

Modelagem para avaliar o impacto das características dos projetos na *performance* de ambientes de alta complexidade

SELMA REGINA MARTINS OLIVEIRA

Departamento de Administração
Universidade de São Paulo - Brasil
E-mail: selmaregina@webmail.uft.edu.br

Resumo: O presente artigo tem por objetivo contribuir para uma política de planejamento de *portfólio* de projetos de desenvolvimento de novos produtos. Para isto apresenta uma modelagem para avaliar o impacto das características dos projetos na *performance* de ambientes de alta complexidade/*high tech*, que considera uma seqüência de passos e etapas: (i) determinação dos fatores críticos de sucesso (FCS); (ii) determinação e avaliação das principais características dos projetos *high tech*; (iii) avaliação individual da *performance* das características dos projetos; (iv) avaliação do impacto das características dos projetos na *performance* de ambientes de alta complexidade. Para demonstrar a factibilidade da modelagem foi desenvolvido um estudo de múltiplos casos em empresas de alta tecnologia. Os resultados mostraram-se satisfatórios, validando a proposta apresentada para uma política de planejamento e gestão de *portfólio* em desenvolvimento de produtos inovadores.

Palavras-chave: Modelagem; Avaliação, Projetos de desenvolvimento de produtos, Ambientes de alta complexidade/*high tech*.

Abstract: The present paper aims to contribute to the portfolio policy of projects of new product development. Therefore, a modeling for determine the performance of the optimal tax project selection in environments of high complexity/high tech. The aforementioned system considers a sequence of proceedings directed to the prioritization ranking. This stage consisted of the following steps: (i) the determination of critical success factors CSF; (ii) the determination and evaluation of the characteristics of the projects *high tech*; (iii) evaluation individual of the performance of the characteristics of the projects; (iv) determination of the performance of the optimal tax project selection in environments of high complexity/high tech/*high tech*. And to verify the feasibility and plausibility of the modeling we developed a multi-study cases in high-tech companies. The results produced are satisfactory, validating the proposed procedure for policy planning in project portfolio management in highly complex environment.

Key-words: Modeling; Product Development Projects, Environments of High Complexity/high tech

1. Tempos de Desafios

Recentemente as mudanças relevantes tornaram as fronteiras organizacionais mais fluidas e dinâmicas em resposta ao ritmo acelerado da difusão do conhecimento (Griliches, 1990; Teece, 1986), da inovação e competição internacional (CHESBROUGH E ROSENBLOOM, 2002; CHRISTENSEN, 2003; DAMANPOUR, 1996). Isto inspira reconsiderar como ganhar com a inovação (TEECE et. al., 1997; TEECE, 1986; WHEELWRIGHT e CLARK, 1992). Assim as empresas inovadoras se valem de suas capacidades de apropriar do valor econômico gerado a partir de seus conhecimentos e inovações (GRILICHES, 1990; TEECE, 1986). Por esta via, a oferta de produtos inovadores se apresenta como um padrão de qualidade na disputa por inadiáveis demandas.

Dá a crer que as empresas que conseguem disponibilizar seus produtos aos clientes com maior requinte de eficiência e rapidez estarão provavelmente em melhor posição para

criar uma vantagem competitiva sustentável (Amit e Schoemaker, 1993; Nonaka e Takeuchi, 1995) à luz do conhecimento e da inovação (TEECE et. al., 1997; NONAKA e TAKEUCHI, 1995). Nesta dicotomia, a eficiência técnica se apresenta como parâmetro das capacidades de desenvolvimento de produtos inovadores, que se traduz em uma das mais notáveis lógicas de potencializar e favorecer vantagem competitiva (WHEELWRIGHT e CLARK, 1992). Presume-se que um dos principais desafios é desenvolver produtos em ambientes de alta complexidade. Respostas vêm sendo dadas a esses desafios à luz de potencialidades técnicas igualmente inovadoras, maior agilidade, produtividade e alta qualidade por parte das empresas (WHEELWRIGHT e CLARK, 1992).

O desenrolar de um projeto de desenvolvimento de produtos inovadores envolve uma diversidade de eventos de grande complexidade, num contexto de incerteza e risco, podendo afetar o fluxo do projeto, frustrando expectativas de estabilidade. Não se tem em mente que os riscos podem advir de diversas origens e cenários, provocados por eventos ambientais ou advindos do próprio projeto. As características dos projetos diferem muito, sendo objeto de análise igualmente diferenciada. A literatura ainda diverge no tocante a concepção de um projeto de desenvolvimento de produtos. A boa prática recomenda o cumprimento de uma seqüência de ações articuladas, que consiste nas seguintes fases: (i) planejamento das necessidades; (ii) institucionalização e formação da equipe de projetos e determinação dos procedimentos de comunicação (inclusive teste de mercado) ; (iii) consolidação dos objetivos, resultados e das metas de desempenho do projeto ; (iv) esboço do projeto de referência ; (v) estudo dos custos, receitas, fluxos de caixa ; (vi) estudo dos impactos sociais; (vii) análise, alocação e gestão de riscos (avaliação preliminar) ; e (viii) análise da viabilidade básica. De todos esses elementos resulta a atratividade de um projeto de desenvolvimento de produtos, sobretudo o seu retorno e estabilidade

