



XII Seminario Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica - ALTEC 2007

Processo Decisório no Desenvolvimento de Novos Produtos

Camargo Jr., Alceu Salles
FEA-RP/USP – Brasil
alceu@usp.br

Sin Oih Yu, Abraham
FEA-RP/USP – Brasil
abraoyu@ipt.br

Resumo

Este trabalho identifica, na literatura, duas abordagens do desenvolvimento integrado de produtos que apresentam formas diferentes de gerir projetos de inovações: (1) uma que emprega equipe multidisciplinar que trabalha de forma integrada, com liderança forte e utiliza técnicas de resolução de problemas e melhoria da qualidade pra desenvolver o produto a partir de uma única alternativa ou conceito de projeto e, denominada, neste trabalho, de abordagem tradicional do desenvolvimento integrado e (2) outra abordagem, aqui denominada de flexível que, empregando também equipe multidisciplinar e integrada e o apoio de técnicas de resolução de problemas e melhoria da qualidade, conduz o desenvolvimento em paralelo de várias alternativas de projeto. Modelagens matemáticas foram desenvolvidas de forma a representar o processo de desenvolvimento por cada abordagem e, então, compará-las em termos de seus resultados econômicos para diferentes tipos de inovações. Os resultados mostram ser a abordagem flexível aquela que proporciona melhores resultados econômicos para gerir projetos de inovações radicais, projetos sob maiores incertezas técnicas ou em mercados mais competitivos, dinâmicos e exigentes. Ainda, os resultados mostram a abordagem tradicional como a mais adequada para gerir inovações incrementais.

1 Introdução.

O desenvolvimento de competências para a gestão de inovações tornou-se indispensável para que as organizações modernas mantenham a competitividade em ambientes de negócios

dinâmicos e globalizados (URBAN, HAUSER e DHOLAKIA, 1987; TIDD, BESSANT e PAVITT, 1997; ULRICH e EPPINGER, 2000). Alguns estudos apontam o desenvolvimento integrado de produtos como responsável pela aceleração dos projetos de desenvolvimento e pelas reduções, não só do *time-to-market*, mas também dos custos de desenvolvimento e de produção do novo produto. (CLARK e FUJIMOTO, 1991; VESEY, 1991; CLARK e WHEELWRIGHT, 1993; COOPER e KLEINSCHIMDT, 1994; BROWN e EISENHARDT, 1995; HULL, COLLINS e LIKER, 1996; GRIFFIN, 1997).

Este trabalho identifica, na literatura, duas abordagens do desenvolvimento integrado de produtos que apresentam formas diferentes de gestão das atividades e do processo decisório no desenvolvimento de novos produtos: (1) uma abordagem que emprega equipe multidisciplinar, com uma liderança forte, para desenvolver simultaneamente atividades dos projetos do produto e do processo. A equipe trabalha de forma integrada utilizando técnicas e práticas de resolução de problemas e melhoria da qualidade pra desenvolver o produto a partir de uma única alternativa ou conceito de projeto (TAKEUCHI e NONAKA, 1986; VESEY, 1991; CLARK e FUJIMOTO 1991; CLARK e WHEELWRIGHT, 1993; BROWN e EISENHARDT, 1995; KRISHNAN e ULRICH, 2001) e denominada, neste trabalho, de abordagem tradicional do desenvolvimento integrado de produtos e (2) outra abordagem que também emprega equipes multidisciplinares e técnicas de resolução de problemas e melhoria da qualidade para desenvolver simultaneamente atividades dos projetos do produto e do processo, mas considerando e analisando várias alternativas ou conceitos de projeto em paralelo (SANCHEZ e SUDHARSHAN, 1993; EISENHARDT e TABRIZI, 1995; LYNN MORONE e PAULSON, 1996; WARD, LIKER, CRISTIANO e SOBEK, 1995; THOMKE, 1998; THOMKE e REINERTSEN, 1998; SHENHAR, 1998) e denominada, neste trabalho, de abordagem flexível do desenvolvimento integrado de produtos.

Este trabalho apresenta, pois, o objetivo de comparar os desempenhos econômicos das duas abordagens (tradicional e flexível) do desenvolvimento integrado de produtos para gerir projetos de inovações sob diferentes níveis de incertezas de tecnologias de produto e de processo, custos de desenvolvimento, diferentes condições de competitividade no ambiente de negócios e também para diferentes níveis de exigências ou criticismo dos consumidores. Modelagens matemáticas foram desenvolvidas de forma a representar o processo de desenvolvimento por cada abordagem e, conseqüentemente, compará-las em termos de seus resultados econômicos. Uma análise de sensibilidade permitiu a determinação dos valores (condições) das variáveis de projeto, de exigências e criticismo dos consumidores e também de competitividade no ambiente de negócios, para os quais uma das abordagens domina a outra em termos de desempenho econômico.

Um resultado importante da pesquisa mostra ser a abordagem flexível aquela que proporciona melhores resultados econômicos para gerir projetos de inovações radicais, isto é, projetos de maiores incertezas técnicas em ambientes de negócios mais competitivos e desenvolvidos para mercados mais exigentes e críticos. Por outro lado, a abordagem tradicional do desenvolvimento integrado mostrou-se a mais adequada para gerir projetos com as características inversas, isto é, projetos de inovações incrementais, sob menores níveis de incertezas tecnológicas, em ambientes menos competitivos e mercados menos exigentes.

2 Referencial Teórico.

Esta seção apresenta a discussão sobre incertezas e a conseqüente classificação em inovações radicais e incrementais. Posteriormente, apresenta as práticas do Desenvolvimento Integrado de Produtos e, por fim, a abordagem Flexível do Desenvolvimento Integrado de Produtos.

2.1 Inovações Radicais e Incrementais.

Utterback e Abernathy (1975) desenvolveram um modelo dinâmico para o ciclo de inovação de produtos e processos. Os autores descobriram existir uma fase inicial onde há um grande número de inovações de produto quando as empresas estão procurando principalmente por novas tecnologias ou conceitos de produto. Quando os níveis de incerteza técnica diminuem e uma tecnologia desponta como dominante, o produto começa a ser produzido segundo o conceito dominante e as organizações, num segundo ciclo de inovações, iniciam buscas por melhorias de produtividade e, conseqüentemente, custos no processo produtivo.

Christensen (1997) propôs o modelo da curva em S para representar a trajetória tecnológica, isto é, mudanças de conceitos que sustentam a tecnologia atual, ou dominante, como denominada por Utterback e Abernathy (1975). Christensen (1997) apresentou a curva em S, depois de pesquisar as inovações incrementais que, continuamente, iam introduzindo pequenas melhorias na capacidade de armazenamento de informações nos *disk drivers*. *“Movement along a given S-Curve is generally the result of incremental improvements within an existing technological approach, whereas jumping onto the next technology curve implies adopting a radically new technology”* (CHRISTENSEN, 1997, p. 11).

