

# **Explorando limitações da aplicação do modelo NTCR a projetos de sistemas complexos**

## **Resumo**

Este ensaio teórico tem como objetivo analisar o sistema de categorização de projetos de inovação, o modelo NTCR, fazendo uso de pesquisas voltadas para projetos de sistemas complexos. O modelo tem forte influência da teoria da contingência e é, em última instância, um integrador de importantes pesquisas relacionadas à inovação em sistemas de produção em massa. Ele é composto por quatro dimensões: Novidade, Tecnologia, Complexidade e Ritmo. A análise apresenta limitações e distorções de duas dimensões do modelo – Novidade e Complexidade – quando aplicado a projetos de sistemas complexos. A incerteza comercial, associada à dimensão Novidade, em projetos de sistemas complexos tem natureza distinta daquela usada na construção teórica do modelo. A dimensão Complexidade tem caráter estático, o que reduz as chances de adequada aplicação a projetos de sistemas complexos. Argumenta-se também que o uso do modelo, como referência para o gerenciamento de riscos em projetos sistemas complexos, requer importantes adaptações.

## **Abstract**

This theoretical paper aims at analyzing a categorization system of innovation projects, the NTCR model, through research focused on complex systems projects. The model has strong influence from contingency theory and it is, ultimately, an integrator of important research results related to innovation in mass production systems. It is made up of four dimensions: Novelty, Technology, Complexity and Pace. We argue that two of these dimensions - Novelty and Complexity - limit and distort the application of this model to complex systems projects. Commercial uncertainty associated with Novelty dimension in complex systems projects has a distinct nature from that used in the theoretical construction of this model's dimension. Complexity dimension has a static character which reduces the chances of it adequate application to complex systems projects. We also argue that the use of the model as a reference for risk management in complex systems projects requires major adjustments.

## 1. Introdução

Este artigo está inserido no esforço de pesquisa voltado à categorização de projetos complexos, marcados por um elevado grau de incerteza e complexidade. O objetivo deste ensaio teórico é analisar a adequação do modelo NTCR – Novidade, Tecnologia, Complexidade e Ritmo – proposto por Shenhar & Dvir (2010) quando aplicado a projetos de sistemas complexos.

A categorização de projetos vem progressivamente se estabelecendo no campo de pesquisa de gerenciamento de projetos, como um tema que procura auxiliar na redução da distância entre aquilo que se imagina saber sobre esta disciplina e aquilo que, de fato, se sabe sobre gerenciamento de projetos. Evidência empírica referente à porcentagem de projetos que não conseguem atender às expectativas de negócio para o qual foram estabelecidos continua sensivelmente alta (Bloch et al., 2012). Esta elevada taxa de insucesso dos projetos concorre para que a disciplina seja considerada com restrições pela comunidade acadêmica, uma vez que fica constatada a baixa capacidade de predição de resultados confiáveis ao se empregar o que se considera como as melhores práticas desta disciplina. Estes números de falhas tornam-se ainda mais impressionantes em projetos inovadores, nos quais o estoque de conhecimentos objetivos disponíveis para a realização de estimativas acerca de tempo, custo e escopo, por exemplo, é tanto menor quanto maior for seu grau de inovação (Kapsali, 2011).

A categorização de projetos surge como uma necessidade de identificar variáveis comuns que possam ser aplicadas de forma suficientemente genérica em projetos, visando à identificação de subgrupos com características comuns no que tange ao esforço de seu gerenciamento. Resultados de estudos recentes (Shenhar, 2001; Crawford, Hobbs e Turner, 2005; Shenhar & Dvir, 2010; Sauser, Reilly & Shenhar, 2009; Howell, Windahl & Seidel, 2010) reforçam a pertinência quanto ao entendimento de que diferentes projetos são estabelecidos para o atendimento de diferentes necessidades de negócios. Ao contrário da visão tradicional de gerenciamento de projetos, que argumenta ser possível a aplicação da abordagem da disciplina de forma indiscriminada a todos os projetos, os sistemas de categorização procuram ressaltar a importância relativa de variáveis-chave em diferentes tipos de projetos.

Shenhar & Dvir (2010) fazem trabalho de grande relevância à definição de um sistema de categorização de projetos visando, prioritariamente, ao esforço inovador das organizações. Além do sistema de classificação, propriamente dito, o trabalho é conduzido de forma a integrar relevantes avanços no entendimento da inovação tecnológica realizados por diferentes pesquisadores de mérito científico amplamente reconhecido. Vale ressaltar que os estudos referentes à inovação são mais antigos e amplos do que aqueles referentes à definição de sistemas de categorização de projetos.

Ao fazer uso desta ampla e densa fonte bibliográfica relacionada à inovação, o sistema de categorização proposto pelos autores realiza uma “fertilização cruzada”, incorporando importantes avanços da base de conhecimento associada à inovação a uma disciplina ainda considerada imatura do ponto de vista científico. O trabalho ganha ainda mais robustez por

ancorar-se em uma abordagem de administração largamente difundida e sedimentada na gestão de organizações: a teoria da contingência. Iniciando a argumentação pela teoria tradicional da contingência do final dos anos 50's (Woodward, 1958) e início dos anos 60's (Burns & Stalker, 1961) o trabalho vai incorporando importantes descobertas de décadas mais recentes, enfocadas no entendimento e na mensuração do impacto da mudança organizacional com vistas à inovação (Abernathy & Utterback 1975; Henderson & Clark, 1990; Wheelright & Clark, 1992; Cristensen, 1997). O fio condutor que permite a integração destes avanços no entendimento é fato destas mudanças organizacionais ocorrerem por meio de projetos.