Muitas vezes os projetos apresentam inconsistências entre as prioridades e recursos envolvidos em suas implementações. O número de projetos identificados nem sempre está alinhado com a performance da capacidade de implementação das empresas (Wheelwright; Clark, 1992; Archer; Ghasemzadeh, 1999) e / ou com a com a estratégia da organização. Um dos elementos essenciais à luz de uma melhor eficiência no planejamento de projetos desta natureza começa então com prioridades de projetos bem definidas e alinhadas aos recursos e estratégias da organização. As prioridades podem mudar à luz de cada nova avaliação. Isto depende do contexto em que os projetos estão inseridos. Archer e Ghasemzadech (1996) argumentam que cada organização deverá considerar a metodologia que melhor lhe convier para decisões mais eficientes.

Das considerações apresentadas, O presente artigo tem por objetivo contribuir para uma política de planejamento de *portfólio* de projetos de desenvolvimento de novos produtos. Para isto apresenta uma modelagem para avaliar o impacto das características dos projetos na performance de ambientes de alta complexidade/*high tech*, que considera uma seqüência de passos e etapas: (i) determinação dos fatores críticos de sucesso (FCS); (ii) determinação e avaliação das principais características dos projetos *high tech*; (iii) avaliação individual da *performance* das características dos projetos; (iv) avaliação do impacto das características dos projetos na *performance* de ambientes de alta complexidade. Este trabalho está estruturado conforme as seguintes seções: modelo conceitual e hipóteses; a metodologia; verificação do modelo conceitual que consiste nos seguintes passos: (i) determinação dos fatores críticos de sucesso (FCS); (ii) determinação e avaliação das principais características dos projetos *high tech*; (iii) avaliação do impacto das características dos projetos na performance de ambientes de alta complexidade, e palavras finais e limitações do estudo. Detalham-se a seguir esses procedimentos.

2. Modelo Conceitual: Constructos e hipóteses

Esta seção examina o modelo conceitual (Figura 1) e apresenta a hipótese.

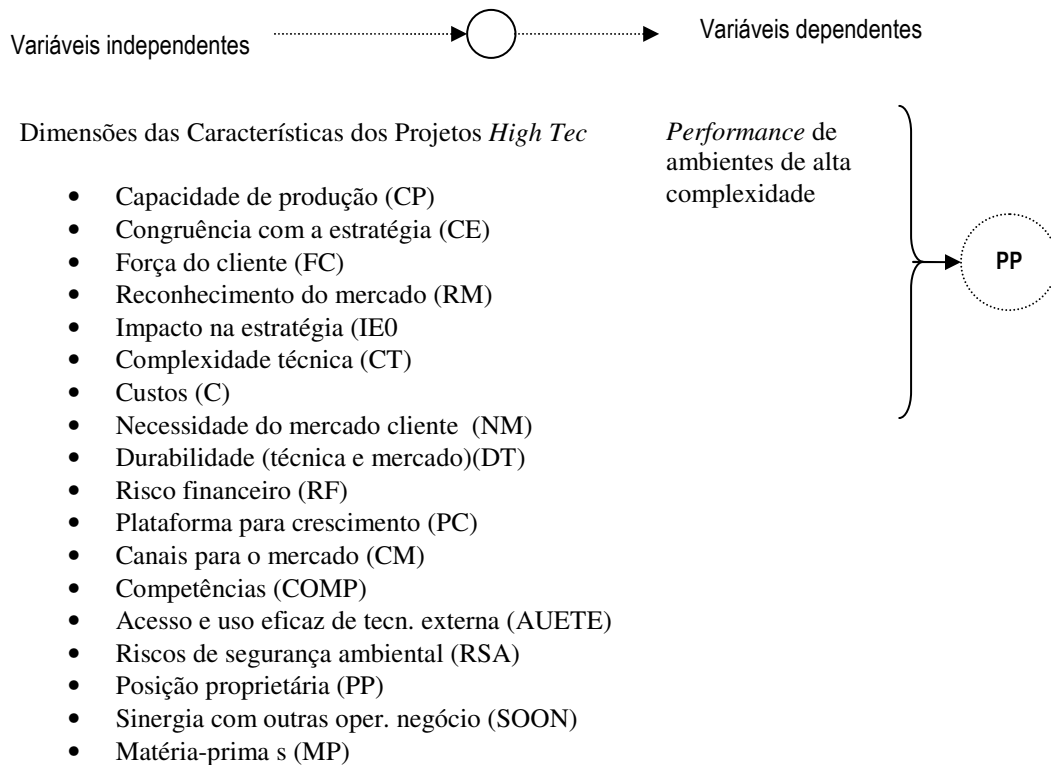


Figura 1: Modelo Conceitual

Variáveis dependentes: foram selecionadas as seguintes variáveis dependentes para esta pesquisa: *Performance* de ambientes de alta complexidade

