

Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos mecatrônicos (MRM): Validação e resultados de uso

Mechatronic reference model (MRM) for new product development: Validation and results

Sanderson César Macêdo Barbalho¹
Henrique Rozenfeld²

Resumo: Este artigo apresenta o modelo de referência para o desenvolvimento de produtos mecatrônicos (MRM) enfatizando o trabalho de validação do modelo pela implantação de melhorias no processo de desenvolvimento de produtos (PDP) de uma empresa desenvolvedora. A aplicação e validação do modelo foi realizada por meio de uma pesquisa-ação. O conteúdo do modelo é sumarizado e sua metodologia de aplicação e validação é apresentada. As melhorias introduzidas aumentaram a capacidade do PDP da empresa tanto na análise dos principais atores da implantação quanto para executores do processo não envolvidos na implementação. Estes últimos reportaram uma percepção de melhoria de indicadores de tempo, custo e qualidade do PDP. Os resultados mais significativos ocorreram no controle de documentos e configurações de produto e isso se deveu a aspectos regulatórios do mercado de equipamentos médicos. Embora tenha havido forte investimento em melhorias na área de gestão de projetos, seus resultados em controle de prazos e custos foram limitados por aspectos vinculados à integração entre as áreas de engenharia e marketing.

Palavras-chave: Processo de desenvolvimento de produtos. Melhoria de processos. Modelos de referência.

Abstract: *This paper presents a reference model for the development of mechatronic products (MRM) emphasizing the model validation by making improvements in the new product development (NPD) of a manufacturing company. The model was applied and validated through an action research. The model content was summarized and its application and validation methodology was presented. The improvements increased the company's NPD capability even for those who work on the process but who were not involved in the process implementation. The latter reported a perceived improvement in time, cost, and quality of NPD. The most significant results occurred in document control and product configurations due to regulatory aspects of medical devices. Although there have been significant investments in the project management area, the time and cost control results were limited by aspects related to the integration between engineering and marketing personnel.*

Keywords: *New product development. Process improvement. Reference model.*

1 Introdução

Modelos de referência podem ser entendidos como diretrizes, procedimentos e critérios de decisão para o sucesso no processo de desenvolvimento de produtos (PDP). Eles objetivam prover um meio para introduzir produtos lucrativamente no mercado. Estudos de *benchmarking* clássicos, como Cooper e Kleinschmidt (1995) e Griffin (1997), apontam entre as melhores práticas em PDP que a utilização dos modelos de referência é um fator crítico de sucesso para melhoria do PDP e para a lucratividade dos novos produtos.

Todavia, os mecanismos que relacionam a melhoria em PDP e a aplicação de modelos de referência

não têm sido estudados em profundidade. O que realmente é melhorado no PDP depois da introdução de um modelo? Como um modelo deve ser aplicado de maneira a trazer bons resultados? Enfim, mesmo que estudos clássicos indiquem que a utilização de modelos de referência implica em melhoria no PDP, algumas questões práticas para a efetividade na aplicação desses modelos não são bem entendidas. Por exemplo, Cooper (1993) afirma que os modelos permitem um planejamento mais acurado dos projetos. Ulrich e Eppinger (2003) sugerem mais efetividade à garantia da qualidade do produto. Beskow (2000)

¹ Núcleo de Engenharia de Produção, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília –UnB, CEP 70904-970, Brasília, DF, Brasil, e-mail: sandersoncesar@unb.br

² Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo – USP, CEP 13566-590, São Carlos, SP, Brasil, e-mail: roz@sc.usp.br

Recebido em 19/10/2010 — Aceito em 18/10/2012

Suporte financeiro: CAPES.

aponta que os modelos facilitam a transferência de conhecimento entre projetos. Engwall, Kling e Werr (2005) acreditam que a única melhoria relativa ao uso dos modelos é que eles proveem um léxico comum para as diversas áreas envolvidas no PDP. Tais estudos, entretanto, não vêm acompanhados de dados empíricos e relações de causa-efeito, o que é apresentado neste texto.

Este artigo é parte de uma pesquisa em que foi proposto um modelo de referência para desenvolver produtos mecatrônicos. É resultado de um doutoramento no qual dois anos foram dedicados à aplicação do modelo em problemas operacionais do desenvolvimento de produtos de alta tecnologia. A maioria dos modelos de referência em PDP descritos na literatura são genéricos, de acordo com Vernadat (1996). A opção por instanciar o modelo aqui apresentado para o caso de produtos mecatrônicos teve por motivação a necessidade de entender detalhes tecnológicos dos produtos de forma a permitir estudos de caso detalhados e aplicação de métodos e ferramentas de PDP em harmonia com a tecnologia projetada.

A utilização do conceito de mecatrônica se deu pelo fato de que essa terminologia permite caracterizar produtos com alto grau de complexidade tecnológica, já havendo extenso material bibliográfico a respeito. Assim, a conceituação de produtos mecatrônicos foi extensamente pesquisada fugindo, porém, ao escopo deste trabalho o seu detalhamento. Em suma, os produtos mecatrônicos são aqueles cuja função principal é provida por soluções que agregam tecnologias mecânica, eletrônica e de *software* (BRADLEY et al., 2000). Seu projeto demanda alto esforço em organizar pessoal com diferentes especialidades e em articular todo um sistema de produção que consiga produzir partes mecânicas e eletrônicas de maneira integrada.

O recorte do trabalho são as atividades de pesquisa relacionadas com a validação do modelo de referência mecatrônico (MRM), assim como os resultados de melhoria conseguidos e os fatores do contexto organizacional e mercadológico que se considera terem sido os principais influenciadores do êxito conseguido. Assim, não será dado enfoque no conteúdo do modelo ou na descrição detalhada de seus resultados práticos na empresa, mas no *framework* geral de sua aplicação e validação como ferramenta de melhoria do PDP. Dessa forma, espera-se contribuir para a definição de metodologias de aplicação e validação de modelos de referência, uma vez que vários trabalhos acadêmicos têm apresentado modelos baseados apenas em revisão bibliográfica, o que traz interrogações sobre sua aplicabilidade prática.

O texto apresenta inicialmente os aspectos da metodologia da pesquisa e, em seguida, a revisão teórica. Posteriormente, sumariza-se o modelo e

é apresentado seu método de aplicação. Enfim, apresenta-se a aplicação e se discutem seus resultados com vistas ao teste de validação do modelo. Ao final, constam as conclusões do trabalho.

2 Aspectos metodológicos

O modelo de referência mecatrônico foi desenvolvido mediante uma série de procedimentos metodológicos. Primeiramente foi realizado um estudo de caso em uma empresa desenvolvedora de produtos mecatrônicos, seguindo os procedimentos descritos em Yin (2008). O objetivo foi levantar o léxico terminológico dos produtos mecatrônicos e verificar *in loco* aspectos práticos do desenvolvimento desse tipo de produto. O estudo foi realizado ao longo de seis meses e, além de entrevistas, utilizou-se observação participante como técnica de levantamento de dados.

Em seguida, realizou-se extensa revisão bibliográfica sobre as temáticas: desenvolvimento de produtos e mecatrônica. A partir daí foi realizada análise de conteúdo de acordo com os procedimentos descritos em Bardin (1979) quanto à vertente categorial. Optou-se por realizar o trabalho com base na literatura clássica e apenas alguns artigos de periódico com maior impacto na área, segundo o número de citações no sistema *Web of Science*. Ao final dessa etapa, o modelo de referência apresentava formato e conteúdo tais que era possível aplicá-lo e testá-lo em casos reais de desenvolvimento de produtos mecatrônicos. Passou-se à fase de aplicação e validação, as quais são aqui relatadas.

A aplicação do modelo foi conduzida mediante conceitos e técnicas de pesquisa-ação (THIOLLENT, 1997) em 24 meses de trabalho. O pesquisador foi integrado à equipe de projeto de uma empresa que desenvolve produtos mecatrônicos e passou a realizar melhorias no seu PDP com base em uma metodologia previamente definida (descrita no item 6). Ao final, foram desenvolvidos dois questionários para inferir a melhoria conseguida e a opinião dos participantes do PDP quanto aos resultados e às limitações da ferramenta. Os resultados desses questionários são aqui relatados.

3 Reflexões sobre desempenho e melhoria em PDP

O estudo pioneiro e, ainda hoje, principal referência na análise do desempenho do PDP é o trabalho de Clark e Fujimoto (1991) acerca da indústria automotiva. Os autores tratam a *performance* do desenvolvimento de produtos como um reflexo das capacidades de longo prazo da firma e estabelecem a qualidade total do produto, o *lead-time* de desenvolvimento e a produtividade como os principais critérios de desempenho do PDP.

Alguns estudos buscam entender os direcionadores do desempenho do PDP que implicam em um PDP eficiente e que gere produtos de sucesso. A Tabela 1 apresenta alguns direcionadores e indicadores de desempenho usados neste tipo de estudo.

O tipo de estudo apresentado na Tabela 1 é baseado no seguinte ponto de vista: se os aspectos que resultaram em sucesso no PDP de algumas empresas forem descobertos e entendidos, relações de causa-efeito podem ser estabelecidas no sentido de identificar que elemento permitirá potencializar qual resultado em termos de sucesso do produto. Por exemplo, se a companhia almeja melhor desempenho em tempo, ela pode melhor gerenciar seus processos realizando testes de mercado no início do desenvolvimento (ROBERTS; BELOTTI, 2002) ou designar um forte líder de projeto (comumente denominado *champion*) para dirigir o projeto (COOPER; KLEINSCHMIDT, 1995). Além dos direcionadores e indicadores de desempenho, Kahn, Barczak e Moss (2006) mencionam que estudos similares aos da Tabela 1 são delineados ao longo de “dimensões” do PDP. Adams-Bigelow (2006) enfatiza a necessidade de cada companhia desenvolver suas próprias métricas uma vez que elas devem estar alinhadas aos objetivos estratégicos da empresa.

A pesquisa aqui relatada adota como principal direcionador do desempenho em PDP o nível de maturidade das suas áreas de processo, conforme define Chrissis, Konrad e Shrum (2006) no *Capability Maturity Model Integration* (CMMI). O modelo CMMI, além de apresentar uma sistemática de indicadores de PDP, sugere uma metodologia de melhoria contínua baseada nesses indicadores. Por essa razão, e pelo CMMI ter sido desenvolvido para atender a requisitos de produtos que integram *hardware* e *software*, portanto, próximos da definição de produtos

mecatrônicos, sua metodologia foi utilizada como referência de aplicação do MRM.