O modelo NTCR, chamado de diamante (Shenhar & Dvir, 2010), apresenta quatro variáveis-chave para a classificação de projetos. Estas variáveis são: (i) a Novidade, associada à incerteza comercial; (ii) a tecnologia associada ao grau de maturidade organizacional associada a questões técnicas; (iii) a complexidade associada ao nível hierárquico do projeto e (iv) o ritmo que se refere à urgência com que o produto do projeto deve ser realizado. Estas variáveis, quando consideradas conjuntamente, permitem que se avalie o risco ao qual a organização estará exposta durante o esforço de realização do projeto de inovação.

Destas quatro variáveis-chave serão analisadas duas, que, quando aplicadas a projetos de sistemas complexos, podem trazer limitações e distorções ao entendimento acerca da avaliação do projeto e do associado nível de exposição ao risco decorrente da combinação destas variáveis-chave. A incerteza comercial, associada à dimensão Novidade, desdobra-se de uma maneira distinta ao longo da realização de projetos de sistemas complexos, pois a venda ocorre antes do seu desenvolvimento e produção. Para tanto são usados os trabalhos de Woodward (1958), Hobday (2000) e Davies & Hobday (2005). A dimensão Complexidade é associada ao nível hierárquico e não ao grau de interdependência e entrelaçamento entre as partes deste sistema, como é comum nos projetos de sistemas complexos e tratado nos trabalhos de Rechtin & Maier (1997), Sage & Rouse (1998) Hobday, Rush & Tidd (2000), Forsberg, Mooz & Cotterman (2005). As outras duas dimensões – tecnologia e ritmo – são consideradas adequadas também para um sistema de classificação de projetos de sistemas complexos.

Além desta introdução o trabalho apresenta as seguintes seções. A seção 2 analisa a variável Novidade com base no modelo voltado especificamente à inovação em sistemas complexos, apontando as considerações e referências, usadas por Shenhar & Dvir (2010) na construção teórica desta dimensão do modelo, que podem não se verificar em projetos desta natureza. A seção 3 analisa a dimensão complexidade e argumenta que esta denominação de dimensão do modelo está, na realidade, associada a nível hierárquico, e não diretamente ao nível de complexidade como normalmente se utiliza na literatura relativa a sistemas complexos. A seção 4 aborda o tratamento dado pelos autores acerca da relação entre risco e incerteza e discute questões referentes à incerteza sistêmica e propriedades emergentes em projetos de inovação em sistemas complexos. A seção 5 apresenta as conclusões do trabalho.

## **2. A Dimensão Novidade**

A taxonomia adotada nesta dimensão tem como influência o trabalho de Wheelright & Clark (1992), conforme declarado por Shenhar & Dvir (2010). Os três níveis que definem desafios organizacionais progressivamente maiores a realização destes projetos de inovação são: derivativos, plataforma e *breakthrough*. Estes desafios organizacionais estão associados à escassez de dados do mercado e a consequente dificuldade de se entender o que os potenciais consumidores estarão dispostos a pagar pelo produto do projeto. Desta forma, à medida que se avança nesta escala existe uma crescente dificuldade no estabelecimento efetivo dos requisitos que serão usados no projeto. Ou seja, em projetos com características de derivativo as especificações do produto apresentam dificuldade relativamente baixas de serem obtidas quando comparadas a projetos com características de plataforma. Os projetos com características de *breakthrough* são aqueles em que o congelamento das especificações ocorre mais tarde devido à incerteza comercial associada ao produto do projeto.

A proposta original de Wheelright & Clark (1992) refere-se à gestão de portfólio. Mais especificamente, a definir tipos de projetos que auxiliem as organizações na alocação de recursos de acordo com os desafios de cada projeto associando-os aos possíveis benefícios. Existe uma relação entre mudanças de produto e mudanças de processo que suportam a produção destes produtos. Além disto, há uma quarta categoria proposta pelos autores: projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), que são tratados na dimensão Tecnologia, no modelo de Shenhar & Dvir (2010).

Outro autor importante no avanço do entendimento sobre gestão da inovação que foi incorporado a esta dimensão do sistema de classificação NTCR é Christensen (1997). Aqui é explorada de maneira aprofundada a criação de novos produtos para o mundo. Isto é, produtos para os quais não há ainda um mercado definido, não se conhecendo, portanto, os atributos que serão capazes de aumentar a disponibilidade a pagar dos consumidores e que serão capazes de criar valor econômico. Nestes casos, a predição de qual será o comportamento dos clientes pode-se valer de poucos dados objetivos. As técnicas tradicionais usadas em pesquisas de mercado apresentam baixa efetividade. Os produtos são muitas vezes lançados com base em avaliações subjetivas, em impressões e intuições do que os consumidores poderiam desejar. A dificuldade reside no fato de os clientes não terem vivenciado a experiência derivada do consumo do produto. E, muitas vezes, não sabem nem mesmo como usar estes produtos. Nestes casos, a incerteza comercial tende a ser muito grande, devido à imprevisibilidade acerca da materialização de mercados que ainda não existem de fato.

Utterback & Abernathy (1975) são dois outros autores importantes usados na construção teórica desta dimensão do modelo. Estes autores também exploram a relação entre mudança de produto e mudança de processo. A interação entre estas mudanças definem um ciclo de vida de produto com três fases: fluida, transição e específica. A variação relativa entre as taxas de inovação de produto e as taxas de inovação de processo é que definem estas três fases do ciclo de vida do produto. Quando a taxa de inovação de processos supera a taxa de inovação de produto, tem-se a passagem da fase fluida para a fase de transição. É nesta passagem de fase que surge o *design* dominante. Utterback (1994) ressalta como a natureza das organizações se altera quando surge um *design* dominante,

passando de uma organização com características orgânicas a uma organização com características mecanicistas, devido à rigidez imposta pela crescente interdependência entre subunidades organizacionais, que reduz as possibilidades de efetuação de grandes mudanças na organização. Além disso, os custos associados a estas mudanças podem ser desvantajosos para esta linha de produto. Desta forma, entra-se na terceira fase do ciclo de vida do produto: a específica. A figura 1 abaixo representa esta dinâmica da inovação relacionando inovações de produto e de processo.