Variáveis independentes: as variáveis independentes, capacidades de inovação tecnológica das empresas, foram extraídas à luz da literatura especializada. Sendo assim, foram consideradas as seguintes dimensões como variáveis independentes Capacidade de produção (CP); Congruência com a estratégia (CE); Força do cliente (FC); Reconhecimento do mercado (RM); Impacto na estratégia (IE); Complexidade técnica (CT); Custos (C); Necessidade do mercado cliente (NM); Durabilidade (técnica e mercado)(DT); Risco financeiro (RF); Plataforma para crescimento (PC); Canais para o mercado (CM); Competências (COMP); Acesso e uso eficaz de tecn. externa (AUETE); Riscos de segurança ambiental (RSA); Posição proprietária (PP); Sinergia com outras oper. negócio (SOON); Matéria-primas (MP).

Formulação da hipótese a partir do modelo conceitual: *Hipótese:* A interação entre as características qualitativas e quantitativas dos projetos de desenvolvimento de novos produtos determina a *performance* de ambientes de alta complexidade / *High tech*.

3. Metodologia

Esta seção apresenta os procedimentos metodológicos para a consecução da modelagem proposta. Assim, a pesquisa foi desenvolvida num primeiro momento à luz da literatura especializada, em que foram extraídos dados para a elaboração da modelagem, em especial as variáveis dependentes e independentes para a construção da modelagem. Num segundo momento, o modelo foi submetido ao julgamento de especialistas com conhecimento sobre o objeto de pesquisa, selecionados por critérios técnico-científico, para

confirmar a estrutura e conteúdo da modelagem. Para demonstrar a factibilidade e plausibilidade da modelagem, foi realizado um estudo de múltiplos casos em empresas *high tech* no Brasil. Os dados foram coletados por meio de uma matriz de julgamento. A seguir são apresentados os procedimentos para a verificação da modelagem.

4. Verificação da Modelagem

Nesta seção são apresentados os procedimentos para verificação da modelagem. Esses procedimentos estão sistematizados da seguinte forma: (i) determinação dos fatores críticos de sucesso (FCS); (ii) determinação das principais características dos projetos *high tech*; (iii) avaliação da performance global das características dos projetos em relação aos fatores críticos de sucesso; (iv) avaliação individual da *performance* das características dos projetos; (v) *Performance* de ambientes de alta complexidade

Passo 1: Determinação dos Fatores Críticos de Sucesso das Empresas *High Tech*

A modelagem teve início com a determinação dos fatores em empresas *high tech* (ambientes de alta complexidade) A determinação dos FCS se justifica, uma vez assegurados esses fatores, é possível alcançar os objetivos pretendidos pelas empresas. A identificação dos FCS foi possível a partir de uma vasta revisão da literatura especializada, e submetida ao julgamento de especialistas para confirmação, por meio de entrevistas / consultas a especialistas, e apoiado nos métodos: (i) análise ambiental; (ii) análise estrutural da indústria; (iii) consulta a especialistas; e (iv) fatores temporais / intuitivos.. O estudo da literatura e a decantação, nessa, dos FCS exigem igualmente uma técnica apurada. Poucos são ainda os documentos que já listam de forma sistemática, com base em uma pesquisa própria, os referidos FCS. A maior parte da literatura especializada foi investigada usando-se diversos filtros. Desse modo, os referidos FCS podem aparecer, implicitamente, quando a literatura menciona “fatores restritivos”, quando discorre sobre as experiências concretas; quando tece críticas e aponta as “limitações”; ou ainda quando analisa as “experiências fracassadas” e as respectivas causas do insucesso. Logo após a identificação dos FCS, estes foram agrupados e priorizados, por importância usando o método de escalagem LJC de Thurstone para explicar a estrutura de preferências dos especialistas em relação aos FCS, sistematizados nas seguintes etapas: (i) determinação das frequências das preferências por pares de estímulos (FCS) em que O_i equivale aos FCS e O_j aos especialistas; (ii) determinação das frequências das categorias ordinais; e (iii) determinação das matriz $[\pi_{ij}]$ das frequências relativas acumuladas. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Fatores Críticos de Sucesso (FCS) - Empresa

