quarterly*, 42(4), 716.
- Hedlund, G. (1994). A model of knowledge management and the N-form corporation. *Long Range Planning*, 15, 73–90. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/2486877>.
- Henderson, R. M., & Clark, K. B. (1990). Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative Science Quarterly*, 35, 9–30.
- Hoegl, M., & Schulze, A. (2005). How to support knowledge creation in new product development: An investigation of knowledge management methods. *European Management Journal*, 23(3), 263–273.
- Leonard-Barton, D. (1998). *Nascentes do saber: Criando e sustentando as fontes de inovação*. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas.
- Linderman, K., Schroeder, R. G., Zaheer, S., Liedtke, C., & Choo, A. S. (2004). Integrating quality management practices with knowledge creation processes. *Journal of Operations Management*, 22(6), 589–607.
- Lynn, G. S., & Akgun, A. E. (2000). A new product development learning model: Antecedents and consequences of declarative and procedural knowledge. *International Journal of Technology Management*, 20(5/6/7/8), 490.
- McCutcheon, D. M., & Meredith, J. R. (1993). Conducting case study research in operations management. *Journal of Operations Management*, 11(3), 239–256.
- Miguel, P. A. C. (2007). Estudo de caso na engenharia de produção: Estruturação e recomendações para sua condução. *Produção*, 17(1), 216–229.
- Nichols, R. J. (2003). The methanol story: A sustainable fuel for the future. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 62(1), 97–105.
- Nonaka, I., Byosiére, P., Borucki, C. C., & Konno, N. (1994). Organizational knowledge creation theory: A first comprehensive test. *International Business Review*, 3(4), 337–351.
- Nonaka, I., & Konno, N. (1998). The concept of “Ba”: Building a foundation for knowledge creation. *California Management Review*, 40(3), 40–54.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (2008). *Criação de conhecimento na empresa: Como as empresas japonesas geram a dinâmica do conhecimento* (19^{ed.}). Rio de Janeiro: Elsevier.
- Nonaka, I., Toyama, R., & Konno, N. (2000). SECI Ba and leadership: A unified model of dynamic knowledge creation. *Long Range Planning*, 33(1), 5–34.
- Parikh, M. (2001). Knowledge management framework for high-tech research and development. *Engineering Management Journal*, 13(3), 27–33.
- Popadiuk, S., & Choo, C. (2006). Innovation and knowledge creation: How are these concepts related? *International Journal of Information Management*, 26(4), 302–312.
- Ribeiro, R., & Collins, H. (2007). The bread-making machine: Tacit knowledge and two types of action. *Organization Studies*, 28(9), 1417–1433.
- Richtné, A., Åhlström, P., & Goffin, K. (2014). Squeezing R&D: A study of organizational slack and knowledge creation in NPD, using the SECI model. *Journal of Product Innovation Management*, 31(6), 1268–1290.

- Rozenfeld, H., Forcellini, F. A., Amaral, D. C., Toledo, J. C., De Silva, S. L., Da Alliprandini, D. H., et al. (2006). *Gestão de desenvolvimento de produtos: Uma referência para a melhoria do processo*. São Paulo: Saraiva.
- Sabherwal, R., & Becerra-Fernandez, I. (2003). An empirical study of the effect of knowledge management processes at individual, group, and organizational levels. *Decision Sciences*, 34(2), 225–260.
- Schulze, A., & Hoegl, M. (2006). Knowledge creation in new product development projects. *Journal of Management*, 32(2), 210–236.
- Schulze, A., & Hoegl, M. (2008). Organizational knowledge creation and the generation of new product ideas: A behavioral approach. *Research Policy*, 37(10), 1742–1750.
- da Silva, S. L. (2002). *Proposição de um modelo para caracterização das conversões do conhecimento no processo de desenvolvimento de produtos*. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos. Tese de doutorado.
- Silva, S. L. Da., & Rozenfeld, H. (2003). Modelo de avaliação da gestão do conhecimento no processo de desenvolvimento do produto: Aplicação em um estudo de caso. *Produção*, 3(2), 6–20.
- da Silva, S. L., & Rozenfeld, H. (2007). Model for mapping knowledge management in product development: A case study at a truck and bus manufacturer. *International Journal of Automotive Technology and Management*, 7(2/3), 216.
- von Hippel, E., & Tyre, M. J. (1995). How learning by doing is done: Problem identification in novel process equipment. *Research Policy*, 24, 1–12.
- Voss, C., Tsikriktsii, N., & Frohlich, M. (2002). Case research in operations management. *International Journal of Operations and Production Management*, 22(2), 195–219.
- Yin, R. K. (2005). *Estudo de caso: Planejamento e métodos* (3^a ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Yu, A. S. O., Nascimento, P. T. de S., Nigro, F. E. B., Frederick, B. W. B., Gatti Junior, W., et al. (2009). Supplier involvement in flex-fuel technology development: The General Motors and Volkswagen Brazilian cases. In *PICMET*, 1616–1625.