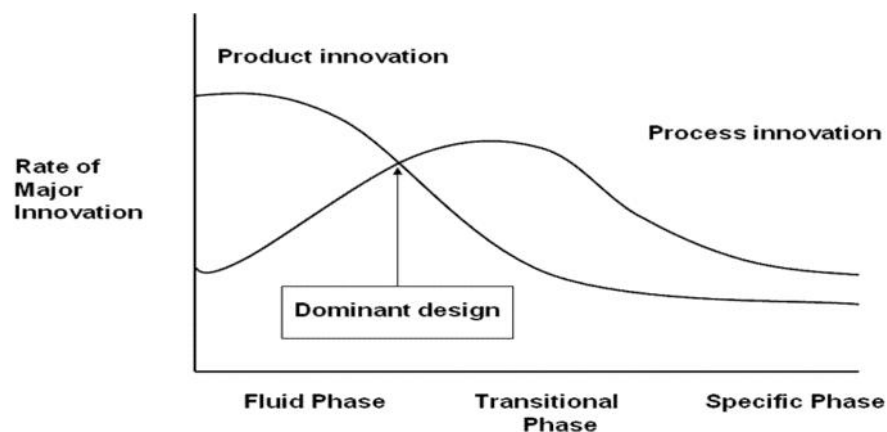


Figura 1: Dinâmica da inovação em sistemas de produção em massa

Fonte: modificado de Utterback (1994)

Com base neste modelo, que representa a dinâmica da inovação de sistemas de produção em massa, Shenhar & Dvir (2010) argumentam que o estabelecimento de um design dominante representa em última instância o sucesso competitivo de longo prazo uma vez que representa a definição de padrão da indústria. Enquanto não há a definição de padrão da indústria, a taxa de inovação do produto é maior dado que a ênfase reside na tentativa de capturar participação de mercado e o caráter experimental entre concorrentes tende a prevalecer. Uma vez estabelecido o padrão da indústria, com a conseqüente grande participação da empresa no mercado e a exploração de economias de escala, reduz-se o caráter experimental e a ênfase recai sobre o aumento da lucratividade, por meio do aumento de preço e principalmente pela redução de custos. Daí o aumento relativo da taxa de inovação de processo em relação à taxa de inovação de produto.

As bases teóricas para a proposição de um modelo de inovação específico para sistemas complexos remonta a Woodward (1958). Este que pode ser considerado o trabalho seminal da teoria da contingência define de maneira clara a distinção entre a dinâmica competitiva de indústrias de produção em massa da dinâmica competitiva de indústrias baseadas em projetos, denominadas de indústrias de produtos e sistemas complexos por Hobday (1998). As passagens abaixo apresentam de maneira dicotômica estas dinâmicas competitivas.

Primeiro a dinâmica das indústrias baseadas em projetos. Em seguida, a dinâmica das empresas envolvidas com as indústrias de produção em massa.

“Those responsible for marketing had to sell, not a product, but the idea that their firm was able to produce what the customer required. The product was developed **after the order had been secured**, the design being, in many cases, modified to suit the requirements of the customer. In mass-production firms, the sequence is quite different: ‘Product development came first, then production, and finally marketing.’” (Woodward, 1958, pp23) (ressaltado pelos autores)

Com base nestas duas lógicas distintas torna-se clara a necessidade de um modelo de inovação voltado especificamente para as indústrias de sistemas complexos, nas quais a venda do produto ocorre antes de sua produção e as organizações extraem lucratividade com base na vantagem tecnológica de seus produtos atenderem às expectativas de seus poucos clientes. Estas indústrias estão, normalmente, envolvidas com a produção de bens de capital intensivos em tecnologia e apresentam custos muito elevados e um baixo volume de produção.

Davies & Hobday (2005) atualizam a divisão de sistemas produtivos considerando além dos acima citados, pequenos lotes, grandes lotes e processo contínuo, propondo um modelo ideal de inovação associado a dois sistemas produtivos: projetos e pequenos lotes, conforme a figura 2 abaixo.

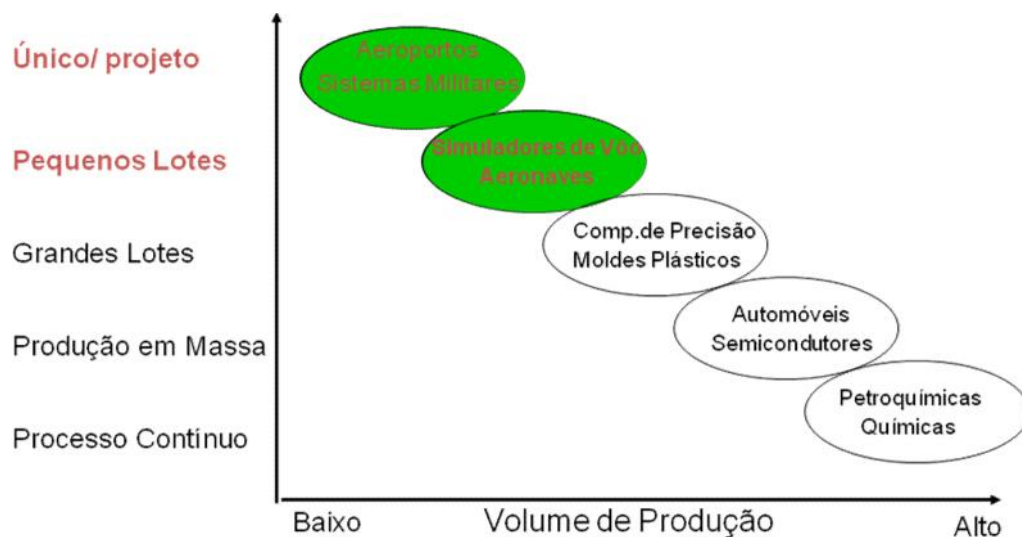


Figura 2: Classificação dos sistemas produtivos

Fonte: adaptado de Davies & Hobday (2005)

Os sistemas representados em verde são aqueles considerados produtos e sistemas complexos (Davies & Hobday, 2005). Os outros três sistemas produtivos são representados pela dinâmica da inovação da produção em massa, conforme o modelo Utterback & Abernathy (1975) e Utterback (1994).