A melhoria de processos sugerida pelo CMMI é implementada através da construção de padrões de referência para a operação do que os autores chamam de áreas de processo (AP) do desenvolvimento de produtos. Os autores sugerem a adoção de dois diferentes caminhos para a melhoria do PDP. O primeiro é denominado de “contínuo” e habilita a empresa a melhorar incrementalmente o processo em uma AP previamente definida pela organização, seja em função da facilidade de acesso, do potencial de melhoria ou da estratégia da firma. O segundo, denominado “por estágios”, permite que a organização melhore um conjunto de processos inter-relacionados sob a responsabilidade de diferentes unidades organizacionais por abordar agrupamentos sucessivos de APs que são pré-definidos pelos autores. Em suma, a representação “contínua” melhora o PDP por trabalhar sua capacidade (*capability*), *i.e.*, atingir a melhoria do processo em uma determinada área de processo, enquanto que a representação “por estágios” melhora por abordar a “maturidade” do processo (*maturity*).

A dificuldade em aplicar métodos de melhoria contínua no PDP é analisada por Caffyn (1997). A autora acredita que a intangibilidade e a criatividade inerentes ao PDP, a demanda por padronizar um processo para que a partir do padrão seja melhorado e a usual lacuna de medidas de desempenho para gerenciar o PDP são as principais causas dos poucos resultados conseguidos pela aplicação de metodologias de melhoria em desenvolvimento de produtos.

Análises da implantação de ISO 9001 no PDP ilustram diversas barreiras para a melhoria contínua no PDP. Auer, Karjalainen e Seppänen (1996) consideram difícil implementar um sistema de qualidade em organizações de P&D em função da dificuldade

Tabela 1. Direcionadores de desempenho do PDP e métricas de sucesso de novos produtos.

Referências	Direcionadores do PDP	Métricas de sucesso do produto
<ul style="list-style-type: none"> • Paladino (2007) • Cooper e Kleinschmidt (1995) • Griffin e Page (1996) • Roberts e Belotti (2002) • Kahn, Barczak e Moss (2006) • Da Silva et al. (2007) • Toledo et al. (2007) • Chiesa e Frantini (2007) 	<ul style="list-style-type: none"> • Decisões de estratégia do produto • Orientação estratégica de recursos • Orientação de <i>marketing</i> do produto • Estudos de mercado • Forte liderança no projeto • Nível hierárquico do patrocinador • Vantagem em serviços e suporte técnico • Rápida e acurada definição do produto • Teste de mercado do produto no início do desenvolvimento • Conteúdo técnico do produto • Organização do projeto orientado a times • Comunicação e colaboração dentro dos projetos de novos produtos • Uso de técnicas de gestão da qualidade • Aceitação da estratégia tecnológica 	<ul style="list-style-type: none"> • Desempenho financeiro • Qualidade do produto • Valor para o cliente • Percentual de vendas com novos produtos • Percentual de lucro com novos produtos • Taxa de sucesso técnico • Participação de mercado • Impacto financeiro na firma • Tempo de ciclo • Cumprimento de metas de prazo • Crescimento de mercado • Taxa de inovação • Tempo de retorno do investimento • Satisfação de partes interessadas

de agregar recursos extras para trabalhar apenas em documentação, pela insatisfação que poderia ser causada, o que poderia prejudicar a captação e manutenção de pesquisadores competentes. Terziovski, Samson e Dow (1997) mostram em estudo realizado com empresas neozelandesas e australianas que há correlação negativa entre a certificação ISO 9000 e a inovação de produtos. Ou seja, empresas certificadas apresentam menor taxa de inovação que as não certificadas. Ragotaman e Korte (1999) estudaram empresas americanas certificadas e detectaram que há forte discordância quanto à existência de resultados positivos decorrentes da certificação ISO 9000 como ferramenta de melhoria no PDP. Dados apresentados por Blind e Hipp (2003) mostram que, de um universo de 2100 empresas alemãs, 89% das consideradas inovadoras não aplicam ISO 9001 e que este número aumenta com a redução do número de empregados na firma.

No Brasil, diversos pesquisadores têm se dedicado a estudar a melhoria em desenvolvimento de produtos, seja entendendo fatores de sucesso de determinadas empresas e setores, seja analisando a aplicação de determinados conceitos no PDP das empresas. Santos Junior e Mello (1996) analisam o PDP de empresas do polo tecnológico de São Carlos. Os autores identificaram uma série de comportamentos comuns entre as diferentes empresas sob o ponto de vista da criação do negócio e discutem fatores que determinaram o insucesso de alguns dos produtos desenvolvidos por estas empresas. Problemas relativos às interfaces entre a engenharia e atividades de outras áreas, especialmente a de *marketing*, foram ressaltados.

Toledo et al. (2007) descreve um *survey* com um considerável número de pequenas empresas brasileiras de alta tecnologia para identificar direcionadores de desempenho em PDP. Os resultados identificam a importância do trabalho de levantamento de requisitos

e as habilidades de gerenciamento de times de projeto como principais aspectos presentes em projetos exitosos. Enfim, os autores identificam que a atividade de prover documentação do produto é fator diferencial em projetos exitosos. Da Silva et al. (2007) apresentam estudo com firmas de tecnologia nas áreas médica e de automação industrial. Empresas de automação têm seus fatores de sucesso relacionados com desempenho superior de seus produtos frente à concorrência. Empresas da área médica dependem de uma boa interpretação das necessidades do cliente e da criatividade nas soluções de engenharia. Os autores identificam que atividades de homologação têm relação com o sucesso do produto em ambas as áreas.

4 Sumário do modelo de referência aplicado

Uma vez que não é objetivo do trabalho a descrição do Modelo de Referência Mecatrônico (MRM), apenas um sumário do seu conteúdo será apresentado. O modelo utiliza uma representação do tipo *stage gate*[®] e, com base nela, uma classificação das áreas de processo e um método de melhoria do PDP foram construídos. O modelo reflete melhores práticas detectadas na bibliografia quanto ao desenvolvimento de produtos mecatrônicos. A Figura 1 mostra a visão do processo do modelo de referência construído. As fases do MRM são definidas em função dos resultados que geram. Tais resultados são documentos que representariam o conceito de “informações de valor”, discutido por Clark e Fujimoto (1991). As fases são descritas como segue:

- Estratégia: definição da estratégia a ser perseguida em cada linha de produtos (LDP);
- Portfólio: definição do portfólio de cada LDP;
- Especificações: definição das especificações de cada produto;

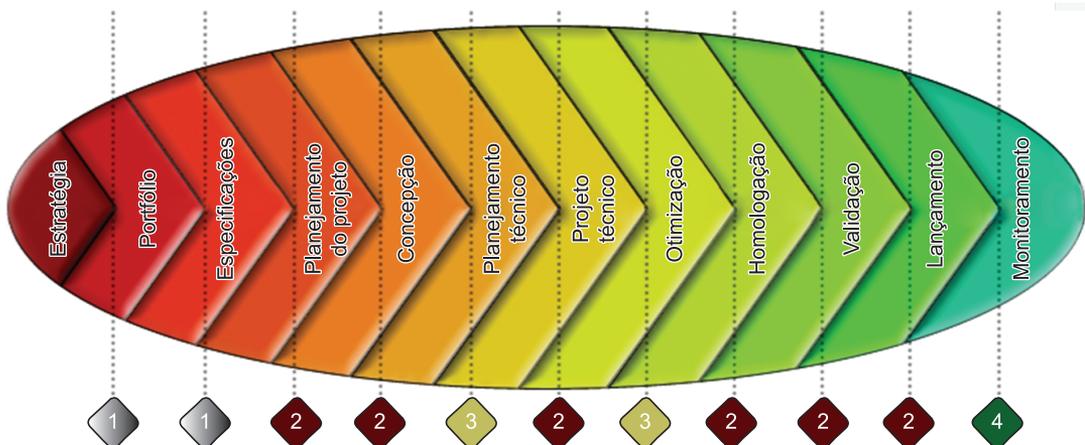


Figura 1. Fases e decisões do MRM.

- Planejamento do projeto: definição do plano de projeto de cada produto;
- Concepção: definição dos principais componentes e princípios de solução para as funções principais do produto mecatrônico;
- Planejamento técnico: detalhamento do plano de projeto com base na concepção definida;
- Projeto técnico: soluções técnicas para as funções principais do produto;
- Otimização: detalhamento e teste de soluções para funções secundárias do produto e realização de análises necessárias ao aumento da robustez e confiabilidade do produto;
- Homologação: homologação do processo de fabricação e montagem do produto;
- Validação: validação e certificação do produto por terceira parte;
- Lançamento: lançamento do produto no mercado; e
- Monitoramento: acompanhamento dos resultados conseguidos com o produto e gerenciamento das modificações realizadas na configuração inicial de produção.

Entre cada fase há um ponto de decisão, ou *gates*, sendo eles de quatro tipos. Os *gates* ilustrados por (1) representam momentos nos quais as decisões são tomadas em torno de um determinado conjunto de produtos. Na fase de estratégia, o conjunto são todos os produtos da empresa. Na de portfólio, são todos de uma determinada LDP. Os *gates* representados como (2) são decisões com ênfase no negócio realizadas com base em indicadores de desempenho de projetos. *Gates* (3) são decisões técnicas realizadas em encontros do tipo *peer review*. O *gate* (4) representa o fechamento de um determinado projeto de desenvolvimento após o *ramp-up* do produto. As decisões representadas nos *gates* foram também utilizadas para definir as atividades da fase precedente, assim como o conteúdo dos documentos de saída de cada fase.

Para cada fase do modelo, foi desenvolvido um fluxograma de processos representando a visão de atividades (VERNADAT, 1996) do MRM. De maneira a apenas exemplificar a estrutura do modelo confeccionado, apresenta-se, na Figura 2, o fluxo da fase de estratégia. Vê-se que a fase tem como entradas o plano estratégico da firma e dados de mercado mediante os quais diversas atividades são realizadas. São gerados, como saídas da fase, um documento de