Inovações incrementais são desenvolvidas a partir de pequenas melhorias no desempenho, qualidade do produto ou na produtividade do processo produtivo. São relativamente mais simples de serem obtidas devido aos baixos níveis de incerteza tecnológica e de mercado envolvidos. Por outro lado, inovações radicais ocorrem em condições de incertezas maiores, pois envolvem grandes mudanças tecnológicas e, muitas vezes, de mercado (ETTLIE, BRIDGES e O’KEEFE, 1984; DEWAR e DUTTON, 1986; LYNN e AKGÜN, 1998).

Christensen, Suárez e Utterback (1998) desenvolveram uma definição mais rigorosa do conceito de tecnologia dominante com base na arquitetura do produto, funções dos componentes e subsistemas e suas inter-relações. Os autores descobriram existir uma “janela de oportunidade” para a tecnologia dominante, que se abre um pouco antes da consolidação da tecnologia dominante e que se fecha com o advento de uma nova tecnologia. Estes autores constataram que o conceito dominante não é destruído ainda que ocorram inovações ao nível dos componentes. Para os autores, o projeto dominante só se torna obsoleto diante de mudanças radicais nas funções e inter-relações dos componentes ou subsistemas.

Clark e Wheelwright (1993) classificam as inovações como plataformas ou derivativas. Os produtos plataformas apresentam grandes mudanças nas tecnologias do produto ou processo e constituem novas concepções de projeto, enquanto os produtos derivativos são desenvolvidos a partir de melhorias ou extensões de uma certa plataforma. O conjunto de derivativos que advêm de um produto plataforma é considerado uma família de produtos. Além de apresentar funções mercadológicas de diversificação, cada produto derivativo pode apresentar também uma função tecnológica quando incorpora uma melhoria num certo componente, que acaba por sustentar a concepção da plataforma (MEYER e UTTERBACK, 1993). As organizações administram estas famílias de produto ao mesmo tempo que, estrategicamente, iniciam o desenvolvimento de novas concepções de plataformas com o objetivo de manter e incrementar

sua liderança de mercado (URBAN, HAUSER e DHOLAKIA, 1987; CLARK e WHEELWRIGHT, 1993; MEYER e UTTERBACK, 1993).

2.2 O Desenvolvimento Integrado de Novos Produtos – Abordagem Tradicional.

Organizações mais inovadoras têm continuamente conseguido obter reduções nos *time-to-market*, lançando produtos de melhores desempenho e qualidade mais rapidamente no mercado. A gestão de projetos de novos produtos pelo desenvolvimento integrado de produtos é apontada como um das principais responsáveis por obter reduções, não só no *time-to-market*, mas nos custos de desenvolvimento dos projetos e nos custos de produção do novo produto. (TAKEUCHI e NONAKA, 1986; CLARK e FUJIMOTO, 1991; VESEY, 1991; CLARK e WHEELWRIGHT, 1993; MONTOYA-WEISS e CALANTONE, 1994; COOPER e KLEINSCHIMDT, 1994; BROWN e EISENHARDT, 1995; KESSLER e CHAKRABARTI, 1996; SMITH e REINERTSEN, 1998).

Os projetos de novos produtos compreendem atividades de várias funções das organizações e, conseqüentemente, são comumente divididos em etapas ou fases de marketing, engenharia do produto, da manufatura, testes, produção e lançamento do produto. É comum ainda a classificação simples em projeto do produto, englobando os estudos de marketing, análise de viabilidade e engenharia do produto e projeto da manufatura, com as análises da manufatura, testes, produção e lançamento do produto (NEVINS e WHITNEY, 1989; CLARK e FUJIMOTO, 1991; VESEY, 1991; CLARK e WHEELWRIGHT, 1993; BROWN E EISENHARDT, 1995; SMITH e REINERTSEN, 1998).

O objetivo do desenvolvimento integrado de produtos é o de encontrar mais cedo eventuais problemas ou conflitos no projeto, para mais cedo também solucioná-los, economizando tempo e recursos com análises e tarefas que teriam que ser refeitas mais tarde. O desenvolvimento integrado é caracterizado por um ambiente de intensa troca de informações pela equipe multidisciplinar, possibilitando um alto grau de sobreposição de tarefas ou etapas do projeto e estreitando as atividades dos projetos do produto e da manufatura. O ambiente de intensa comunicação no desenvolvimento integrado é apoiado por sistemas de informação de forma com que a equipe possa tomar decisões mais rápidas com o auxílio de técnicas de resolução de problemas e de melhoria da qualidade como o Desdobramento da Função Qualidade (QFD - *Quality Function Deployment*), Delineamento de Experimentos (DOE - *Design of Experiments*), Análise de Confiabilidade, Análise dos Modos e Efeitos de Falhas (FMEA - *Failure Mode and Effects Analysis*), o Projeto para a Manufatura (DFM - *Design for Manufacturability*), Projeto e Manufatura assistidos por computador (CAD/CAM), Análise por Elementos Finitos, dentre outras (TAKEUCHI e NONAKA, 1986; NEVINS e WHITNEY, 1989; ETTLIE e STOL, 1990; CLARK e FUJIMOTO, 1991; VESEY, 1991; CLARK e WHEELWRIGHT, 1993; BROWN e EISENHARDT, 1995; TIDD et al. 1997).

2.3 Abordagem Flexível do Desenvolvimento Integrado de Novos Produtos.

Eisenhardt e Tabrizi (1995) conduziram uma pesquisa empírica junto a companhias globais no ramo de computadores com o objetivo de compreender os padrões de aceleração no processo de desenvolvimento de produtos. Os autores descobriram que a aceleração com a sobreposição de etapas do projeto, como implementada no desenvolvimento integrado, era muito comum nas companhias de computadores de grande porte e minicomputadores para os quais o ambiente de negócios apresentava-se mais estável e maduro.

Por outro lado, os autores descobriram que as companhias que atuavam em mercados mais dinâmicos e incertos, como nos setores de computadores pessoais, componentes periféricos e impressoras, empregavam ainda uma outra estratégia em conjunto com o desenvolvimento integrado e sobreposição das etapas. Tal estratégia, denominada de experimental por Eisenhardt e Tabrizi (1995), buscava reduzir o *time-to-market* não só pelo emprego do desenvolvimento integrado, mas principalmente pelo desenvolvimento em paralelo de várias alternativas de projeto e um maior número de pontos de tomada de decisão.

Lynn, Morone e Paulson (1996, p. 27) denominam “*the probe and learn*” esta estratégia experimental. Estes autores, assim como Eisenhardt e Tabrizi (1995), acreditam que a abordagem experimental atua como redutora de incertezas introduzindo flexibilidade no processo decisório do projeto por dotar a equipe de um número maior de opções de escolha. A exploração em paralelo do desempenho de várias alternativas torna o processo de desenvolvimento mais rico e compreensivo, acelerando a obtenção de informações e possibilitando com que a equipe tome decisões mais rápidas e sob menos incertezas.