Em função da venda do produto do projeto ocorrer antes de sua fabricação, a questão da incerteza comercial associada à dimensão novidade do modelo, claramente pode trazer distorções a um sistema de classificação de projetos de produtos e sistemas complexos.

Embora a taxonomia apresentada nesta dimensão possa servir, parcialmente, a produtos e sistemas complexos a argumentação usada na construção desta dimensão privilegia a dinâmica da inovação de sistemas de produção em massa.

A relação entre inovação de produto e inovação de processo apresentada no modelo de Utterback (1994) é claramente distinta de como esta relação se estabelece em produtos e sistemas complexos. Nestes casos a inovação de produto sempre precede a inovação de processo. Isto é o produto está sempre na fase fluida. Além do mais, nestas indústrias o *design* dominante pode simplesmente não existir.

A componente do risco do projeto associado a esta dimensão precisa ser distinta daquela que privilegia os sistemas de produção em massa. Uma parcela significativamente maior do risco deve-se à capacidade de gestão de eventos que apresentam baixa previsibilidade ou, em projetos de forte caráter inovador, são praticamente imprevisíveis: as propriedades emergentes, como será visto na seção 4.

### **3. A Dimensão Complexidade**

A construção teórica da dimensão complexidade tem início com trabalho clássico de Boulding (1956) acerca da Teoria Geral de Sistemas. A primeira frase do artigo é abaixo reproduzida, por sua importância e capacidade de síntese:

“General Systems Theory is a name which has come into use to describe a level of theoretical model-building which lies somewhere between the highly generalized constructions of pure mathematics and the specific theories of specialized disciplines.”  
(Bouldin, 1956, pp197)

O trabalho se propõe a definir uma de hierarquia de complexidade de sistemas, que pudesse ser aplicada a esquemas teóricos de análise científica de uma forma geral, uma sequência progressiva de níveis de complexidade que lida com sistema de sistemas.

Esta hierarquia é composta por nove níveis de complexidade crescente. Os três primeiros são associados a sistemas fechados: sistemas estáticos, sistemas dinâmicos simples e sistemas cibernéticos simples. O primeiro nível é usado pela física, química e cristalografia, por exemplo. O segundo pela Física no nível macroscópico – *clockworks* – e astronomia. O terceiro é usado na cibernética e teoria da informação. Os 6 níveis seguintes são sistemas abertos. Destes, os níveis 4, 5 e 6 são associados a sistemas usados no estudo de biologia de complexidade crescente, saindo da célula e chegando ao sistema animal com aparecimento da consciência e comportamento, passando pelo estudo das plantas, típico dos botânicos. Os três últimos níveis são: sistema humano, sistemas socioculturais e sistemas simbólicos. O sistema humano é caracterizado por processos simbólicos (pensamento abstrato), da consciência, do passado e do futuro. E é associado a teorias simbólicas e antropologia. Os sistemas socioculturais representam a organização humana. São sistemas adaptativos que sofrem forte influência ambiental e apresenta diversidade de perfis individuais. Estes sistemas estão associados às sutis simbolizações das artes de uma forma geral, como a música e a poesia, feitos para tocar a emoção humana. O último nível é representado pelos sistemas transcendentais.

Vale salientar que o autor ressalta que as ciências sociais, incluindo a administração, estavam apenas passando do nível 2 para o nível 3 embora o objeto que importa para esta análise se encontre no nível 8:

“Thus most of theoretical schemes of the social sciences are still at level (ii), just rising now to (iii), although the subject matter clearly involves level (viii).” (Bouldin, 1956, pp 207)

Shenhar & Dvir (2010) usam este trabalho para:

“encontrar uma maneira simples e universal de conceitualizar complexidade em uma estrutura livre de contextos, independente do setor ou tecnologia envolvida. [...] usamos uma hierarquia de sistemas e subsistemas como meio natural de distinguir entre várias complexidades de um projeto.” (Shenhar & Dvir, 2010, 114).

A partir desta visão a dimensão complexidade é explorada por meio do conceito de hierarquia de complexidade de sistemas. Os autores citam o exemplo do computador, descrevendo os seus subsistemas: “o teclado, o processador, a memória interna, a fonte de energia e o monitor.” (Shenhar & Dvir, 2010, 114). Na sequência, fazem a decomposição do subsistema teclado em seus componentes: “a caixa, as teclas, os conectores e outras peças eletrônicas.” (Shenhar & Dvir, 2010, 114). A argumentação prossegue indicando que os produtos, segundo a visão de sistemas, podem ser decompostos em seis níveis hierárquicos: material, componente, subsistema e montagem, sistema, plataforma de sistemas, matriz ou sistema de sistemas (Dvir, Lipovetsky, Shenhar & Tisher, 1998). A definição da taxonomia desta dimensão surge do agrupamento destes seis níveis hierárquicos de produto para três níveis hierárquicos de projetos: projetos de montagem, projetos de sistemas e projetos de matriz. Os três primeiros níveis da hierarquia do produto ficaram reunidos em projetos de montagem. Os níveis de sistemas e plataforma de sistemas da hierarquia do produto foram reunidos em projetos de sistemas. E o último nível manteve a hierarquia do produto que corresponde ao último nível da hierarquia de projetos, isoladamente.

A característica marcante desta dimensão com relação aos projetos refere-se ao nível de formalidade crescente passando dos projetos de montagem aos projetos de matriz. Ressalta-se que os projetos de matriz apresentam impactos sociais e ambientais além daquele econômico. Em função destes outros impactos, estes projetos devem necessariamente envolver decisões políticas. E não conseguirão sobreviver se perderem este apoio.