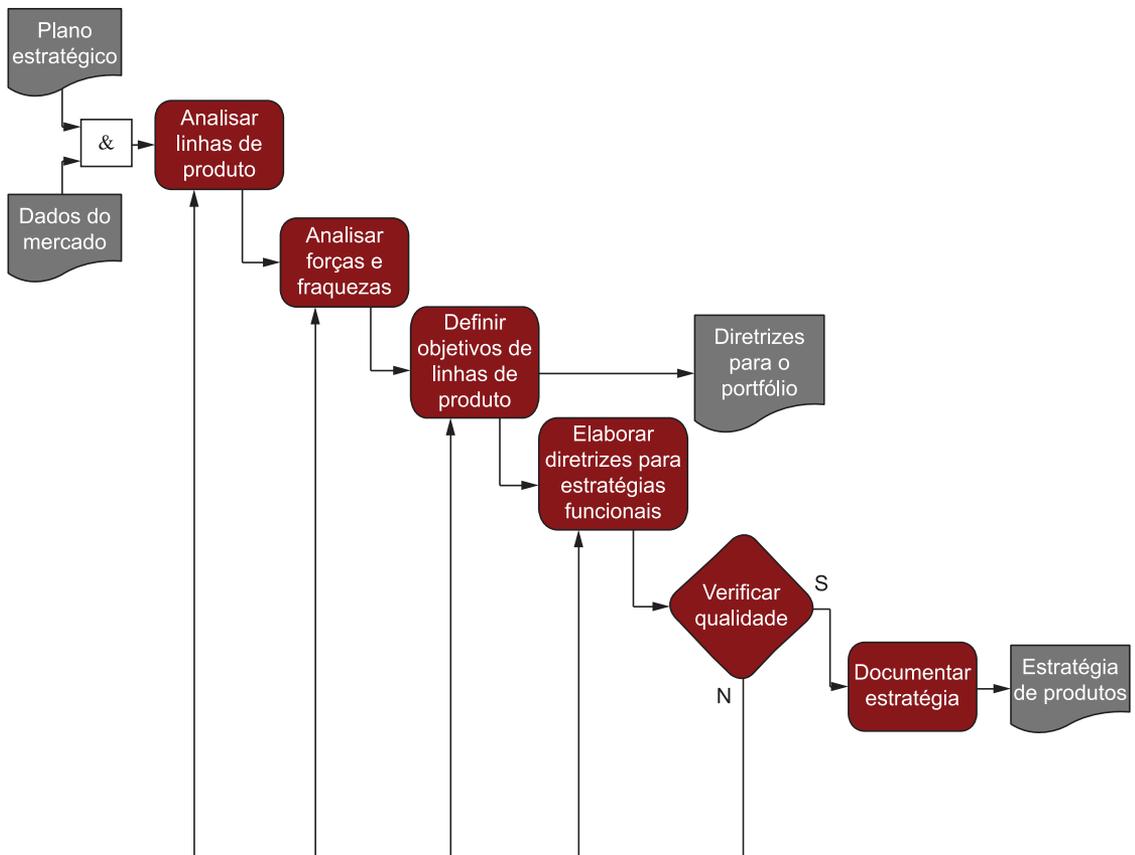


Figura 2. Fase de estratégia.

diretrizes para o portfólio de produtos e a própria estratégia de produtos da empresa.

Para cada atividade ilustrada nos fluxogramas similares ao ilustrado na Figura 2, há uma descrição detalhada de seu conteúdo com: (1) referências à bibliografia de PDP ou das áreas técnicas vinculadas ao projeto mecatrônico; (2) uma descrição das tarefas que compõem a atividade; (3) as informações

de entrada necessárias à execução da atividade; e (4) suas principais saídas. Tal descrição textual é complementada com uma árvore de funções (SCHEER, 1999), um fluxo de entradas e saídas e uma caixa explicativa resumindo suas características no contexto do MRM.

A Figura 3 apresenta o detalhe da atividade “Definir objetivos do portfólio” que é parte do fluxograma

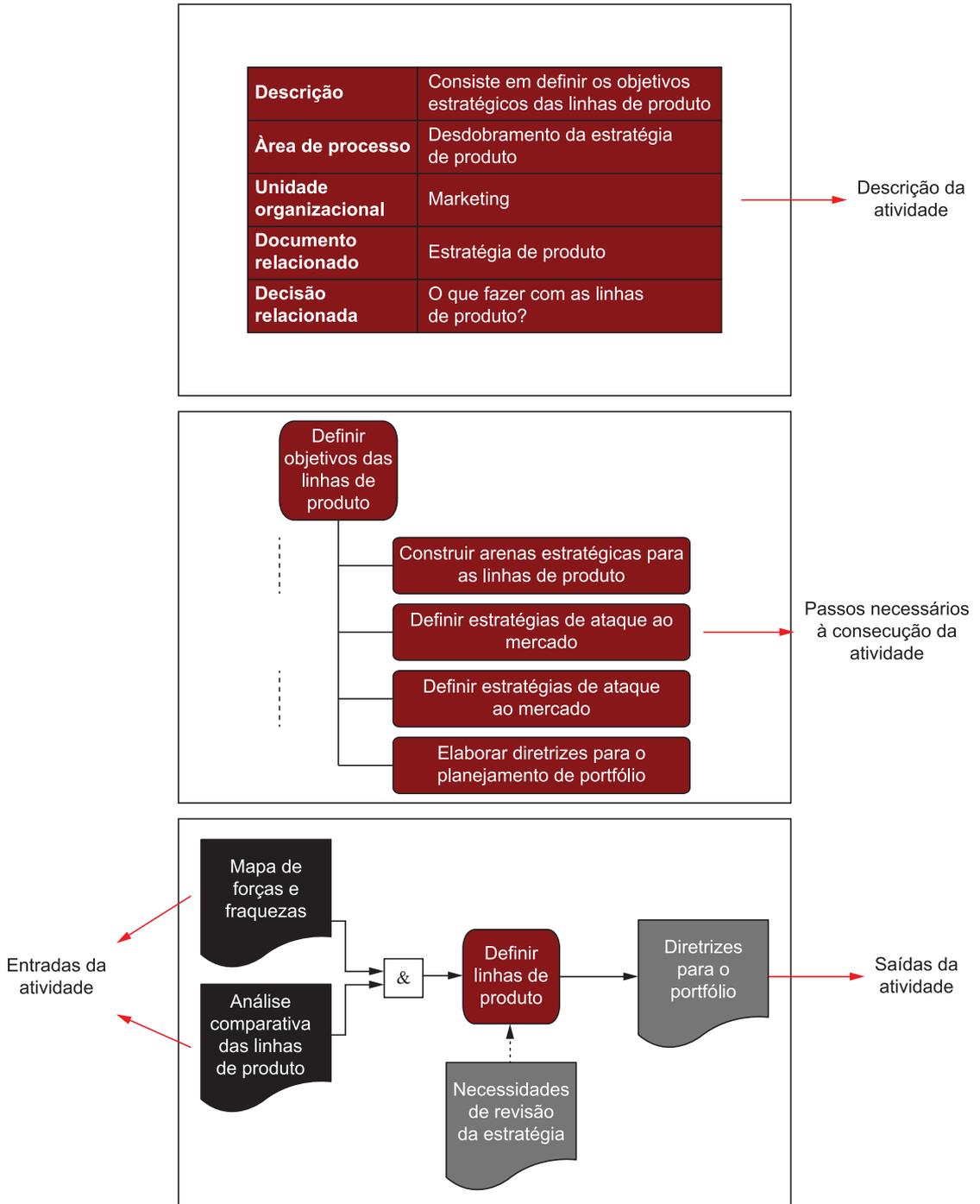


Figura 3. Detalhamento da atividade de definição dos objetivos do portfólio da empresa.

ilustrado na Figura 2. Ao menos uma página de texto foi escrita para cada atividade do MRM de forma a facilitar seu uso. O MRM comporta 127 atividades divididas nas suas 12 fases. O detalhe de como cada atividade deve ser realizada soma a descrição de 587 tarefas que constam nas árvores de funções. Há ainda a descrição do conteúdo de documentos intermediários e de saída de cada fase e de alguns métodos previstos.

5 Áreas de processo do MRM

O MRM foi confeccionado para ser usado em pequenas e médias companhias. Como há evidências científicas de que o modelo CMMI não é aderente às pequenas empresas desenvolvedoras de produtos (JUCÁ JUNIOR; CONFORTO; AMARAL, 2010), o MRM não utiliza APs previstas no CMMI. O conceito de AP do CMMI foi, então, adaptado mediante uma abordagem mais apropriada à tecnologia mecatrônica e às pequenas empresas. A Figura 4 representa, por meio de barras horizontais, as áreas de processo do MRM distribuídas ao longo de suas fases. Embora todas terminem apenas na fase de monitoramento do produto, o início de cada uma é bastante expressivo de sua função dentro do PDP.

A área de processo de desdobramento da estratégia é baseada na proposição de Cooper, Edgett e Kleinschmidt (1998) acerca da integração entre decisões de portfólio e decisões de *gate*. São as atividades pelas quais se garante que as diretrizes da estratégia da empresa serão aplicadas ao longo do PDP. O desenvolvimento de mercados é uma proposta dos autores e consiste nas atividades desenvolvidas por várias unidades organizacionais objetivando tornar o produto adequado às necessidades do mercado. Essa é a AP na qual se levantam os requisitos de um determinado segmento de mercado, se desenvolvem ações de *marketing* necessárias para tornar o produto reconhecido no mercado-alvo e se monitora a satisfação do cliente.

A arquitetura de sistemas é baseada no conceito de engenharia de sistemas com ênfase nas atividades de desenvolvimento de requisitos para o produto e de documentação técnica, conforme discutido no padrão *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (INSTITUTE..., 1998) – IEEE 1220. Tal padrão é complementado pela atividade de análise de requisitos de *software* (ver PRESSMAN, 2001; BRADLEY et al., 2000). Enquanto a AP de desenvolvimento de mercados identifica os clientes potenciais do produto e levanta suas necessidades, a arquitetura de sistemas transforma essas necessidades nos requisitos técnicos entregues às equipes de engenharia e os gerencia ao longo do PDP.

A gestão de projetos segue o conceito definido no *Project Management Institute* (PMBOK:2008) (PROJECT..., 2008) com relação à gestão do

escopo, prazos, custos, aquisições de recursos e subcontratações realizadas no PDP. Entretanto, entende-se que, à medida que as soluções de projeto vão se tornando robustas, os processos de aquisição passam a estar mais relacionados com o projeto da estrutura de produção e suprimentos que com o de desenvolvimento das soluções de engenharia. O ciclo planejamento-execução-controle-fechamento, definido pelo PMBOK:2008, é implementado por meio dessa AP. As atividades relacionadas à gestão de requisitos, que foram incorporadas à área de gestão de escopo no PMBOK:2008, são tratadas nas áreas de desenvolvimento de mercados e de arquitetura de sistemas, conforme mencionado anteriormente.

O projeto de engenharia consiste nas atividades de projeto e teste de soluções técnicas definidas na bibliografia como “*engineering design*”, conforme proposições de Pugh (1990) e Pahl e Beitz (1996). Com base na proposta desses autores, foram suprimidas apenas as atividades relacionadas com as fases de especificações (PUGH, 1990) e clarificação da tarefa (PAHL; BEITZ, 1996). Nessa AP, agregam-se as contribuições dos autores de mecatrônica e das engenharias eletrônica, mecânica e de *software*, tais como Bradley et al. (1991) e Horowitz e Hill (1999). O projeto da produção e suprimentos consiste nas atividades discutidas por Clark e Fujimoto (1991) e Wheelwright e Clark (1992) como “engenharia de processo” e naquelas que consistem no projeto da estrutura fabril necessária à introdução do produto na linha de produção, conforme Slack, Chambers e Jonhston (2002). As atividades de logísticas de suprimento e distribuição (BALLOU, 1993) são incorporadas nessa área.