Thomke (1998) e Thomke e Reinertsen (1998) também enxergam, na estratégia de desenvolvimento em paralelo de várias alternativas ou conceitos, uma forma de aceleração na obtenção de informações e conhecimento. Estes autores denominam tal estratégia de “*flexible management*” ou “*prototyping approach*” e a consideram como uma prática importante para o mapeamento do desempenho de componentes e subsistemas e suas inter-relações para as várias alternativas de projeto permitindo que a equipe consiga rapidamente comparar as alternativas. “*Multiple release levels for a drawing can be established, each of which conveys different information*” (THOMKE e REINERTSEN, 1998, p 23).

Ward et al. (1995) denominaram de “*set-based concurrent engineering*” a estratégia empregada pela Toyota de conduzir um conjunto de alternativas de projeto e protótipos em paralelo como forma de agilizar o processo, diminuir o *time-to-market* e reduzir o nível de incerteza no desenvolvimento. Para estes autores, a grande quantidade de protótipos desenvolvidos permite conhecer e, logo cedo, mapear os desempenhos e respostas das várias alternativas ou tecnologias. Para Shenhar (1998, p. 39): “*these intermediate programs were instituted to prove the validity of the systems concept and test the unknown technologies being developed concurrently during the project-execution period*”.

Sanchez e Sudharshan (1993, p. 30) sugerem que a estratégia denominada por eles de “*real time market research*” apresenta grande potencial para reduzir incertezas no desenvolvimento de novos produtos por capturar não só as necessidades dos consumidores, mas principalmente suas reações e percepções frente novas e diferentes tecnologias, designs e desempenhos. É denominada também de “*customer-ready prototypes*” (SRINIVASAN, LOVEJOY e BEACH, 1997) e “*information stability*” (TERWIESCH, LOCH e DE MEYER, 2002). “*Real time market research gathers effective information when researcher gives consumer real products to see and handle*” (SANCHEZ e SUDHARSHAN, 1993, p. 30).

3 Modelos e Apresentação de Resultados.

Esta seção apresenta a construção dos modelos de representações do processo decisório no desenvolvimento integrado de produtos com o objetivo de comparar os desempenhos econômicos das duas abordagens tradicional e flexível além da discussão de resultados.

Gerir o processo de desenvolvimento de um novo produto constitui-se uma tarefa constante de tomada de decisões. Decisões sobre nichos de mercados, logística e de tecnologias de produto e processo. Equipes multidisciplinares, coordenadas por líderes pesos pesados, trabalham num processo de análise e tomada de decisões, para dotar o novo produto com o mais alto desempenho e nível de qualidade de forma a satisfazer os requisitos dos consumidores ou determinados nichos (COOPER, 1979; EISENHARDT, 1989; CLARK e FUJIMOTO 1991; CLARK e WHEELWRIGHT, 1993; COOPER e KLEINSCHIMDT, 1994; BROWN e EISENHARDT, 1995; KRISHNAN e ULRICH, 2001).

Clark e Wheelwright (1993) e Wheelwright e Clark (1994) sintetizam as atividades do ciclo decisório em *design-build-test* para representar as tarefas que a equipe de projeto desenvolve de forma iterativa até a obtenção do sucesso, isto é, dos níveis de desempenho e qualidade requeridos para o produto ou processo. *“A single design-build-test cycle generates insight and information about the connection between specific design parameters and customer attributes. That information becomes the basis for a new design-build-test cycle and the process continues until developers arrive at a solution a - design - that meets requirements”* (WHEELWRIGHT e CLARK, 1994, p. 36).

Nossos modelos simulam o desenvolvimento do produto e também do processo produtivo. Nós empregamos probabilidades de sucesso para representar os níveis de incerteza tecnológica dos conceitos de produto e também de processo. Podemos imaginar que a equipe de desenvolvimento tenha inicialmente algumas alternativas de projeto ou tecnologias ainda não totalmente conhecidas e dominadas. A equipe de projeto sabe que poderá dispor de tais conceitos ou tecnologias, porém há dúvida e, portanto incerteza sobre se o seu desempenho satisfará as exigências do mercado com relação à qualidade, ergonomia, confiabilidade e também em relação ao preço ou alguma medida de benefício-custo para os consumidores.

Cada alternativa ou tecnologia de projeto pode, depois de desenvolvidas e testadas (ciclo de *design-build-test*), revelar-se como um sucesso ou não. Assim, p_i representa a probabilidade de sucesso da i -ésima alternativa ou conceito do produto, isto é, representa a probabilidade de que o i -ésimo conceito do produto revelar-se-á como um sucesso depois do desenvolvimento estando pronto para ser lançado ao mercado, pois, atende às exigências e necessidades dos consumidores. Consideramos também pm_j como a probabilidade de sucesso da j -ésima tecnologia de processo, isto é, a probabilidade de que a j -ésima alternativa de processo venha se revelar como um sucesso e, portanto bastante atrativa para a manufatura do produto.

Supomos também que há um faturamento total potencial de mercado (V) que seria auferido somente no caso em que o lançamento do produto fosse feito nas condições de sucesso, obtidos tanto no desenvolvimento do conceito do produto quanto no desenvolvimento da alternativa tecnológica do processo. Contudo, nossos modelos consideram a possibilidade de a equipe poder lançar o produto no mercado, mesmo em condições que denominamos de inferioridade técnica ou de mercado. Assim, a equipe, diante de um sucesso no desenvolvimento do conceito de produto, poderia lançar o produto mesmo que não tenha obtido o mesmo êxito no desenvolvimento da alternativa tecnológica de processo, o que levaria a organização possivelmente a operar (o processo produtivo) de forma não eficiente, acarretando uma perda, a qual denominamos “déficit tecnológico” (T).

Ainda, denominamos de “déficit de mercado” (M) à perda que a organização incorre quando lança um produto cujo conceito ou tecnologia de produto não tenha se revelado um sucesso,

mesmo que a tecnologia de processo tenha sido bem sucedida no desenvolvimento. O déficit de mercado é uma perda que a organização incorre devido à percepção, por parte do consumidor, de que o produto não satisfaz por completo suas exigências de funcionalidade ou de qualidade (COOPER, 1979; VON HIPPEL, 1986; URBAN, HAUSER e DHOLAKIA, 1987; COOPER e KLEINSCHIMDT, 1987; COOPER e KLEINSCHIMDT, 1996).