Há uma seção do capítulo 6 de Shenhar & Dvir (2010) voltada ao aprofundamento da análise do segundo nível hierárquico da taxonomia apresentada: projetos de sistemas. Estes projetos são apresentados como o elo mais fraco da cadeia por ficarem entre os mais simples – projetos de montagem - e aqueles mais raros – os projetos de matriz – e parecem ficar perdidos entre os níveis hierárquicos extremos, sendo menos entendidos e por isso, geralmente, criam as maiores dificuldades no que tange à realização bem sucedida.

A argumentação desta seção faz uma série de citações que tratam a disciplina de gerenciamento de projetos conjuntamente com engenharia de sistemas. Hobday, Rush & Tidd (2000) fazem a análise das características dos processos de inovação tecnológica em



produtos e sistemas complexos. Sage & Rouse (1999) são os editores do *Handbook* de Engenharia de Sistemas e escrevem o capítulo introdutório, que trata conjuntamente da engenharia e do gerenciamento de sistemas. Forsberg, Mooz & Cotterman (2005) ressaltam o caráter dinâmico da decomposição de requisitos, análise e resolução de problemas de *design* a cada nível hierárquico considerado na gestão da configuração. Esta decomposição vai até o item configurado de nível hierárquico mais baixo considerado no projeto. A gestão da configuração é apresentada de forma iterativa entre níveis hierárquicos, de forma a permitir a análise e a resolução de problemas de *design*. Em seguida, inicia-se o processo de verificação, análise e resolução de problemas, associado à realização de cada nível hierárquico considerado no projeto. A última referência deste capítulo é Rechtin & Maier (1997) com a clássica referência acerca da arte de conceber arquiteturas de sistemas.

Em todas estas referências, o que se considera como complexidade está associado às características específicas de cada sistema e não a nível hierárquico genérico, como tratado nesta dimensão por Shenhar & Dvir (2010). Neste sentido, argumenta-se que a denominação desta dimensão pode ser enganosa, pois na realidade não se está tratando de nível de complexidade como tratado pelos autores citados no parágrafo anterior, mas sim de nível hierárquico. Por exemplo, o subsistema teclado do computador, acima citado, estará representado nesta taxonomia por projeto de montagem. Da mesma forma, a turbina do maior avião já construído, o A380, ou subsistema de propulsão do Orbitador Climático de Marte, entram ambos nesta categoria: projeto de montagem. Claramente, os níveis de complexidade destes subsistemas são distintos. Os autores citados no parágrafo anterior tratam, especificamente, de sistemas complexos e ressaltam esta distinção. E mais, estes autores indicam que a redução do nível de complexidade de sistemas é uma condição necessária para que as chances de sucesso do projeto sejam aumentadas.

Em função do caráter estático que assumiu esta dimensão no modelo NTCR, a questão da complexidade propriamente dita acaba sendo tratada em outras dimensões do modelo. Vejamos dois exemplos usados pelos autores, e suas explicações, para analisar como a questão da complexidade é retratada de forma parcial nas dimensões Novidade e Tecnologia.

O primeiro exemplo encontra-se no capítulo 4 de Shenhar & Dvir (2010) e denomina-se “O Projeto do Software Financeiro Middleware”. Seguindo a notação dos autores, representa-se no modelo NTCR com linha tracejada, o estilo real adotado pelo projeto, e com linha cheia, o estilo exigido, aquilo que deveria ter sido adotado para o projeto ter sucesso.

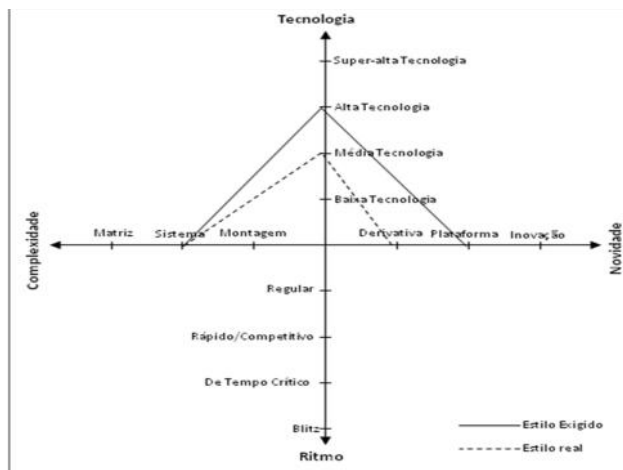


Figura 3: O projeto do software financeiro middleware

Fonte: Shenhar & Dvir (2010)

A explicação dada por Shenhar & Dvir (2010) é a de que se avaliou o projeto na dimensão Novidade como um projeto derivativo e ele era, segundo os autores, um projeto de plataforma. E que a tecnologia empregada foi subavaliada, pois a empresa apresentava baixa maturidade tecnológica para lidar com o desenvolvimento deste software. Assim, a dimensão Tecnologia foi avaliada como média, mas deveria ter sido considerada como alta-tecnologia. O que causa estranheza na explicação dada pelos autores é que a dimensão Complexidade foi avaliada de forma correta: tanto no estilo exigido como no estilo real o nível hierárquico se refere a projeto de sistema.

A descrição do caso, no entanto, dá indícios de que a causa-raiz do problema pode ter sido a complexidade, no sentido tradicional aplicado a sistemas complexos. Nesta literatura, um sistema complexo é aquele composto por partes interconectadas e entrelaçadas. A ênfase desta literatura recai sobre como efetuar o particionamento deste sistema de forma a reduzir o nível de imbricamento de uma parte do sistema sobre as demais. Isto é definido no que se entende por arquitetura do sistema. E, claramente, deve existir uma relação adequada entre a arquitetura do sistema, seu processo de construção e o gerenciamento deste projeto (Rechtin, 2000). A avaliação do esforço requerido pelo gerenciamento do projeto depende, em última instância, do nível de interconexão e entrelaçamento das partes. Se este nível é alto, o esforço requerido para a execução será também alto. E esta relação não é necessariamente linear, podendo ser, por vezes, exponencial. Por isto a ênfase dada nestes projetos é a de reduzir a complexidade. Esta não é, no entanto, a explicação apresentada no modelo NTCR da figura 3. Embora, na descrição do caso, os autores usem em diversas passagens a complexidade, conforme citações abaixo.