A qualidade do produto consiste nas atividades de análise realizadas para prever falhas nos produtos, garantir sua confiabilidade e garantir que eles não apresentem riscos de segurança para usuários e operadores (JURAN, 1997). As atividades de identificação e análise de requisitos de clientes foram subdivididas de maneira a refletir a origem das necessidades que elas expressam. Assim, a identificação das necessidades relacionadas com os clientes está na AP de desenvolvimento de mercados, enquanto que os requisitos normativos foram associados à qualidade do produto, pois decorrem do conhecimento acumulado e consolidado em padrões de qualidade acerca de tipologias/tecnologias de produto. O monitoramento da qualidade do produto após seu lançamento também está incorporado a esta AP.

A área de documentos e configurações são as atividades que mantêm o PDP registrado e as configurações de projeto e de produto sob controle. Tal área é advogada por padrões de engenharia de sistemas como o IEEE 1220 e é explícita em normas de qualidade, a exemplo da ISO 9001. Entretanto, optou-se por deixar a temática independente das

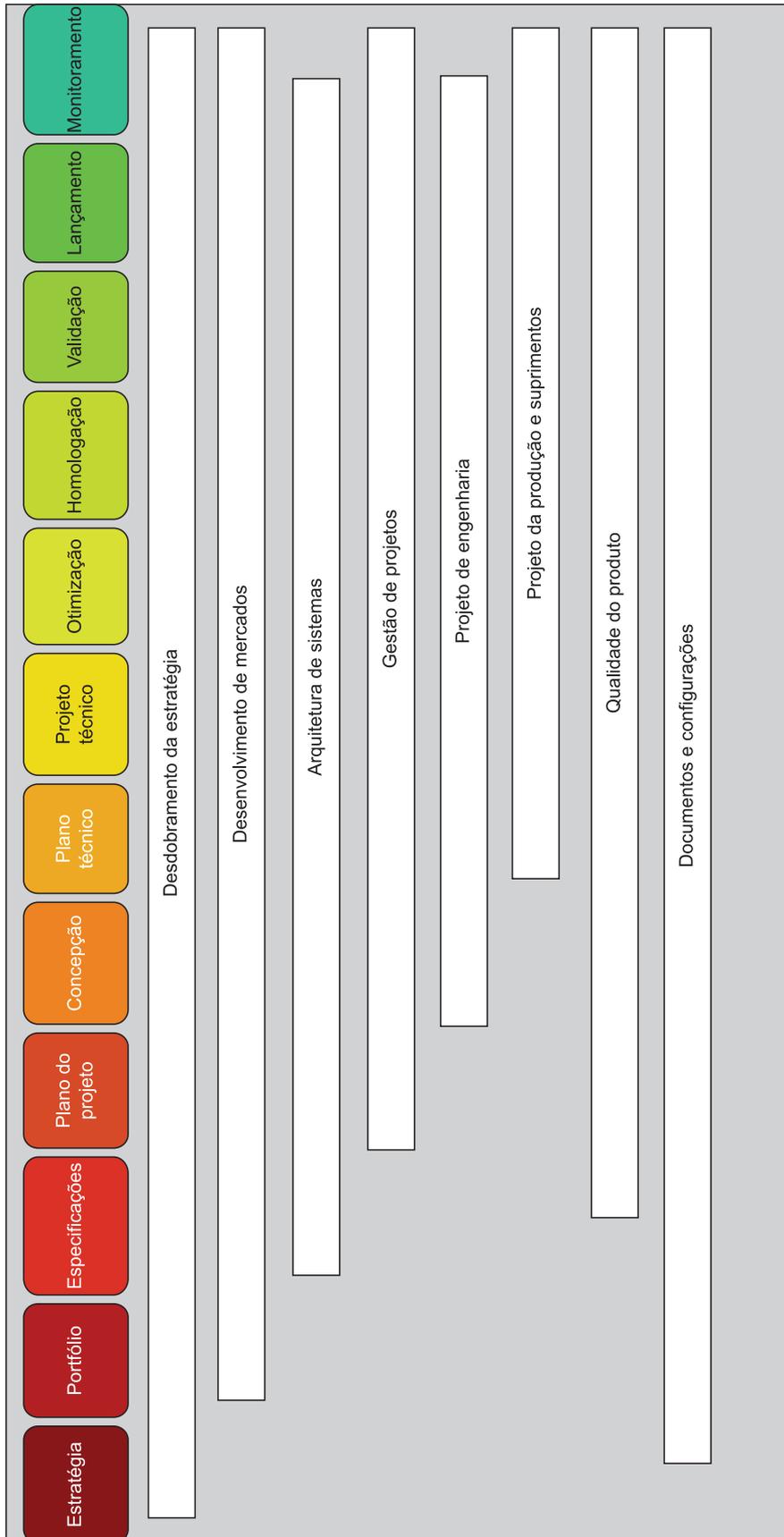


Figura 4. Áreas de processo do MRM.

demais APs, a exemplo do que é proposto no padrão European Cooperation for Space Standardization (ECSS-M-40A) (EUROPEAN..., 1996). Considera-se que, desta forma, a temática da documentação de projeto fica tratada de forma mais explícita. Do ponto de vista prático, isto facilita os aspectos de certificação ISO 9001 do PDP e, do ponto de vista teórico, deixa clara a diferenciação entre as atividades de engenharia, gestão de projetos e qualidade quanto às atividades de gestão de configurações e registro de lições aprendidas ao longo dos projetos.

6 Método de aplicação e validação do modelo desenvolvido

O desenvolvimento e a validação do MRM, conforme já mencionado, se baseou não só na revisão bibliográfica realizada, mas também em uma pesquisa-ação com enfoque na implantação de melhorias baseadas nas prescrições do modelo. A aplicação do modelo de referência e a verificação do grau de melhoria conseguido por meio dele seguiram a metodologia ilustrada na Figura 5.

A ETAPA 1 consiste em aplicar um questionário objetivando identificar ações de melhoria necessárias ao PDP da empresa com base no MRM. O questionário foi estruturado de forma que as atividades do modelo

podiam ser classificadas de acordo com a forma pela qual eram tratadas na empresa, segundo a classificação de seu grau de capacidade, conforme sugerido por Chrissis, Konrad e Shrum (2006), adaptado ao caso dos produtos mecatrônicos em pequenas empresas. Cada atividade de cada fase do PDP teria diferentes possibilidades de ser cumprida, dependendo de sua capacidade, conforme ilustrado na Figura 6.

A definição dos níveis de capacidade apresentados na Figura 6 é a seguinte: (i) “NÃO FAZ” – nível de capacidade “incompleto” ou zero: a companhia não realiza a atividade prescrita no modelo; (ii) “FAZ” – nível de capacidade “realizado” ou um: a atividade é realizada, mas sem processo padronizado ou um planejamento prévio para sua execução; (iii) “PLANEJA” – nível de capacidade “gerenciado” ou dois: a atividade é executada de acordo com um planejamento prévio; (iv) “MÉTODO” – nível de capacidade “definido” ou três: atividade realizada conforme planejada sendo baseada em um método e um conjunto de padrões e *templates*; (v) “MENSURA” – nível de capacidade “quantitativamente gerenciado” ou quatro: a atividade é realizada, sendo baseada em planejamento e método e seus resultados são medidos de forma a comparar as diferentes instâncias de sua execução; e (vi) “OTIMIZA” – nível de capacidade

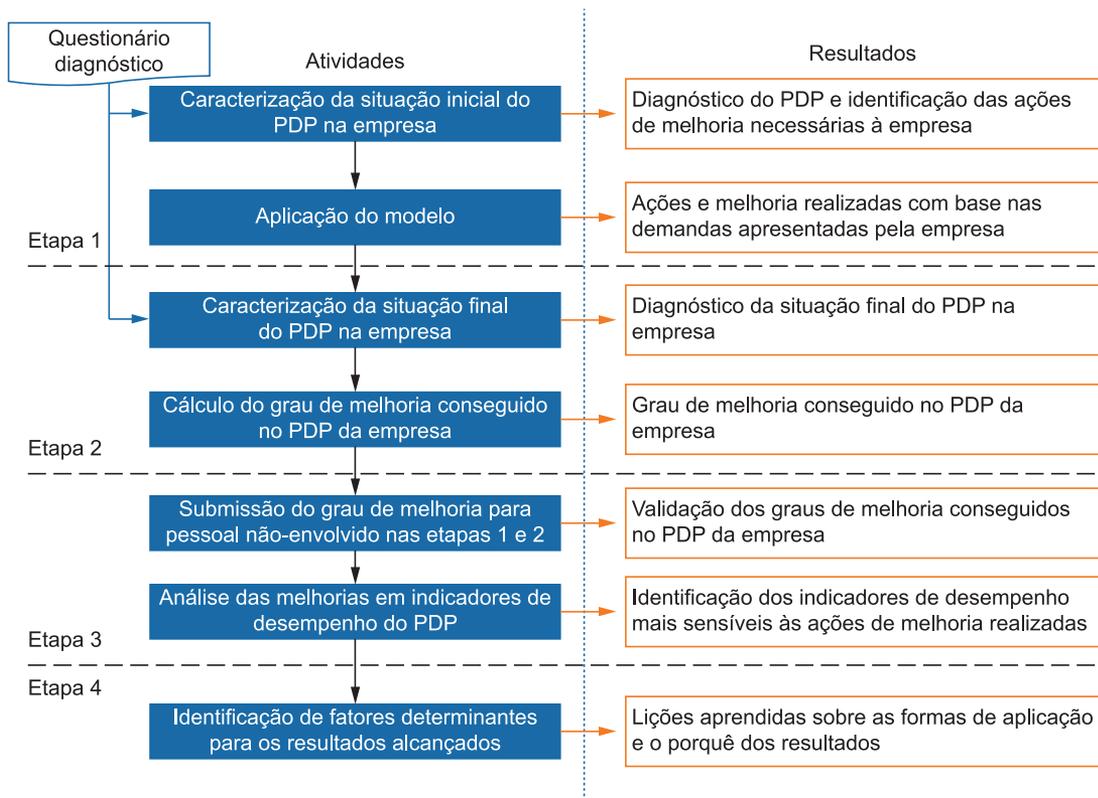


Figura 5. Utilização do método sugerido para a aplicação do MRM para o teste das proposições de validação do modelo.

Atividade	Capabilidade						Como é feito
	Não faz (0)	Faz (1)	Planeja (2)	Método (3)	Mensura (4)	Otimiza (5)	

Figura 6. Escala de aferição da capabilidade das áreas de processo do PDP.

“otimizado” ou cinco: a atividade é continuamente melhorada por meio da identificação e eliminação das causas da variabilidade de seus resultados.

O questionário permite, após tabulados seus resultados, classificar todas as respostas de uma determinada AP e calcular a média da capabilidade da área. Obviamente, quando calculada a média de uma área de processo, poderão ocorrer resultados expressos em números reais ou fracionados, tais como 1,2 ou 1,7. Estes resultados demonstram que os níveis de capabilidade são de um em ambos os casos. Entretanto, também demonstram que a AP com um resultado de 1,7 está mais próxima de um nível dois. Tais diferenciações são retomadas ao final da aplicação do MRM, pois o método de melhoria utilizado supõe que áreas com maiores níveis de capabilidade devem resultar em maior impacto no desempenho do PDP.