Lançando o produto nestas condições de inferioridade, a organização auferiria somente parte do faturamento total potencial: V-M e V-T, se ocorrer, respectivamente, um “déficit de mercado” ou um “déficit tecnológico” ou, ainda, V-M-T na ocorrência de ambos os déficits. Nossos modelos de decisão empregam o conceito de janela de oportunidade para as vendas do produto (ABELL, 1978; VESEY, 1991; CLARK e FUJIMOTO, 1991; CHRISTENSEN, SUÁREZ e UTTERBACK, 1998; SMITH e REINERTSEN, 1998). Desta forma, podemos representar o grau de competitividade no ambiente de negócio. Mercados mais dinâmicos e competitivos apresentam uma maior frequência de introdução de inovações, menores ciclos de vida e conseqüentemente menores janelas de oportunidade (CHRISTENSEN, SUÁREZ e UTTERBACK, 1998; SMITH e REINERTSEN, 1998).

Em mercados mais dinâmicos e competitivos as janelas de oportunidades são menores e é essencial que as organizações desenvolvam competências e técnicas de redução do *time-to-market* de forma a conseguir lançar mais rapidamente o produto e auferir grande parte do faturamento de mercado. Consideramos, pois, em nossos modelos, a influência do *time-to-market* sobre o desempenho econômico obtido com o projeto do novo produto, relação esta que é moderada pela extensão da janela de oportunidades para as vendas do produto.

3.1 Modelo para a Representação da Abordagem Tradicional do Desenvolvimento Integrado de Novos Produtos.

Na abordagem tradicional do desenvolvimento integrado de produtos há a possibilidade de sobreposição de etapas do projeto, porém a equipe multidisciplinar conduz somente um conceito de produto e um de processo por ciclo (*design-build-test*) de desenvolvimento.

Assim, a equipe conduz um único conceito de produto e um processo ao primeiro ciclo de desenvolvimento. Ao final do primeiro ciclo, depois de desenvolvidos e testados, ambos os conceitos podem revelar-se como sucessos e, então, a equipe poderá lançar o produto no mercado e auferir o faturamento total V. Porém, diante de pelo menos um fracasso (da alternativa de produto ou de processo), a equipe deverá decidir se lança o produto com algum déficit (de mercado, tecnológico) ou conduz uma nova alternativa (de produto ou de processo) para ser desenvolvida no segundo ciclo e, sucessivamente. Consideramos, para efeito de facilitar as modelagens e a análise de resultados, que toda e qualquer alternativa (de produto e processo) apresenta o mesmo custo (c) para ser desenvolvida num ciclo (*design-build-test*).

Por outro lado, se a equipe decide não lançar o produto com déficit e tentar obter o sucesso com uma nova alternativa (de produto ou de processo) adentrando a um novo ciclo de desenvolvimento, com o passar do tempo, a janela de oportunidades vai se consumindo e reduzindo, conseqüentemente, o faturamento efetivo ao qual a organização terá direito quando lançar o produto (com ou sem algum déficit).

De forma a tornar a modelagem mais concisa e representativa, podendo ser aplicada para simular o desenvolvimento de qualquer produto, consideramos uma medida adimensional da janela de oportunidades. Se um mercado apresenta uma certa extensão W (em tempo) para a janela de oportunidades para um determinado produto, então consideramos uma medida

adimensional para a extensão (w) da janela de oportunidades, medida em termos do tempo de um ciclo de desenvolvimento do produto considerado, isto é, em números de ciclos, ou melhor, representaria o tempo equivalente para se conduzir w ciclos de desenvolvimento.

Como forma de considerar a busca por menores *time-to-market*, imposição de mercados mais competitivos, utilizamos a suposição de que um atraso no lançamento do produto, em relação à abertura da janela de oportunidades, poderia provocar perdas no faturamento efetivo da organização. Tal perda é proporcional ao tempo que já se passara desde o instante de abertura da janela em relação à toda extensão da janela de oportunidades. A expressão 3.1 abaixo nos apresenta o faturamento efetivo de mercado (V_k) que a organização auferirá ao lançar o produto no mercado ao final do k -ésimo ciclo de desenvolvimento, considerando uma extensão (w) de janela de oportunidades, um faturamento potencial de mercado (V), um déficit de mercado (M) e um déficit tecnológico (T).

$$V_k = (V - M - T) \left[1 - \left(\frac{k-1}{w} \right) \right], k \geq 1 \quad (3.1)$$

Diante da ocorrência de sucesso no desenvolvimento da alternativa de produto, mas de fracasso no desenvolvimento da alternativa de processo ao final do $(k-1)$ -ésimo ciclo, então a equipe pode decidir entre lançar um produto com déficit tecnológico ou adentrar, se viável, ao k -ésimo ciclo para desenvolver uma nova alternativa de processo (com probabilidade de sucesso pm_k). Nestas condições, a expressão 3.2 abaixo nos apresenta a condição de viabilidade para o desenvolvimento de uma nova alternativa no k -ésimo ciclo.

$$[V - (1 - pm_k)T] \left[1 - \left(\frac{k-1}{w} \right) \right] \geq c \quad (3.2)$$

Por outro lado, se ao final do $(k-1)$ -ésimo ciclo, a alternativa de processo se revelar um sucesso enquanto a de produto não, então a equipe deverá decidir entre lançar um produto com déficit de mercado ou adentrar, se viável, ao k -ésimo ciclo para desenvolver uma nova alternativa de produto (probabilidade de sucesso p_k). A expressão 3.3 apresenta a condição de viabilidade para o desenvolvimento de uma nova alternativa de produto no k -ésimo ciclo.

$$[V - (1 - p_k)M] \left[1 - \left(\frac{k-1}{w} \right) \right] \geq c \quad (3.3)$$

Contudo, se ambas as alternativas (produto e processo) não se revelarem como sucessos ao final do $(k-1)$ -ésimo ciclo, a equipe poderá lançar o produto com ambos os déficits, de tecnológico e de mercado, ou então, desenvolver, se viável, novas alternativas (de produto e de processo) no k -ésimo ciclo. A expressão 3.4 abaixo nos apresenta, pois, a condição de viabilidade para o desenvolvimento de novas alternativas no k -ésimo ciclo.

$$[V - (1 - p_k)M - (1 - pm_k)T] \left[1 - \left(\frac{k-1}{w} \right) \right] \geq 2c \quad (3.4)$$

De forma a desenvolver modelos que representem a dinâmica de decisões no processo de desenvolvimento, mas que sejam simples e compreensivos, tomamos uma situação onde a equipe de projeto tenha, à sua disposição, duas alternativas de produto e três de processo, todas ainda não efetivamente dominadas e, que terão que passar pelos ciclos de desenvolvimento para se revelar viáveis ou não. Supomos que ambas as alternativas de

produto apresentam a mesma probabilidade de sucesso **p**, e as três alternativas de processo apresentem probabilidade de sucesso **pm**. Conduzimos análises de sensibilidade em todo o intervalo (de 0 a 100%) para a probabilidade de sucesso das alternativas de produto (**p**), e também para os valores de 10% e 90% para a probabilidade de sucesso das alternativas de processo (**pm**). A expressão 3.5 abaixo nos apresenta o valor econômico esperado para o projeto, gerido pela abordagem tradicional de desenvolvimento integrado de produtos.