“A empresa era uma organização pequena que não tinha experiência anterior no monitoramento de projetos de software complexos.” (Shenhar & Dvir, 2010, pp87)

“O cliente não tinha conhecimento e a especialização necessários para gerenciar ou mesmo definir tal projeto complexo. De sua parte, o fornecedor não estimou a extensão da mudança no mercado que esse produto introduziria, presumindo que este era uma simples extensão de um produto anterior para um setor diferente”. (Shenhar & Dvir, 2010, pp88)

Claramente, o nível de risco do projeto foi subestimado em função do não entendimento adequado do nível de complexidade do software, conforme os próprios autores indicam. Pela descrição, pode-se entender que o projeto era um derivativo, uma vez que se fez uso de um middleware genérico, já existente. O erro foi o de subestimar o nível de complexidade envolvido na extensão deste produto existente e o esforço de projeto requerido para produzir um módulo acoplado ao middleware genérico. Argumenta-se, desta forma, que o projeto deveria ter sido considerado como uma extensão complexa, acoplada a um middleware existente. Embora os autores não comentem, este projeto foi vendido antecipadamente à execução, como é comum em projetos de desenvolvimentos de software. Considera-se, desta forma, que a fonte primária da falha do projeto foi o nível de complexidade subestimado. O erro foi da estimativa. A incerteza, portanto, não é comercial, pois o projeto já havia sido vendido. Ele pode ter sido mal vendido. Isto é um problema de subavaliação do esforço requerido para a extensão do produto para um novo cliente. Vale também ressaltar que a dimensão ritmo não foi considerada.

O segundo exemplo é o Projeto do Aeroporto Internacional de Denver e encontra-se no capítulo 5 de Shenhar e Dvir (2010). Da mesma forma, a argumentação dos autores é feita de forma retrospectiva, por meio da análise comparativa entre aquilo que se considerou nas estimativas do projeto nas dimensões Novidade, Tecnologia e Complexidade, o estilo real, e aquilo que deveria ter sido considerado, nestas dimensões, o estilo exigido. Aqui surge outra limitação do modelo que leva à distorção da análise, em função do caráter estático da dimensão complexidade. Claramente o aeroporto é um sistema de sistemas, pois além da provisão de transporte aéreo, esta infraestrutura tem grande impacto nos sistemas de transporte rodoviário, ferroviário, metroviário, além de outras infraestruturas como sistemas de água e esgoto, energia, comunicações, etc.

A explicação dos autores, no entanto, apresenta a seguinte análise comparativa entre os estilos real e desejado conforme apresentado na figura 4 abaixo.

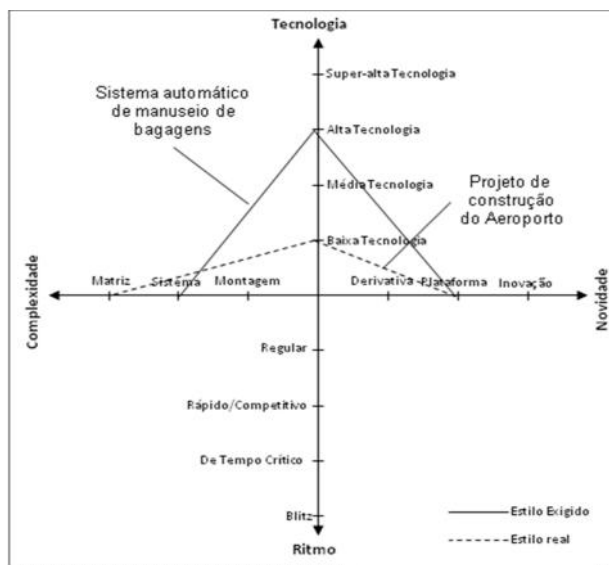


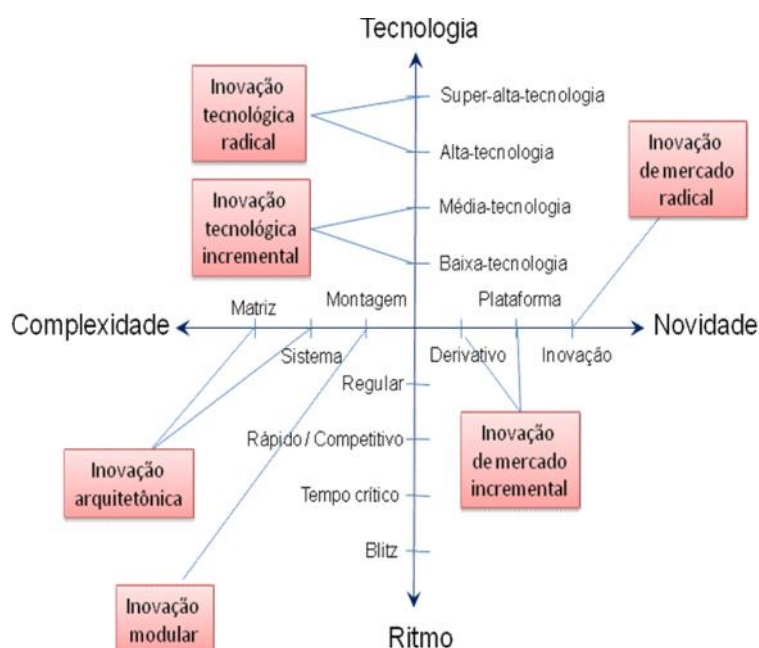
Figura 4: O projeto do Aeroporto Internacional de Denver