Depois que o nível inicial de capabilidade foi identificado, uma análise deve ser realizada, necessariamente com a participação dos principais decisores do PDP da empresa, com vistas a definir as melhorias a serem aplicadas. Para tal, o MRM oferece ferramentas para transições de capabilidade de zero a um, de um a dois e de dois a três. Tais soluções basicamente seguem as regras a seguir: (i) se a capabilidade de uma área de processo é zero, usam-se as atividades do MRM como *checklist* do que deve ser feito para aumentá-la para um; (ii) se o nível de capabilidade é um, as atividades devem ser planejadas de forma que as informações e documentos intermediários, tais como ilustrados na Figura 3, possam ser gerados sistematicamente. Isto deve ser feito usando os *templates* de documentos desenvolvidos para cada atividade do modelo. Tal procedimento aumentará a capabilidade para dois; (iii) se a capabilidade é dois, o modelo prevê diversos métodos que podem ser transformados em processos-padrão a serem aplicados na empresa de forma a aumentar sua capabilidade para três.

Note que, se as melhorias definidas resultarem em aumento de capabilidade para alguma AP que seja maior que um, de acordo com o conceito de perfil projetado (do inglês *targeted profile* em CHRISISS; KONRAD; SHRUM, 2006), pode haver problemas de implementação decorrentes da falta de maturidade do PDP da empresa e, portanto, deve ser sempre

preferível aumentos de capabilidade de um nível utilizando a sistemática ilustrada acima.

Como método de uso do MRM, na ETAPA 1, o grupo ao qual é submetido o questionário de diagnóstico deve ser designado pela alta direção da empresa. Dessa forma, busca-se garantir que as pessoas às quais é submetido o questionário tenham respaldo para responder oficialmente pela empresa com relação a suas áreas específicas de atuação. Portanto, ao final do diagnóstico, tem-se o ponto de vista dos principais decisores sobre as demandas do PDP da empresa. No caso da aplicação utilizada para validar o MRM, o Presidente da firma designou um grupo de seis executivos, inclusive ele próprio, para responder ao questionário, e definiu que as decisões relativas às melhorias a serem implementadas fossem tomadas junto aos diretores de engenharia e de manufatura. Estabelecidas as prioridades para a aplicação do modelo, sua implementação durou 24 meses e enfocou as atividades do departamento de engenharia e as interfaces deste com os setores representativos da manufatura, garantia da qualidade, *marketing* e finanças.

A ETAPA 2 se inicia ao final da aplicação do modelo de referência, quando o questionário diagnóstico é novamente aplicado ao mesmo público que fora entrevistado na ETAPA 1. A diferença entre o estado final da aplicação do modelo, após sua aplicação, e o estado inicial detectado na ETAPA 1, representa o grau de melhoria conseguido com o modelo de referência conforme a percepção do público designado pela diretoria da empresa.

Neste ponto da pesquisa, uma reflexão foi decisiva para definir os passos seguintes necessários à validação do MRM. Caso tenham sido detectadas melhorias do PDP na empresa com base nas entrevistas com o público designado pela diretoria (ETAPA 2), poderia haver, ainda, dois fatores que tenderiam a mascarar os dados levantados no sentido de considerar validado o MRM: (1) a pessoa entrevistada tenderia a responder que houve melhoria nas atividades em que foi questionada, pois tendo ela responsabilidade sobre o processo, haveria uma tendência de identificar evolução temporal; e (2) as pessoas avaliariam a melhoria com base no próprio MRM, o que poderia reforçar a tendência de considerá-lo validado.

Em função do potencial dessas influências sobre o resultado da pesquisa, realizou-se a ETAPA 3 da análise da melhoria, conforme ilustrado na Figura 5. Essa ETAPA consistiu em aplicar uma segunda ferramenta de levantamento de dados que permitiria: (i) submeter os graus de melhoria detectados para que pessoas que não responderam ao questionário original pudessem expor sua opinião de concordância ou discordância quanto a eles; e (ii) analisar se houve melhoria de indicadores de desempenho do PDP na empresa. É importante ressaltar que, em uma aplicação genérica do MRM, não seria necessária essa etapa de análise. Tal sistemática foi adotada no caso relatado em função dele ter sido usado para validar o modelo.

Submetendo os resultados detectados na ETAPA 2 quanto à melhoria do PDP a pessoas que não participaram do diagnóstico de situação inicial e final, seria possível verificar se os resultados do primeiro grupo se repetiriam. Além disso, como esse último grupo analisado não seria o designado pela alta direção da empresa, haveria um relaxamento na tendência de responder que houve melhoria nas áreas pesquisadas. Outro aspecto que tende a relaxar possíveis distorções da ETAPA 2 é o fato de terem sido escolhidos para o segundo grupo pessoas que estão no nível operacional do PDP na empresa: projetistas, montadores, gerentes de produto, operadores etc.

A segunda fonte de distorções dos dados foi minimizada pela não utilização direta dos conceitos do modelo de referência para avaliá-lo. Ou seja, em vez de utilizar as atividades, documentos e *templates* do modelo para verificar seus resultados (como realizado na ETAPA 2), utilizaram-se indicadores de desempenho reconhecidos como capazes de demonstrar a melhoria do PDP, conforme discutido no item 3.

Com base nos resultados da ETAPA 3, pode-se considerar que houve resultado positivo da aplicação do MRM, caso tenha havido concordância dos entrevistados quanto aos graus de melhoria detectados na ETAPA 1. A concordância é considerada suficiente para validar a melhoria, uma vez que ela demonstra que o modelo apresentou resultados capazes de melhorar a percepção do pessoal de nível gerencial e operacional da empresa sobre o PDP. Embora as análises realizadas nas ETAPAS 2 e 3 permitam identificar a melhoria conseguida no PDP e a percepção do aumento de alguns indicadores de desempenho, no caso de o modelo ser considerado validado, elas não permitem entender o que determinou a validade ou rejeição do modelo. Ou seja, não identificam as características da forma de aplicação, do mercado, do pessoal envolvido, da cultura da empresa e dos desafios a ela impostos etc. que refletiram nos resultados da aplicação do MRM.

Tais aspectos são abordados na ETAPA 4 da validação. Nela, solicita-se ao grupo pesquisado na ETAPA 3 que comente o porquê dos graus de melhoria

detectados e comente a aplicação do modelo na empresa. Dessa forma, busca-se entender o porquê dos resultados conseguidos na aplicação, e isso implica no registro de lições aprendidas com relação ao desenvolvimento e à aplicação de modelos de referência.

7 Aplicação do modelo de referência e resultados

A aplicação do modelo se iniciou com o diagnóstico do PDP da empresa baseado nas atividades do MRM, o qual foi utilizado para subsidiar discussões que estruturaram a aplicação do modelo propriamente dita, ainda na ETAPA 1 do método ilustrado na Figura 5. A aplicação ocorreu em 24 meses de pesquisa-ação, sendo sumarizada no Quadro 1. Descrições detalhadas das atividades e seus resultados parciais fogem ao escopo do artigo.

Conforme o quadro, todas as aplicações estavam relacionadas com realizar atividades não implementadas anteriormente na empresa, desenvolver procedimentos ou melhorar métodos para realizar certas atividades. Todos os procedimentos e métodos foram primeiramente aplicados em um projeto que estava em andamento quando começou a aplicação do MRM. Tal projeto foi usado para refinar e testar os procedimentos e métodos desenvolvidos, para discuti-los com os principais interessados e apenas depois utilizá-los como padrão para os demais projetos. Ao final do período de aplicação, os novos projetos eram executados utilizando tais procedimentos, e um escritório de projetos foi estabelecido para monitorar seu uso. As melhorias da área de “desdobramento da estratégia”, entretanto, não foram realizadas diretamente pelo pesquisador, uma vez que não houve acesso a reuniões formais da alta direção. Apenas foram fomentados conceitos extraídos das melhores práticas reportadas na bibliografia junto aos diretores de engenharia, de manufatura e comercial.

Depois da aplicação do modelo, passou-se à ETAPA 2, ilustrada na Figura 5, na qual foi novamente aplicado o questionário de diagnóstico de capacidade do MRM de forma a estabelecer a condição final do PDP da empresa. Com isto, foi possível inferir o grau de melhoria apontado pelos gestores do processo. A Figura 7 mostra o nível de capacidade do PDP no início da aplicação do modelo (Nci), no final (Ncf) e a razão entre eles, designado como grau de melhoria (Δc). Os números apresentados em cada área de processo representam a capacidade média das atividades de cada área, avaliadas como descrito na Figura 6.

No início da aplicação do MRM, o nível médio de capacidade das APs era 0,5 (nível incompleto). Isto significa, conforme gráfico da Figura 7, que a maioria das APs continha ações que não eram realizadas

Quadro 1. Sumário das aplicações do MRM na empresa pesquisada.

Áreas de processo	Descrição da aplicação
<ul style="list-style-type: none"> • Desdobramento da estratégia 	<p>Melhoria conceitual da forma de realização da caracterização de linhas de produto, usando matriz BCG</p> <p>Melhoria conceitual da forma de análise do ambiente competitivo utilizando conceitos de Michael Porter</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento de mercados 	<p>Validação de produtos diretamente com <i>lead users</i> mediante procedimento sistematizado</p> <p>Realização de treinamento sistemático com assistência técnica em função de erros e análise de riscos realizada na fase de projeto e requisitos de <i>lead users</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> • Gestão de projetos 	<p>Desenvolvimento de processo padronizado de planejamento de projetos com WBS e cronograma padrões</p> <p>Desenvolver estrutura de orçamentação de projetos</p> <p>Consolidar metodologia de gerenciamento de riscos por projeto</p> <p>Consolidar planos de gerenciamento dos projetos</p> <p>Estabelecimento de estrutura de monitoramento e controle de prazos e custos ao longo dos projetos</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Projeto de engenharia 	<p>Criação de procedimento padrão para a construção de concepções e arquiteturas de produtos</p> <p>Especificação de interfaces e sistema de controle por produto</p> <p>Implementar análises de tolerâncias ao longo do projeto</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Arquitetura de sistemas 	<p>Criação de procedimento para a identificação sistemática dos requisitos dos produtos a desenvolver</p> <p>Desenvolvimento de procedimento de identificação, descrição e análise de requisitos de <i>software</i></p> <p>Confecção de matrizes de verificação de requisitos para os produtos em desenvolvimento</p> <p>Consolidação de arquitetura dos produtos nos estágios iniciais dos projetos</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Documentos e configurações 	<p>Criação de padrão para o planejamento e a documentação de projetos com base em árvores de produto</p> <p>Desenvolvimento de procedimento para orientar a gestão das configurações dos protótipos dos produtos</p> <p>Criação de <i>templates</i> para a sistematização do projeto técnico dos produtos em relatórios técnicos</p> <p>Criação de <i>templates</i> para a sistematização de dados e a produção de relatórios de testes de <i>software</i></p> <p>Criação de <i>templates</i> de documentos de montagem eletrônica e mecânica e integração de <i>software</i></p> <p>Criação de procedimento para consolidar e controlar a configuração comercial do produto</p> <p>Criação de procedimento para o gerenciamento de mudanças nos produtos</p> <p>Documentação das fases já concluídas para os projetos em andamento</p> <p>Documentação e registro das soluções de projeto de engenharia</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Predição e monitoramento da qualidade 	<p>Criação de procedimento e <i>template</i> para a análise de riscos de produtos com base em formulário FMEA</p> <p>Criação de <i>checklists</i> para a identificação de requisitos normativos por tipologia de produto</p> <p>Criação de procedimento e <i>template</i> para a análise de falhas de processo com base em formulário FMEA</p> <p>Desenvolvimento de <i>template</i> de processo de controle de qualidade de produtos em processo</p> <p>Criação de procedimento de validação de produtos com base na aprovação dele e de seus documentos</p> <p>Criação de procedimento para a detecção e exploração de possíveis melhorias de produto</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Projeto de produção e suprimentos 	<p>Detalhamento das atividades de manufatura e montagem dos produtos em desenvolvimento</p> <p>Desenvolvimento de <i>template</i> de fluxograma de processo para transferir produtos para a manufatura</p> <p>Criação de procedimento de documentação de informações de compra e contratação de fornecedores</p> <p>Homologação de fornecedores de partes críticas</p> <p>Desenvolvimento de procedimento para a produção de lotes piloto e o treinamento de operadores.</p>