$$\begin{aligned}
 & -2c + pm \left[pV + (1-p) \max \left[V - M; -c + pV \left(1 - \frac{1}{w}\right) + (1-p) \left(1 - \frac{1}{w}\right) (V - M) \right] \right] + \\
 & + (1-pm) \left\{ \begin{aligned}
 & p \max \left[\begin{aligned}
 & V - T; \\
 & -c + pm \left(1 - \frac{1}{w}\right) V + (1-pm) \max \\
 & \left\langle \left(1 - \frac{1}{w}\right) (V - T); -c + pm \left(1 - \frac{2}{w}\right) V + (1-pm) \left(1 - \frac{2}{w}\right) (V - T) \right\rangle
 \end{aligned} \right] + \\
 & + (1-p) \max \left[\begin{aligned}
 & V - T - M; \\
 & -2c + ppm \left(1 - \frac{1}{w}\right) V + p(1-pm) \max \\
 & \left\langle \left(1 - \frac{1}{w}\right) (V - T); -c + pm \left(1 - \frac{2}{w}\right) V + (1-pm) \left(1 - \frac{2}{w}\right) (V - T) \right\rangle + \\
 & + (1-p) pm \left(1 - \frac{1}{w}\right) (V - M) + (1-p)(1-pm) \max \\
 & \left\langle \left(1 - \frac{1}{w}\right) (V - M - T); \right. \\
 & \left. -c + pm \left(1 - \frac{2}{w}\right) (V - M) + (1-pm) \left(1 - \frac{2}{w}\right) (V - M - T) \right\rangle
 \end{aligned} \right]
 \end{aligned} \right\} \quad (3.5)
 \end{aligned}$$

A expressão 3.5 considera todas as opções que a equipe tem: opções de lançar o produto com sucesso, lança-lo com algum déficit ou continuar com o processo de desenvolvimento.

3.2 Modelo para a Representação da Abordagem Flexível do Desenvolvimento Integrado de Novos Produtos.

A abordagem flexível do desenvolvimento integrado de produtos conduz, em paralelo, várias alternativas de projeto. Várias alternativas ou conceitos de produto e também de processo são desenvolvidas simultaneamente e em paralelo. Nesta abordagem, bastam que apenas dois conceitos, um de produto e um de processo, se revelem como sucessos para que a equipe possa lançar o produto com sucesso no mercado. O principal objetivo da abordagem flexível, é o de tentar acelerar o processo de desenvolvimento, ainda que a custos maiores, de forma a aumentar as chances de se conseguir o lançamento mais cedo do produto. As variáveis

empregadas no modelo da abordagem flexível são as mesmas do modelo da abordagem tradicional acima. A expressão 3.6 abaixo nos apresenta o valor econômico esperado para o projeto, gerido pela abordagem flexível do desenvolvimento integrado de produtos.

$$\begin{aligned}
 & -5c + (p^2 + 2p(1-p)) [pm^3 + 3pm^2(1-pm) + 3pm(1-pm)^2] V + \\
 & + (1-pm)^3 (p^2 + 2p(1-p)) (V-T) + \\
 & + (1-pm)^2 [pm^3 + 3pm^2(1-pm) + 3pm(1-pm)^2] (V-M) + (1-p)^2 (1-pm)^3 (V-M-T)
 \end{aligned} \tag{3.6}$$

3.3 Comparação dos Desempenhos Econômicos das Abordagens Tradicional e Flexível.

Nossos modelos possibilitam que comparemos, através de análises de sensibilidade, os desempenhos econômicos das duas abordagens do desenvolvimento integrado de produtos. Assim, podemos comparar os desempenhos econômicos de cada uma das abordagens sob diferentes condições das variáveis consideradas em nossas modelagens, isto é, para diferentes níveis de incerteza de mercado e de tecnologia, de produto e de processo, diferentes custos de desenvolvimento, sob diferentes condições de competitividade no ambientes de negócios e para mercados com diferentes níveis de exigências ou criticismo dos consumidores.

Num outra forma de análise de sensibilidade, podemos também determinar os valores (condições) das variáveis de projeto, de mercado e de ambiente de negócios (empregadas em nossas modelagens) para os quais uma das abordagens domina a outra em termos de desempenho econômico. Desta forma, a comparação pode ser feita através de uma análise rápida e visual, com a determinação de uma curva de fronteira que separa, num gráfico, as regiões de dominância de cada uma das abordagens em termos de desempenho econômico.

Para a obtenção da curva de fronteira, utilizamos um gráfico com extensão (**w**) da janela de oportunidades nas ordenadas e a probabilidade de sucesso (**p**) das alternativas de produto nas abscissas. Uma curva de fronteira é o lugar geométrico de pontos (**p***, **w***) que tornam iguais os valores econômicos esperados de projeto quando gerido pela abordagem tradicional e pela abordagem flexível de desenvolvimento integrado de produtos (expressões 3.5 e 3.6 acima), mantidas constantes todas as outras variáveis. Desenvolvemos uma rotina em linguagem de programação do software Matlab para fazer a busca dos pontos das fronteiras.

A Tabela 1 abaixo nos mostra alguns valores, obtidos em Ulrich e Eppinger (2000), para o faturamento total de mercado (**V**), a relação c_T/V (c_T representando o custo total de desenvolvimento), ciclo de vida e *time-to-market* para alguns projetos que utilizamos como estimativas em nossos modelos.

Tabela 1: Faturamento Potencial Total de Mercado (**R**), Relação c_T/R , Ciclo de Vida e *Time-to-Market* para Alguns Projetos.

	Ferramenta Stanley	Rollerblade	HP Deskjet	New Beetle	Boeing 777
V (em milhões US\$)	12	60	2400	10200	195000
c_T/V	0,0125	0,0125	0,021	0,039	0,015
ciclo de vida (em anos)	40	3	2	6	30
<i>time-to-market</i> (anos)	1	2	1,5	3,5	4,5

Fonte: Ulrich e Eppinger (2000).

Com o objetivo de tornar a modelagem representativa para o processo de desenvolvimento de qualquer produto, tomamos os valores monetários como percentuais do faturamento total de

mercado (V), para o qual assumimos o valor 100 ($V=100$). Utilizamos, pois, os valores 5, 10 e 35 para análise de sensibilidade sobre os déficits tecnológico (T) e de mercado (M), isto é, as perdas ou déficits seriam de 5%, 10% e 35% em relação ao faturamento total de mercado no caso de a organização lançar o produto em condições de inferioridade. Nesta seqüência, estes valores representam níveis crescentes de exigências ou criticismo do mercado. Assim, lançando o produto, em condições de inferioridade, ele seria avaliado ou percebido conforme os diferentes níveis de criticismo dos consumidores resultando em diferentes valores de perdas econômicas para a organização.