Fonte: Shenhar & Dvir (2010)

Aqui o modelo dá indícios de que seria necessário considerar o nível de complexidade de níveis hierárquicos inferiores para que se pudesse avaliar adequadamente o nível de risco do projeto. No entanto, esta não é a argumentação dos autores. Estes indicam que houve subavaliação da dimensão Tecnologia. Considerou-se o projeto como um todo como de baixa tecnologia, enquanto um nível hierárquico abaixo, o sistema automático de manuseio de bagagens deveria ser considerado como alta tecnologia. Parece correta a avaliação de que este sistema apresentava alta tecnologia. O que os autores não respondem, no entanto, é como, a partir desta constatação, chega-se à definição do estilo correto do projeto completo: a construção do aeroporto. Desta forma, este ensaio teórico sustenta que a dimensão complexidade apresenta um caráter estático que limita o entendimento acerca do nível de complexidade de sistemas. Para sistemas complexos esta limitação traz distorções de grande magnitude ao adequado gerenciamento de projetos. Na próxima seção, iremos analisar a questão do risco combinado derivado das quatro dimensões do modelo NTCR.

#### 4. Risco, Incerteza e o modelo NTCR

Após apresentar as quatro dimensões do modelo os autores estabelecem associações entre categorias de inovação e tipos de projetos, por meio das taxonomias apresentadas nas dimensões Novidade, Tecnologia e Complexidade, conforme é apresentado na figura 5, abaixo. Assim, há uma integração de diversas abordagens tradicionais dos estudos de inovação aplicados ao gerenciamento de projetos. Sob esta perspectiva, é inegável a contribuição teórica trazida pelo modelo NTCR ao gerenciamento de projetos, de uma forma geral. Notadamente, aos projetos associados a sistemas de produção em massa que, normalmente, apresentam complexidade relativamente baixa, quando comparados ao que estamos denominando de sistemas complexos. Para estes sistemas, o modelo apresenta limitações e distorções, conforme argumentação acima apresentada.



## Figura 5: Categorias de inovação e Tipos de projetos

Fonte Shenhar & Dvir (2010)

Estas limitações e distorções se acentuam quando se considera o modelo para realizar o gerenciamento de risco. Os autores se propõem a quantificar as variáveis-chave do modelo associando-as a níveis de riscos. Eles argumentam que o modelo deve ser usado para “ajudar a isolar as fontes de riscos com maior resolução e focar atenções nas dimensões mais arriscadas para aumentar as chances de sucesso do projeto”. (Shenhar & Dvir, 2010, pp185).

Em função do caráter estático da dimensão complexidade esta análise de risco apresenta fortes limitações e distorções relativas ao seu gerenciamento. Em projetos de sistemas complexos, o gerenciamento do risco tem como uma de suas principais preocupações a redução da complexidade. Esta questão deveria ser tratada na etapa do projeto que os autores denominam de gerenciamento de projeto adaptativo. Nesta etapa é ressaltado o caráter iterativo entre as fases do projeto aí previstas, até que se entra na etapa de gerenciamento de projetos tradicional, a partir do congelamento dos requisitos e do plano. Em contraste com esta visão, Osipova & Erkiesson (2013), propõem que o gerenciamento de risco, em face de incertezas, deve-se fazer um balanceamento entre o estilo de controle rígido, como aqueles que acontecem depois do congelamento dos requisitos e do plano, e o estilo flexível, para se lidar com questões relacionadas não previstas, que emergem ao longo de todo o ciclo de vida. Esta abordagem, chamada por Osipova & Erkiesson (2013) de gerenciamento de risco conjunto, é indicada para se lidar com situações imprevistas, ou propriedades emergentes (Hobday, 1998; Sage & Lynch, 1998; Davies & Hobday, 2005). Como os autores não tratam da questão de redução da complexidade e da possibilidade de surgimento de propriedades emergentes o gerenciamento de risco associado a esta dimensão fica seriamente comprometido. Este tema de propriedades emergentes é tratado por Rosenberg (1982) como associado à incerteza sistêmica. Na mesma linha de argumentação, Chang, Hatcher & Kim (2013) indicam que em ambientes de megaprojetos complexos é necessária uma progressiva construção de entendimento compartilhado entre os interessados do projeto. E que esta progressiva construção de entendimento deve ser realizada de forma flexível para acomodar as propriedades emergentes do projeto.

Da mesma forma, o gerenciamento de risco associado ao gerenciamento da Novidade ocorre de forma distinta entre as indústrias de produção de massa e nas indústrias de sistemas complexos em função da incerteza comercial. As indústrias de produção em massa seguem a sequência de desenvolver o produto, produzi-los e finalmente vende-los. Nas indústrias de sistemas complexos, normalmente, a venda acontece antes do desenvolvimento detalhado do produto e de sua produção. Claramente, para estes casos o mercado já existe, tanto é que a transação, do ponto de vista de comprometimento de recursos econômicos, já ocorreu. Esta situação é muito distinta daquela caracterizada por inovações radicais nas quais os mercados, que potencialmente consumirão o produto inovador, não podem ser analisados, simplesmente, por ainda não existirem (Christensen, 1997).

## 5. Conclusões

Este ensaio teórico fez uma análise crítica do modelo NTCR desenvolvido por Shenhar e Dvir (2010), a partir da perspectiva dos projetos de sistemas complexos.

Foram apresentadas limitações e decorrentes distorções de duas das quatro dimensões deste modelo: a dimensão Novidade e a dimensão Complexidade. A incerteza comercial associada à dimensão novidade tem natureza distinta em projetos de sistemas complexos, pois a venda deste projeto, normalmente, ocorre antes do seu desenvolvimento e de sua produção, ao contrário do que supõe a construção teórica desta dimensão do modelo. Além do mais, em indústrias de sistemas complexos o *design* dominante pode não existir.