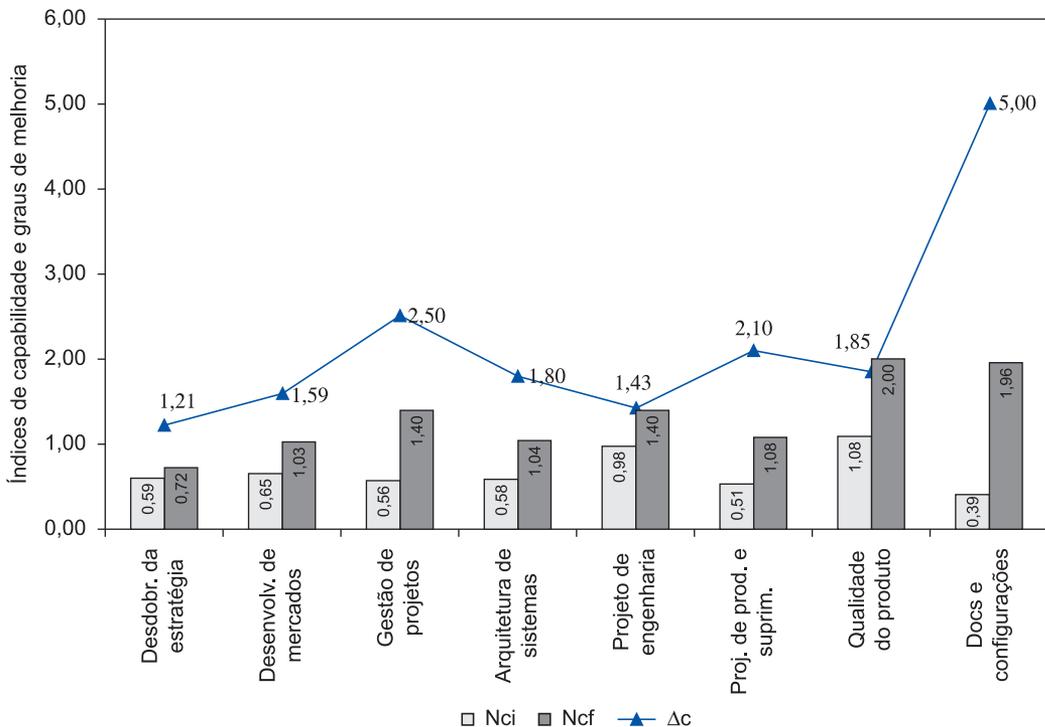


Figura 7. Nível de capacidade das áreas de processo antes da aplicação do MRM *application* (Nci), depois da (Ncf) e o grau de melhoria conseguido (Δc).

quando se iniciou a aplicação do MRM. Retomando a metodologia de aplicação do MRM, isso significa que, em geral, as aplicações deviam seguir uma estratégia de melhoria baseada na execução de atividades não realizadas. Tal estratégia resultaria no avanço de um nível “NÃO FAZ” para um nível “FAZ”. Porém, a análise permitiu verificar que, nas áreas de “projeto de engenharia” e de “qualidade do produto”, haveria possibilidade de buscar atender ao nível “PLANEJA” sem ferir o conceito de perfil projetado. Obviamente, como a análise foi realizada no nível de atividades e não da AP como um todo, é possível, dentro de uma mesma AP, implantar melhorias solicitadas pelos decisores sem que, necessariamente, o perfil projetado para a AP, como um todo, seja seguido.

Ainda analisando o estado inicial das APs, a que apresentava menor capacidade era a de “documentos e configurações”, especialmente nas fases de projeto mais próximas ao lançamento do produto e ao congelamento de sua configuração final entregue para a manufatura. Importante ressaltar que as demandas pela aplicação do MRM, no início da pesquisa-ação, estiveram vinculadas ao fato de a empresa estar implantando ISO 9001, o que teve forte impacto na área de “documentos e configurações”. Em função do longo tempo de pesquisa-ação, foi possível captar nuances da evolução da estratégia operacional da empresa à medida que ela conquistava projetos de engenharia nas áreas espacial e militar, o que se

refletiu na realização de melhorias em praticamente todas as APs do MRM.

Analisando os valores de Ncf na Figura 7, a média da capacidade aumentou, embora a dispersão de seus valores no final da aplicação tenha sido maior que no começo. A área com maior capacidade continuou sendo a “qualidade do produto”, seguida por “documentos e configurações”, ambas apresentando nível dois. As áreas de “gestão de projetos” e “projeto de engenharia” figuraram capacidade de 1,4. As capacidades de “desenvolvimento de mercados”, “arquitetura de sistemas” e “projeto da produção e suprimentos” ficaram próximas de um. A menor capacidade no final da implantação foi em “desdobramento da estratégia” apesar de a diretoria da empresa ter reportado o uso de melhor sistemática de definição da estratégia e os próprios diretores terem sido entrevistados nas ETAPAS 1 e 2.

O gráfico linear na Figura 7 mostra o grau de melhoria do nível de capacidade das áreas de processo (Δc), *i.e.*, a razão entre o nível de capacidade final e inicial (Ncf/Nci) de cada área de processo. Nota-se que a melhoria de capacidade de todas as APs foi maior que um. Pode-se também verificar que a área com maior grau de melhoria, “documentos e configurações”, foi também aquela com maior número de aplicações do MRM; e que a área com menor Δc foi também a com menor quantidade de intervenções baseadas no modelo.

8 Percepção de melhoria do pessoal operacional do PDP da empresa

A validação dos graus de melhoria apontados na Figura 7 foi realizada por meio de entrevista com um segundo grupo de pessoas, configurando o início da ETAPA 3 da metodologia de validação do modelo (Figura 5). Os dados de melhoria das APs foram submetidos a esse grupo para que fosse realizada uma análise do tipo concorda/discorda. A Tabela 2 apresenta o perfil do grupo pesquisado: áreas funcionais de origem e função no PDP.

Observa-se que a maioria dos entrevistados pertenceu à engenharia uma vez que a empresa adota uma estrutura organizacional funcional para o PDP, sendo a área de engenharia a responsável pela maior parte das atividades de desenvolvimento. É importante salientar que, em função do tamanho da empresa e do fato de os departamentos envolvidos no PDP compartilharem o mesmo sítio, todos os principais executivos que não participaram do grupo sugerido pela alta direção para o cumprimento das ETAPAS 1 e 2, assim como o pessoal operacional

vinculado mais diretamente ao desenvolvimento de produtos, foram entrevistados neste trabalho. Adicionalmente, os diretores de engenharia e comercial foram entrevistados.

A Figura 8 apresenta o grau de concordância médio com relação às melhorias em cada uma das áreas de processo. Observa-se que, mesmo tendo o menor grau de melhoria, há menor concordância quanto à área de “desdobramento da estratégia”, o que sugere que os entrevistados discordam de ter havido *qualquer* melhoria nos aspectos relacionados com a estratégia de produtos da empresa. Por outro lado, a área de “documentos e configurações”, além de ter maior grau de melhoria, tem maior concordância quanto a esse aumento.

A análise realizada até aqui, considerando também as etapas anteriores, permite validar os dados de melhoria do PDP após a aplicação do modelo. Confirma-se que houve maior aumento de capacidade na área de “documentos e configurações” e que tal aumento é percebido como melhoria por 85% dos respondentes da ETAPA 3 da validação do MRM.

Tabela 2. Perfil dos entrevistados na segunda etapa de validação do MRM quanto à área funcional/papel no PDP.

Total	Engenharia	Manufatura	Vendas	Alta direção	Gerentes funcionais	Líderes de projeto	Pessoal técnico
20	14	4	2	3	7	5	5

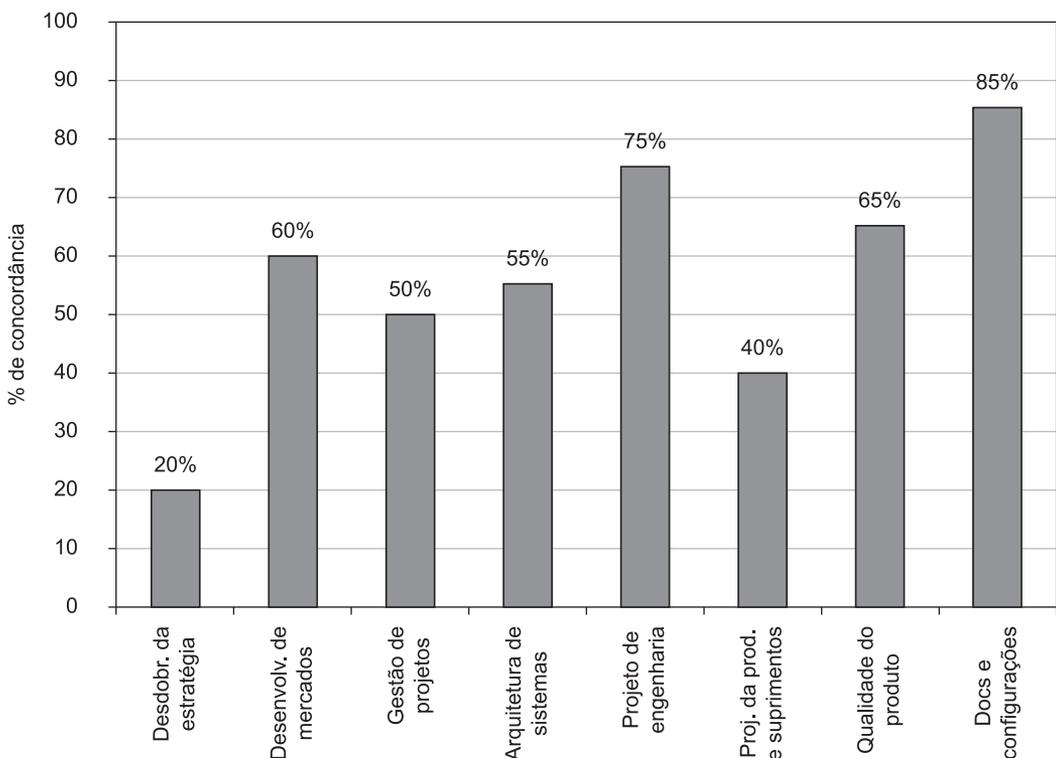


Figura 8. Grau de concordância quanto ao aumento de capacidade das áreas de processo do MRM.