Como a relação c_T/V representa, na Tabela 1 acima, o custo total de desenvolvimento em relação ao faturamento total de mercado, adotamos três estimativas para a relação c/V (utilizada em nossas modelagens) com valores 0,5%, 1% e 2%, de forma a representar o intervalo de custos apresentado na Tabela 1. A Figura 1 abaixo nos apresenta o gráfico com as curvas de fronteira para projetos com custo de desenvolvimento 0,5% ($c=0,5$), ou melhor, de relação c/V com valor 0,5%, já que estamos utilizando o valor de 100 para o faturamento total de mercado ($V=100$). Há fronteiras para projetos com probabilidade de sucesso de processo de 10% e 90% e para os valores 5, 10 e 35 para os déficits (M e T) do produto, isto é, valores de 5%, 10% e 35% para as relações M/V ou T/V , conforme comentado acima.

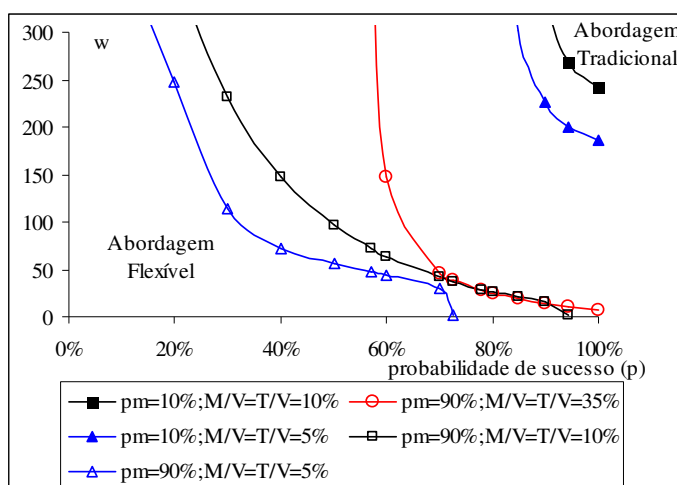


Figura 1: Fronteiras (w^*) e mapeamento das regiões de dominância de cada uma das abordagens Flexível e Tradicional, para projetos com relação c/V de valor 0,5%.

Sabemos que a curva de fronteira nos mostra, para cada valor de probabilidade de sucesso de conceitos de produto (p), o valor da extensão (w^*) de janela de oportunidades que iguala os valores econômicos esperados do projeto pelas duas abordagens (tradicional e flexível). Assim, a fronteira separa ou identifica regiões de dominância de cada um das abordagens, isto é, regiões no gráfico, onde cada abordagem domina a outra em desempenho econômico.

Podemos observar, pela Figura 1 acima, que a região de dominância da abordagem flexível é aquela constituída por projetos mais difíceis ou nas condições mais desfavoráveis, isto é, projetos com maiores níveis de incertezas técnicas para conceitos de produto ou de processo (baixas probabilidades de sucesso de conceitos de produto p e de processo pm), em ambientes de negócios com maiores níveis de competitividade (extensões w menores de janelas de oportunidades para as vendas do produto) ou, ainda, em mercados com consumidores mais exigentes (déficits de mercado M e tecnológico T maiores). Estas características identificam tais projetos, contidos na região de dominância da abordagem flexível, como inovações

radicais (ETTLIE, BRIDGES e O'KEEFE, 1984; DEWAR e DUTTON, 1986; CLARK e WHEELWRIGHT, 1993; MEYER e UTTERBACK, 1993; CHRISTENSEN, 1997; LYNN e AKGÜN, 1998). Estes resultados mostram ser a abordagem flexível aquela de maior potencial para gerir projetos de inovações radicais.

A região de dominância da abordagem flexível é ainda maior para projetos com maiores níveis de incerteza sobre as alternativas de tecnologia de processo ou quando o mercado alvo é bastante exigente, com consumidores mais críticos, já que as curvas de fronteira, na Figura 3.1 acima, se deslocam para cima e para direita conforme diminuem os valores da probabilidade de sucesso para os conceitos de processo (**pm** de 10%) ou aumentam os valores dos déficits de mercado (**M**) e tecnológico (**T**).

Enquanto estes resultados mostram ser a abordagem flexível aquela mais adequada para gerir projetos de inovações radicais, podemos observar, pela Figura 1, que a abordagem tradicional apresenta-se como a de melhor desempenho econômico para gerir projetos com menores níveis de incerteza (maiores probabilidades de sucesso de conceitos de produto **p** e de processo **pm**), em ambientes de negócios menos competitivos (janelas de oportunidades de maiores extensões **w**) e em mercados menos exigentes ou críticos (menores valores de déficits de mercado **M** ou tecnológicos **T**), isto é, inovações incrementais. As Figuras 2 e 3 mostram as fronteiras para os valores, respectivamente, de 1% e 2% para a relação **c/V** (**c/V**=1% e 2%).

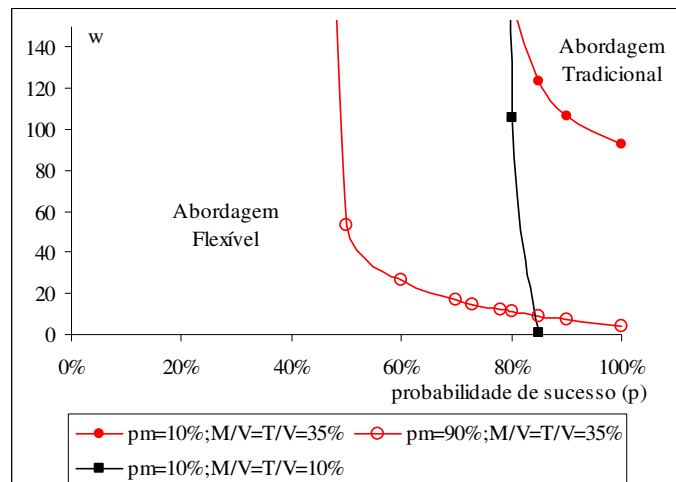


Figura 3.2: Fronteiras (w^*) e mapeamento das regiões de dominância de cada uma das abordagens Flexível e Tradicional, para projetos com relação c/V de valor 1%.