A dimensão complexidade apresenta um caráter estático e se relaciona ao conceito de nível hierárquico e não ao grau de interconexão e entrelaçamento entre as partes do sistema, como é comum em estudos de projetos de sistemas complexos. Aqui o modelo pode gerar mal-entendidos em sua aplicação, na medida em que há uma dimensão voltada especificamente para a complexidade.

O gerenciamento de risco realizado com base neste modelo também apresenta baixa aderência à realidade de projetos nas indústrias de sistemas complexos em função das distorções apresentadas nas dimensões Novidade e Complexidade. Em especial as questões de incerteza sistêmica e de propriedades emergentes não são sequer tratadas no modelo.

Desta forma, conclui-se que o modelo apresenta contribuições importantes em termos de integração de entendimentos acerca do relacionamento entre categorias de inovação e tipos de projetos voltados para as indústrias de produção em massa, contribuindo para o fortalecimento e a ampliação da base de conhecimentos aplicados ao gerenciamento de projetos. Este fortalecimento e ampliação da base de conhecimentos se dão pela incorporação de importantes resultados associados à teoria da contingência. No entanto, sua aplicação para a categorização de projetos de sistemas complexos requer grandes adaptações. Neste artigo procuramos indicar as limitações e as distorções associadas à aplicação do modelo NTCR a projetos de sistemas complexos. Em estudo futuro iremos tratar da indicação de possíveis adaptações.

## Referências

BLOCH, M., BLUMBERG, S., LAARTZ, J. (2012). *Delivering large-scale IT projects on time, on budget, and on value*. Insights and Publications, McKinsey & Company. Available at [http://www.mckinsey.com/insights/business\\_technology/delivering\\_large-scale\\_it\\_projects\\_on\\_time\\_on\\_budget\\_and\\_on\\_value](http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/delivering_large-scale_it_projects_on_time_on_budget_and_on_value). Accessed on 25th June 2013.

BOULDING, K. E., (1956). General systems theory – the skeleton of science, *Management Science*, 2(3), 197-208.

BURNS, T., STALKER, G.M., (1961). *The management of innovation*. Tavistock, London.

CHANG, A. HATCHER, C. and KIM, J., (2013). Temporal boundary objects in megaprojects: Mapping the system with the Integrated Master Schedule, *International Journal of Project Management*, 31, 323 -332.

CHRISTENSEN, C.M., (1997). *The inovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail*, Boston: Harvard Business Scholl Press.

CRAWFORD, L., HOBBS, J.B., TURNER, J.R. (2005). *Project Categorization Systems: Aligning Capability with Strategy for Better Results*. Newtown Square, PA: Project Management Institute.

DAVIES, A. & HOBDAY, M. (2005). *The Business of Projects: Managing Innovation in Complex Products and Systems*, Cambridge, Cambridge University Press.

DVIR, D., LIPOVETSKY, S., SHENHAR, A., TISHER, A. (1998). In search of project classification: a non-universal approach to project success factors, *Research Policy*,27 (1998):915-935

FORSBERG, K. MOOZ, H., COTTERMAN, H. (2005). *Visualizing project management: models and frameworks for mastering complex systems*. 3rd. ed. New York: John Wiley.

HENDERSON, R. M., & CLARK, K. B. (1990). Architectural innovation: the reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 9-30.

HOBDAY, M. (1998). Product complexity, innovation and industrial organisation. *Research Policy*, 26, 689-710.

HOBDAY, M. (2000). The project-based organization: an ideal form for managing complex products and systems? *Research Policy*, 29, 871-893.

HOBDAY, M. RUSH, H., & TIDD, J.(2000). Innovation in complex products and systems, *Research Policy*, 29: 793-084.

HOWELL, D., WINDAHL, C., & SEIDEL, R.,(2010). A project contingency framework based on uncertainty and its consequences, *International Journal of Project Management* 28 (3), 256–263.

KAPSALI, M. (2011). Systems thinking in innovation project management: A match that works. *International Journal of Project Management*, 29, 396-407.

OSIPOVA, E. & ERKISSON P. E.,(2013). Balancing control and flexibility in joint risk management: Lessons learned from two construction projects, *International Journal of Project Management*, 31,391 -399.

RECHTIN, E. & MAIER, M.W., (1997). *The Art of System Architecting* New York: CRC Press

RECHTIN, E. (2000). *Systems architecting of organizations: why eagles can't swim*. Boca Raton: CRC Press.

ROSENBERG, N. (1982). *Inside the black box: technology and economics*. Cambridge: Cambridge University Press.

SAGE, A., & LYNCH, C. (1998). *Systems integration and architecting: an overview of principles, practices, and perspectives*. New York: John Wiley.

SAGE, A.P. & ROUSE, W.R. Eds. (1999). *Handbook of Systems Engineering* New York: Willey Press.

SAUSER, B. J., REILLY, R. R., & SHENHAR A. J.,(2009). Why projects fail? How contingency theory can provide new insights – a comparative analysis of NASA's mars climate orbiter loss., *International Journal of Project Management*, 27(7), 665-679

SHENHAR, A. J. & DVIR, D. (2010). *Reinventando gerenciamento de projetos: A abordagem diamante ao crescimento e inovação bem sucedidos*. São Paulo. M. Books do Brasil Editora Ltda.

UTTERBACK, J. M., & ABERNATHY, W. J. (1975). A dynamic model of product and process innovation. *OMEGA, The International Journal of Management Science*, 3, 639-656.

UTTERBACK, J. M. (1994). *Mastering the Dynamics of Innovation: How Companies Can Seize Opportunities in the Face of Technological Change*, Cambridge, MA, Harvard Business School Press.

WHEELRIGHT, S.C., CLARK K.B. (1992). *Revolutionizing Product Development*, New York: The Free Press, New York.

WOODWARD, J. (1958). *Management and Technology*, London, Her Majesty's Stationary Office, London.