9 Melhoria de indicadores de desempenho do PDP

Como a empresa não tinha um sistema ativo de medição de desempenho, optou-se por levantar o grau de melhoria que o pessoal de engenharia, manufatura e vendas percebia com relação ao PDP entre os momentos inicial e final de aplicação do MRM. Além dos aspectos de custo, prazo e qualidade (ver CLARK; FUJIMOTO, 1991), optou-se por utilizar indicadores que permitissem inferir a melhoria do esforço de documentação e controle de configurações ocorrido. Pesquisas demonstram que estes aspectos são determinantes de sucesso no PDP de empresas de alta tecnologia (ver TOLEDO et al., 2007).

Os indicadores de desempenho usados foram: monitoramento e controle de custos, melhoria no controle dos prazos, exatidão no planejamento de tempo, fácil acesso aos dados de projeto, facilidade de integração de novos projetistas, nível de mudança de requisitos ao longo dos projetos e redução de reclamações da manufatura ou de clientes. O grupo ilustrado na Tabela 2 respondeu com base em escala de concordância/discordância sobre haver alguma melhoria destes indicadores. A escala estabelecia quatro níveis de concordância: concordo totalmente, valorado como dois; concordo, valorado como um; discordo, menos um (-1,0); e discordo totalmente, menos dois (-2,0).

Para validar o MRM, foram considerados os valores imputados por entrevistados que tinham mais de 10 anos de empresa, somando 12 das 20 entrevistas; média de 15 anos de casa. Como essas pessoas

participaram efetivamente dos projetos mais antigos que foram comparados aos que estavam em andamento quando da aplicação do MRM – independente de sua função no PDP, setor no qual está alocado ou grau de escolaridade –, elas poderiam realizar melhor comparação entre os indicadores de desempenho analisados nos momentos inicial e final da aplicação. A Figura 9 apresenta os resultados desta ETAPA. A média da percepção de melhoria é de 0,4. O indicador mais positivo no período considerado foi a “capacidade de integrar novos projetistas”, o que sugere uma correlação positiva com a área de “documentos e configurações”: a documentação gerada nos projetos é base para a alocação de novas contratações ou a realocação de quadros de acordo com as demandas e o estado técnico do projeto. Considera-se também que há relação entre um mais eficiente “acesso à informação gerada ao longo do projeto” e a “facilidade para integrar novos projetistas”.

Os baixos graus de aumento de capacidade nas áreas de “desdobramento da estratégia” e de “desenvolvimento de mercados” (Figura 7) podem explicar a baixa concordância dos entrevistados quanto à melhoria em “mudanças de requisitos dos projetos” – gerados pelo pessoal de *marketing* da empresa. Quanto à redução das “reclamações dos setores de manufatura”, de fato esperava-se que, com o projeto melhor documentado, a transferência das especificações dos produtos para os setores de manufatura e montagem seria simplificada. As entrevistas demonstraram tal aspecto, e, conforme os graus de concordância ilustrados na Figura 9, houve redução das reclamações dos setores de manufatura.

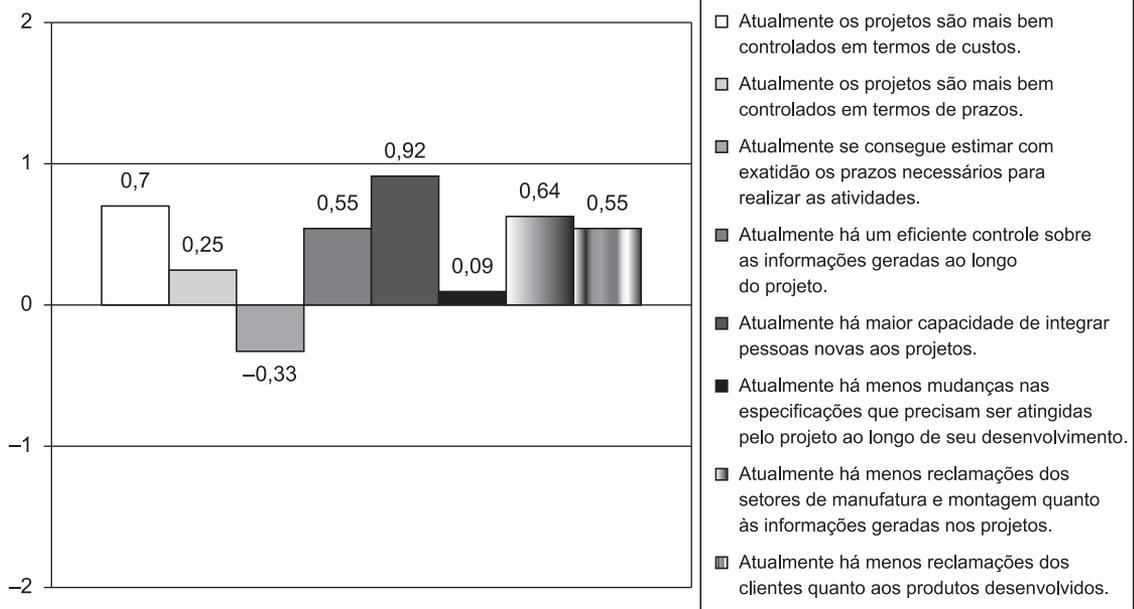


Figura 9. Graus de melhoria dos indicadores de desempenho investigados.

Uma vez que a AP de “gestão de projetos” apresentou o segundo maior grau de melhoria (Figura 7), havia forte expectativa de maior eficiência na gestão dos prazos dos projetos, especialmente quanto ao seu monitoramento e controle. Como um dos principais elementos de custo dos projetos é o *lead-time*, o controle dos prazos afetaria o controle do custo. Portanto, tinha-se uma expectativa de melhoria dos indicadores de prazo e custo analisados. Os dados da Figura 9 indicam que, com exceção do indicador de estimativa de prazos – portanto, de planejamento do projeto –, todos os outros foram considerados melhorados. As estimativas de prazo são reflexos dos marcos principais dos projetos, especialmente a meta de lançamento do produto, a qual é estabelecida pelo departamento de *marketing*. Assim, considera-se que a discordância quanto a melhorias na exatidão dos prazos dos projetos tem relação com a baixa capacidade da área de “desdobramento da estratégia”.

Os dados das ETAPAS 2 e 3 demonstraram que o aumento na capacidade das APs foi acompanhado por aumento na percepção de melhoria de indicadores de desempenho do PDP. O fato de um grupo de respondentes analisar a capacidade e outro analisar indicadores sugere que os resultados são consistentes. Portanto, o modelo pode ser considerado válido para realizar melhorias no PDP de empresas que desenvolvem produtos mecatrônicos.

10 Direcionadores dos resultados de melhoria conseguidos

A ETAPA 4 do método ilustrado na Figura 5 foi realizada por meio da análise das entrevistas com o grupo pesquisado na ETAPA 3. A seguir, apresenta-se um debate entre as explicações dos entrevistados acerca dos resultados apresentados nos itens anteriores e a visão do pesquisador a respeito, considerando sua pesquisa-ação na empresa ao longo de dois anos.

- Sobre a grande melhoria em documentação e configurações: resultou de imposições dos órgãos que regulam os mercados em que a empresa atua: médicos e espacial. Essa visão é compartilhada pelos entrevistados. Para o principal executivo de Engenharia, no passado:

[...] Não tinha a ANVISA para perturbar. À medida que foi entrando esses produtos médicos, órgãos reguladores começaram a pegar no pé aí a gente teve que começar certas formas de trabalho.

O representante dos sistemas de gestão enfatiza:

[...] A organização do projeto que existe hoje evolui, principalmente, através de necessidades regulatórias, de certificação de produtos.

- Sobre a melhoria em gestão de projetos: também decorre de imposições do contratante da área

espacial. Entretanto há outros elementos dispersos nos diferentes discursos. Para o executivo de Engenharia, responsável direto pelo gerenciamento dos projetos de seu setor:

[...] A equipe aumentou [...] começa a te obrigar a usar ferramentas mais adequadas.

Essa visão é compartilhada pelos engenheiros de projeto:

[...] do tamanho que ficou a coisa não tem como o Diretor ficar cuidando de tudo.

Um outro engenheiro enfatiza:

[...] Então, cada projeto tem um gerenciamento. Isso já vinha de um certo tempo, mas hoje está mais declarado porque os projetos estão aumentando então cada um tem que cuidar do seu setor para a coisa andar. Não tem como uma pessoa cuidar de 5 projetos, então nesse sentido houve uma evolução na gestão de projetos.

Portanto, diferentemente da área de “documentos e configurações”, em “gestão de projetos” há um determinante imposto pelo próprio crescimento da empresa. É importante enfatizar que, embora o crescimento imponha melhoria em gestão de projetos, a condução da melhoria é mais passível de controle e de planejamento por parte do principal executivo da engenharia que a melhoria em documentos e configurações, a qual é imposição normativa.

- Sobre os problemas com a gestão de prazos na empresa: decorrem da visão do pessoal da comercial de que se deixar o prazo aberto, o pessoal de projeto não consegue convergir para uma solução rapidamente. Segundo o principal executivo de Vendas da empresa:

[...] o engenheiro tende a querer otimizar ao máximo o produto.

Esse tipo de procedimento gera reações, como, por exemplo, a explicitada pelo executivo de Engenharia acerca do que seria uma melhoria significativa para o PDP da firma:

[...] trabalhar independente do pessoal da comercial.

Há uma lacuna entre vendas e engenharia na empresa que foi captada pela baixa melhoria do “desdobramento da estratégia”. A fase de estratégia não abrange as atividades previstas nas melhores práticas, e as reuniões de Diretoria não chegam a versar sobre estratégias de produto, de mercado etc., mas sobre resultados financeiros do ano fiscal.