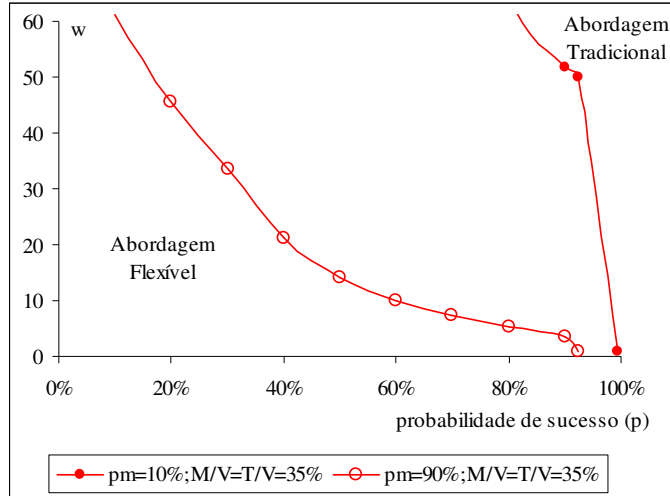


Figura 3: Fronteiras (w^*) e mapeamento das regiões de dominância de cada uma das abordagens Flexível e Tradicional, para projetos com relação c/V de valor 2%.

Podemos observar, pelas Figuras 3.1, 3.2 e 3.3 acima, que as curvas de fronteiras apresentam, em todos os casos, o mesmo comportamento, isto é, o de decrescimento com a probabilidade de sucesso para os conceitos de produto (p), separando e identificando, assim, as regiões de dominância de cada uma das abordagens (flexível e tradicional) do desenvolvimento integrado de produtos. O efeito de um aumento na relação c/V é o de diminuir a região de dominância da abordagem flexível, já que é mais oneroso gerir o desenvolvimento, pela abordagem flexível, de projetos naturalmente mais caros. Tal efeito pode ser observado quando analisamos as Figuras 3.1, 3.2 e 3.3, nesta seqüência. Estes resultados mostram que a abordagem flexível apresenta melhores resultados econômicos para gerir inovações radicais, ainda que apresentem custos relativamente altos (maiores valores da relação c/V , caso da Figura 3.3 acima).

4 Conclusões.

O trabalho identifica na literatura duas abordagens do desenvolvimento integrado que apresentam formas diferentes de gestão das atividades e do processo decisório no processo de desenvolvimento. Apesar de as abordagens tradicional e flexível empregarem as mesmas técnicas de resolução de problemas e também equipes multidisciplinares para o desenvolvimento integrado e simultâneo das atividades de produto e processo, a diferença entre elas está basicamente na quantidade de alternativas ou conceitos que conduzem em paralelo no processo. Enquanto a abordagem tradicional conduz o desenvolvimento através de iterações e melhorias a partir de uma única alternativa ou conceito de projeto, a abordagem flexível desenvolve, em paralelo, várias alternativas.

O trabalho apresenta o desenvolvimento de modelagens matemáticas com o objetivo de representar o processo decisório no desenvolvimento de inovações gerido por cada uma das duas abordagens (tradicional e flexível). Os modelos foram desenvolvidos para possibilitar a comparação dos desempenhos econômicos das duas abordagens para a gestão de inovações sob diferentes condições de incerteza tecnológica de produto e de processo, sob diferentes níveis de competitividade no ambiente de negócios e de exigência dos consumidores.

Empregamos probabilidades de sucesso para operacionalizar as incertezas de tecnologia no produto e também no processo. Para operacionalizar a variável competitividade no ambiente

de negócios, empregamos diferentes extensões de janelas de oportunidades sobre as vendas do produto. Ainda, os diferentes níveis de exigência de mercado ou dos consumidores foram representados por prejuízos (déficits) que a organização incorreria quando lança um produto que não satisfaz por completo as exigências ou necessidades dos consumidores. Tais prejuízos são tanto maiores quanto mais exigentes forem os mercados.

Uma análise de sensibilidade permitiu encontrar os valores da extensão da janela de oportunidades que tornam iguais os desempenhos econômicos das duas abordagens para cada valor da probabilidade de sucesso da alternativa de produto (nível de incerteza na tecnologia do produto) e, conseqüentemente, traçar uma linha de fronteira num gráfico. Assim, os resultados podem ser facilmente observados num gráfico, onde a linha de fronteira identifica duas regiões, caracterizada pelos valores diferentes das variáveis de projeto (incerteza técnica), de mercado (níveis de exigência) e de ambiente de negócios (extensão da janela de oportunidades), para os quais, cada uma das abordagens domina a outra em termos de desempenho econômico.

Os resultados da pesquisa apontam a abordagem flexível do desenvolvimento integrado de produtos como a mais adequada, isto é, aquela que apresenta os melhores resultados econômicos para gerir inovações radicais, com maiores níveis de incerteza tecnológica nos projetos do produto e do processo e que terão que enfrentar ambientes de negócios muito dinâmicos ou competitivos e em mercados constituído por consumidores bastante exigentes.

A inovação radical é caracterizada por todas estas condições desfavoráveis ou mais complicadas no desenvolvimento da tecnologia bem como na relação com o mercado (URBAN, HAUSER e DHOLAKIA, 1987; ETTLIE, BRIDGES e O'KEEFE, 1984; DEWAR e DUTTON, 1986; LYNN e AKGÜN, 1998). Contudo, os resultados de nossa pesquisa mostram ainda que a abordagem flexível é aquela de maior resultado econômico para gerir projetos de desenvolvimento que apresentem pelo menos uma destas condições desfavoráveis, e não necessariamente as intersecções delas todas. Um outro resultado importante desta pesquisa é aquele que mostra ser a exigência dos consumidores a variável de maior impacto sobre o desempenho econômico do processo de desenvolvimento e, a mais importante para se determinar ou selecionar a abordagem mais adequada para o desenvolvimento de uma inovação qualquer. Nossos resultados mostram ser a abordagem flexível a mais adequada para inovações em mercados mais exigentes, ainda que outras condições de projeto (incerteza técnica e competitividade no ambiente de negócios) não sejam tão desfavoráveis.

Por outro lado, a abordagem tradicional do desenvolvimento integrado apresentou-se como aquela de melhor desempenho econômico para gerir inovações incrementais, isto é, somente aqueles projetos de desenvolvimento que apresentam, simultaneamente, menores níveis de incerteza técnica, níveis menores de competitividade no ambiente de negócios e em mercados com consumidores menos exigentes.

Para a continuidade da pesquisa, podemos pensar em sugestões como melhorar a representatividade das modelagens desta pesquisa, aproximando-as ainda mais da realidade. Outros fatores ou aspectos, ainda não explorados nesta pesquisa, poderiam se incorporados nas modelagens para que pudéssemos também analisar seus efeitos, impactos e inter-relações com as outras variáveis. Neste sentido, aspectos relacionados à aprendizagem da equipe multidisciplinar ou às incertezas de mercado e os efeitos da dinâmica nos requisitos dos consumidores podem ser analisados.

Referências

- ABELL, D. F. (1978) Strategic Windows – The Time to invest in a product or market is when a 'strategic window' is open. *Journal of Marketing* (July), p. 21-26.
- BROWN, S. L.; EISENHARDT, K. M. (1995) Product development: past research, present findings, and future directions. *Academy of Management Review*, v. 20, (2), p. 343-378.
- CLARK, K. B.; FUJIMOTO, T. (1991) *Product Development Performance*. Boston: Harvard Business School Press.
- CLARK, K. B.; WHEELWRIGHT, S. C. (1993) *Revolutionizing Product Development*. New York: The Free Press.
- COOPER, R. G. (1979) The dimensions of industrial new product success and failure. *Journal of Marketing*, v. 43 (Summer), p. 93-103.
- COOPER, R. G.; KLEINSCHIMDT, E. J. (1987) New Products: What Separates Winners from Losers? *The Journal of Product Innovation Management*, v. 4, (3), p. 169-184.
- COOPER, R. G.; KLEINSCHIMDT, E. J. (1994) Determinants of Timeliness in Product Development. *Journal of Product Innovation Management*, v. 11, (5), p. 381-396.
- COOPER, R. G.; KLEINSCHIMDT, E. J. (1996) Winning Businesses in Product Development: the Critical Success Factors. *Research Technology Management*, v. 39, (4), p. 18-29.
- CHRISTENSEN, C. M. (1997) *The Innovator's dilemma*. Harper Business.
- CHRISTENSEN, C. M.; SUÁREZ, F. F.; UTTERBACK, J. M. (1998) Strategies for survival in fast-changing industries. *Management Science*, v. 44, (12), p. S207-S220.
- DEWAR, R. D.; DUTTON, J. E. (1986) The Adoption of Radical and Incremental Innovations: an Empirical Analysis. *Management Science*, v. 32 (11), p. 1422-1433.
- EISENHARDT, K. M. (1989) Making fast strategic decisions in high-velocity environments. *Academy of Management Journal*, v. 32, (3), p. 543-579.
- EISENHARDT, K. M.; TABRIZI, B. N. (1995) Accelerating adaptive processes: Product innovation in the global computer industry. *Administrative Science Quarterly*, v. 40, (1), p. 84-110.
- ETTLIE, J. E.; BRIDGES, W. P.; O'KEEFE, R. D. (1984) Organization Strategy and Structural Differences for Radical versus Incremental Innovation. *Management Science*, v. 30, (6), p. 682-695.
- ETTLIE, J. E.; STOLL, H. W. (1990) *Managing the design-Manufacturing Process*. New York: McGraw-Hill Inc.
- GRIFFIN, A. (1997) The Effect of Project and Process Characteristics on Product Development Cycle Time. *Journal of Marketing Research*, v. 34, (1), p. 24-35.
- HULL, F. M.; COLLINS, P. D.; LIKER, J. K. (1996) Composite Forms of Organization as a Strategy for Concurrent Engineering Effectiveness. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v. 43, (2), p. 133-142.

- KESSLER, E. H.; CHAKRABARTI, A. K. (1996) Innovation Speed: A Conceptual Model of Context, Antecedents and Outcomes. *Academy of Management Review*, v. 21(4), p. 1143-1194.
- KRISHNAN, V.; ULRICH, K. T. (2001) Product Development Decisions: a Review of Literature. *Management Science*, v. 47, (1), p. 1-21.
- LYNN, G. S.; AKGÜN, A. E. (1998) Innovation Strategies under Uncertainty: a Contingency Approach for New Product Development. *Engineering Management Journal*, v. 10, (3), p. 11-17.
- LYNN, G. S.; MORONE, J. G.; PAULSON, A. S. (1996) Marketing and Discontinuous Innovation: the Probe and Learn Process. *California Management Review*, v. 38, (3), p. 8-37.
- MEYER, M. H.; UTTERBACK, J. M. (1993) The product family and the dynamics of core capability. *Sloan Management Review*, v. 34, (3), p. 29-47.
- MONTOYA-WEISS, M. M.; CALANTONE, R. J. (1994) Determinants of new product performance. *Journal of Product Innovation Management*, v. 11, (5), p. 397-417.
- NEVINS, J. L.; WHITNEY, D. E. (1989) *Concurrent Design of Products and Process: a Strategy for the Next Generation in Manufacturing*. New York: McGraw-Hill.
- SANCHEZ, R.; SUDHARSHAN, D. (1993) Real Time Market Research: Learning-by-Doing. *Marketing Intelligence and Planning*, v. 11, (8), p. 29-38.
- SHENHAR, A. J. (1998) From Theory to Practice: toward a Typology of Project-Management Styles. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v. 45, (1), p. 33-48.
- SMITH, P. G.; REINERTSEN, D. G. (1998) *Developing Products in Half The Time*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- SRINIVASAN, S.; LOVEJOY, S. W.; BEACH, D. (1997) Integrated Product Design for Marketability and Manufacturing. *Journal of Marketing Research*, v. 34, (1), p. 54-163.
- TAKEUCHI, H.; NONAKA, I. (1986) The New New Development Game. *Harvard Business Review*, v. 64, (1), p. 137-146.
- TERWIESCH, C.; LOCH, C. H.; DE MEYER, A. (2002) Exchanging Preliminary Information in Concurrent Engineering: Alternative Coordination Strategies. *Organization Science*, v. 13, (4), p. 402-421.
- TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. (1997) *Managing Innovation: Integrating Technological, Market, and Organizational Change*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- THOMKE, S. H. (1998) Managing Experimentation in the Design of New Products. *Management Science*, v. 44, (6), p. 743-762.
- THOMKE, S. H.; REINERTSEN, D. (1998) Agile Product Development: Managing Development Flexibility in Uncertain Environments. *California Management Review*, v. 41, (1), p. 8- 29.
- ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. (2000) *Product Design and Development*. 2nd. Edition. New York. McGraw-Hill.

- URBAN, G. L.; HAUSER, J. R.; DHOLAKIA, N. (1987) *Essentials of New Product Management*. Englewood Cliffs. Prentice Hall.
- UTTERBACK, J. M.; ABERNATHY, W. J. (1975) A Dynamic Model of Process and Product Innovation. *Omega*, v. 3, (6), p.639-656.
- VESEY, J. T. (1991) The New Competitors: They Think in Terms of Speed-to-Market. *Academy of Management Executive*, v. 5, (2), p. 23-33.
- VON HIPPEL, E. (1986) Lead Users: a Source of Novel Product Concepts. *Management Science*, v. 32, (7), p. 691-705.
- WARD, A. C.; LIKER, J. K.; CRISTIANO, J. J.; SOKEK II, D. K. (1995) The second Toyota Paradox: How Delaying Decisions Can Make Better Cars Faster. *Sloan Management Review*, v. 36 (Spring), p. 43-61.
- WHEELWRIGHT, S. C.; CLARK, K. B. (1994) Accelerating the Design-Build-Test Cycle for Effective Product Development. *International Marketing Review*, v. 11, (1), p. 32-46.