- Sobre a baixa melhoria em desdobramento da estratégia: não há uma clara noção da diferença entre gerenciar as LDPs e gerenciar os produtos das

LDPs. Embora a empresa tenha conseguido crescer, as oportunidades de negócio não são pensadas a médio e longo prazo antes de se transformarem em novos projetos. Isso faz com que, da mesma forma que começam impulsivamente, projetos sejam trocados por “oportunidades melhores”, sobre as quais houve pouca análise. Um dos Gerentes de engenharia afirma:

[...] *Porque a gente não vê claramente desenvolvimento, desdobramento da estratégia do produto. Num instante o diretor solicita uma coisa, noutra outra coisa. Às vezes a sinergia, [...] a gente fica no meio fio não sabe se pula para lá ou pula para cá e o que acontece muitas vezes é que a gente toca um projeto, toca outro projeto e nós somos cobrados em termos de prazo. Às vezes não tem como cumprir esses prazos.*

Em suma, há uma confusão entre “estratégia”, “portfólio” e “especificações do produto”, o que pode decorrer de estarem essas atividades sob responsabilidade do mesmo setor na empresa – a diretoria comercial – cujo enfoque é vendas e, portanto, curto prazo. Não se questiona as LDPs, seu vínculo com a estratégia e a caracterização dos produtos que devem a ela atender.

11 Conclusões

O trabalho demonstrou que a aplicação de um modelo de referência em PDP pode resultar em melhoria do processo. Tal melhoria foi identificada nas entrevistas com o grupo de pessoas indicadas pela alta direção da empresa (Figura 7) e foi ratificada pelo grupo de pessoal operacional entrevistado na ETAPA 3 da metodologia proposta (Figura 8). Adicionalmente, foi possível levantar que houve uma percepção de melhoria de indicadores de desempenho do PDP na empresa em análise realizada pelo pessoal com maior tempo de casa. Tal melhoria se deu em indicadores mais fortemente vinculados ao controle dos projetos, porém o planejamento de prazos e requisitos precisa ser mais bem estruturado.

Foi possível identificar alguns determinantes do sucesso do uso do modelo de referência no caso pesquisado. Os principais fatores que podem ser abstraídos do estudo são:

- O modelo foi aplicado em atividades nas quais havia uma forte demanda da empresa para viabilizar a internacionalização de seus produtos;
- O modelo foi aplicado em atividades cuja complexidade tinha aumentado significativamente em decorrência do crescimento da empresa;
- O modelo foi aplicado segundo uma metodologia de pesquisa-ação em um estudo longitudinal. Evitou-se qualquer aplicação de caráter mais

impositivo na tentativa de sobrepor o conteúdo do modelo à cultura da empresa; e

- O baixo grau de aplicação do modelo nas atividades relacionadas com *marketing* e vendas (Quadro 1) pode explicar a baixa percepção de melhoria relacionada com o alinhamento da estratégia da empresa com as prioridades departamentais e mesmo a discordância do pessoal entrevistado quanto à melhoria do planejamento dos prazos dos projetos.

Como trabalho futuro é importante aplicar o modelo em atividades mais voltadas para estratégia e portfólio de produtos de maneira a analisar o impacto final desse tipo de aplicação na melhoria do PDP. Por outro lado, é importante a aplicação das atividades mais voltadas para o projeto do produto propriamente dito e a verificação dos resultados dela decorrentes.

Referências

- ADAMS-BIGELOU, M. Rejoinders to “establishing an NPDP best practices framework”. **Journal of Product Innovation Management**, v. 23, p. 117-127, 2006. http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-5885.2006.00187_1.x
- AUER, A.; KARJALAINEN, J.; SEPPÄNEN, V. Improving R & D processes by an ISO 9001 – based quality management system. **Journal of Systems Architecture**, v. 42, n. 8, p. 235-244, 1996. [http://dx.doi.org/10.1016/1383-7621\(96\)00010-0](http://dx.doi.org/10.1016/1383-7621(96)00010-0)
- BALLOU, R. **Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física**. Tradução de Hugo T. Yoshizaki. São Paulo: Editora Atlas S.A., 1993.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 1979.
- BESKOW, C. **Towards a higher efficiency: studies of changes in industrial product development**. Stockholm: Royal Institute of Technology, 2000.
- BLIND, K.; HIPPEL, C. The role of quality standards in innovative service companies: an empirical analysis for Germany. **Technology Forecasting & Social Change**, v. 70, n. 7, p. 653-669, 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/S0040-1625\(03\)00029-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0040-1625(03)00029-5)
- BRADLEY, D. A. et al. **Mechatronics: electronics in products and processes**. London: Chapman and Hall, 1991.
- BRADLEY, D. A. et al. **Mechatronics and the design of intelligent machines and systems**. Cheltenham: Stanley Thornes, 2000.
- CAFFYN, S. Extending Continuous Improvement to the New Product Development. **R&D Management**, v. 27, n. 3, p. 253-267, 1997. <http://dx.doi.org/10.1111/1467-9310.00061>
- CHIESA, V.; FRATTINI, F. Exploring the differences in performance measurement between research and development: evidence from a multiple case study. **R&D Management**, v. 37, n. 4, p. 283-301, 2007. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9310.2007.00476.x>

- CHRISSIS, M. B.; KONRAD, M.; SHRUM, S. **CMMI: Guidelines on process integration and product improvement**. Boston, 2006.
- CLARK, K. B.; FUJIMOTO, T. **Product development performance: strategy, organization and management in the world auto industry**. Boston: Harvard Business School Press, 1991.
- COOPER, R. **Winning at New Product: accelerating the process from idea to launch**. Reading: Addison-Wesley Publishing Company Inc., 1993.
- COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. **Portfolio Management for New Products**. Perseus Books, 1998.
- COOPER, R.; KLEINSCHMIDT, E. J. Benchmarking the firm's critical success factors in new product development. **Journal of Product Innovation Management**, v. 12, n. 5, p. 374-391, 1995. [http://dx.doi.org/10.1016/0737-6782\(95\)00059-3](http://dx.doi.org/10.1016/0737-6782(95)00059-3)
- DA SILVA, S. L. et al. Critical success factors on product development management in Brazilian technological based companies. In: ISPE INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCURRENT ENGINEERING-RESEARCH AND APPLICATION, 14., 2007, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo, 2007. p. 739-747.
- ENGWALL, M.; KLING, R.; WERR, A. Models in action: how management models are interpreted in new product development. **R&D Management**, v. 35, n. 4, p. 427-439, 2005. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9310.2005.00399.x>
- EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION – ECSS. **ECSS-M-40A: Space project management – configuration management**. Noordwijk: ECSS, 1996.
- GRIFFIN, A. PDMA research on New Product Development practices: updating trends and benchmarking best practices. **Journal of Product Innovation Management**, v. 14, n. 6, p. 429-458, 1997. [http://dx.doi.org/10.1016/S0737-6782\(97\)00061-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0737-6782(97)00061-1)
- GRIFFIN, A.; PAGE, A. L. PDMA success measurement project: recommended measures for product development success and failure. **Journal of Product Innovation Management**, v. 13, n. 6, p. 478-494, 1996. [http://dx.doi.org/10.1016/S0737-6782\(96\)00052-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0737-6782(96)00052-5)
- HOROWITZ, P.; HILL, W. **The art of electronics**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS – IEEE. **STD 1220: Standard for application and management of the systems engineering process**. Software Engineering Standard Committee, 1998.
- JUCÁ JUNIOR, A. S.; CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C. Maturidade em gestão de projetos em pequenas empresas desenvolvedoras de software do Pólo de Alta Tecnologia de São Carlos. **Gestão & Produção**, v. 17, n. 1, p. 181-194, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2010000100014>
- JURAN, J. M. **Juran on quality by design: the new steps for planning quality into goods and services**. Simon & Schuster, 1997.
- KAHN, K.; BARCZAK, G.; MOSS, R. Perspective: establishing an NPD best practices framework. **Journal of Product Innovation Management**, v. 23, n. 2, p. 106-116, 2006. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-5885.2006.00186.x>
- PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering design: a systematic approach**. 2nd ed. London: Springer-Verlag London Limited, 1996.
- PALADINO, A. Investigating the drivers of innovation and new product success: a comparison of strategic orientations. **Journal of Product Innovation Management**, v. 24, n. 6, p. 534-553, 2007. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-5885.2007.00270.x>
- PRESSMAN, R. **Sotware engineering: a practitioner's approach**. 5th ed. New York: McGraw-Hill Higher Education, 2001.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE – PMI. **Project Management Body of Knowledge – PMBOK Guide**. Newtown Square, 2008.
- PUGH, S. **Total design: integrated methods for successful product engineering**. London: Addison Wesley, 1990.
- RAGOTAMAN, S.; KORTE, L. The ISO 9000 international quality registration: an empirical analysis of implications for business firms. **International Journal of Applied Quality Management**, v. 2, n. 1, p. 59-73, 1999. [http://dx.doi.org/10.1016/S1096-4738\(99\)80004-9](http://dx.doi.org/10.1016/S1096-4738(99)80004-9)
- ROBERTS, E. B.; BELOTTI, P. R. Managerial determinants of industrial R&D performance: an analysis of the global chemicals/materials industry. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 69, n. 2, p. 129-152, 2002. [http://dx.doi.org/10.1016/S0040-1625\(01\)00151-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0040-1625(01)00151-2)
- SANTOS JUNIOR, D.; MELLO, R. Experiências em desenvolvimento de produtos de empresas pioneiras do pólo tecnológico de São Carlos. **Gestão & Produção**, v. 3, n. 1, p. 86-99, 1996.
- SCHEER, A. W. **ARIS – Business process modeling: completely revised and enlarged**. Berlin: Springer-Berlag, 1999.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JONHSTON, R. **Operations Management**. London: Prentice Hall, 2002.
- TERZIOVSKI, M.; SAMSON, D.; DOW, D. The business value of quality management systems certification: Evidence from Australia and New Zeland. **Journal of Operations Management**, v. 15, n. 1, p. 1-18, 1997. [http://dx.doi.org/10.1016/S0272-6963\(96\)00103-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0272-6963(96)00103-9)
- THIOLLENT, M. **Pesquisa-ação nas organizações**. São Paulo: Editora Atlas, 1997.
- TOLEDO, J. C. et al. Factors influencing new products success in small brazilian medical and hospital equipment firms. In: ISPE INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCURRENT ENGINEERING-RESEARCH AND APPLICATION, 14., 2007, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo, 2007. p. 657-664.
- ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product design and development**. McGraw-Hill Inc., 2003.
- VERNADAT, F. B. **Enterprise modelling and integration: principles and applications**. London: Chapman e Hall, 1996.
- WHEELWRIGHT, S. C.; CLARK, K. B. **Revolutionizing product development process: quantum leaps in speed, efficiency, and quality**. New York: The Free Press, 1992.
- YIN, R. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Tradução de Daniel Grassi. Rev. Cláudio Damascena. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.