Estímulos	C1	C2	C3	C4	$(\mu_i = -\sum_{j=1}^4 Z_{ij}/4)$,	Classificação
Político	-1,22	-1,22	-0,76	-0,13	-3,34	1°
Técnico	-0,13	0,43	0,76	3,86	4,92	4°
Econ e Fin	-1,22	-0,76	-0,43	1,22	-1,19	2°
Mercadológico	-0,76	0,13	0,76	1,22	1,36	3°

Econômico Financeiro : Ao definir este fator, busca-se conhecer questões referentes ao comportamento / tendências sobre as questões econômica e financeiras, como: política econômica do governo, indicadores econômico e financeiro, mercado financeiro, política de risco, estrutura de custos, entre outros. Ao ter estas informações, asseguram-se alguns pontos para permitir a adequabilidade e eficiência na gestão de projetos, como, garantia do melhor desempenho econômico possível do projeto; a manutenção permanente do

equilíbrio financeiro; e uma política equilibrada de endividamento, melhor avaliação econômica, eficiência na gestão de custos, melhor eficiência na gestão financeira, melhor definição de estrutura de investimentos e *performance*.

Técnico: Pretende-se com este fator conhecer o comportamento sobre as questões técnicas como por exemplo, os instrumentos de apoio à gestão de projetos. Questões relevantes são aqui descritas como, avaliação planejamento e controle dos projetos (indicadores), Projeto de Fábrica e de Instalações industriais, gestão da manutenção, simulação da produção, gestão de processos produtivos, gestão de operações e serviços, controle estatístico da qualidade, certificação para a qualidade, confiabilidade de processos e produtos qualidade em serviços, planejamento do produto, metodologia de projeto do produto, engenharia de produto, marketing do produto, modelagem, análise e simulação, análise de demandas por produtos, planejamento estratégico e operacional da estrutura organizacional, estratégias de produção, organização industrial, Gestão e estratégia de mercados e produtos, redes de empresas e gestão da cadeia produtiva, gestão da inovação, gestão da tecnologia, gestão da informação de produção e operações, gestão de projetos, entre outros.

Mercadológico : incluem-se aqui questões referentes ao mercado, como por exemplo, usuários, nível de serviços, a oferta, a demanda, os aspectos macroeconômicos que influenciam nos negócios, os atores envolvidos, parcerias e alianças, demanda, competição, tecnologias, entre outros. Ao se fazer uma análise dessas questões individuais como em conjunto, permite-se saber o que está acontecendo com este fator e como esta situação afeta o desempenho do projeto.

Político, esse bloco procura abranger os seguintes temas críticos: mudanças institucionais na política de investimentos, na política de riscos, política de infra-estrutura, política monetária e fiscal (tributária), juros, taxa de câmbio, inflação, entre outras. Mais especificamente, é preciso dispor de informações referentes aos mecanismos viabilizadores de investimentos; a contenção das crises políticas etc. Ao se fazer uma análise da informação tanto individual como em conjunto, permite-se saber o que está acontecendo com este fator e como esta situação afeta o desempenho global do projeto. Estes FCS foram confirmados em consulta aos especialistas envolvidos direta ou indiretamente com na gestão de projetos *high tech* em ambientes de alta complexidade.

Passo 2: Determinação e Avaliação das principais características dos projetos *high tech*;

Nesta seção são identificadas as principais características dos projetos *high tech*. Este procedimento foi elaborado à luz da literatura especializada (Cooper, Edgett, e Kleinschmidt, 1997; Archer, Ghasemzadeh, 1996; Griffin, 1997; March-Chordà,, Gunasekan; Lloria-Aramburo, 2002; Souder, Buisson, e Garret, 1997, Toledo et.al., 2008). Foram identificadas as seguintes características inerentes aos projetos *high tech*: Capacidade de produção (CP); Congruência com a estratégia (CE); Força do cliente (FC); Reconhecimento do mercado (RM); Impacto na estratégia (IE); Complexidade técnica (CT); Custos (C); Necessidade do mercado cliente (NM) Durabilidade (técnica e mercado)(DT); Risco financeiro (RF); Plataforma para crescimento (PC), Canais para o mercado (CM); Competências (COMP); Acesso e uso eficaz de tecnologia. externa (AUETE); Riscos de segurança ambiental (RSA); Posição proprietária (PP); Sinergia com outras oper. negócio (SOON); Matéria-prima s (MP). Logo após identificar as características, foi possível formar os seguintes clusters, aqui denominados de *Clusters* das Características: Técnica; Econômica e Financeira; Mercadológica; Regulamentação; e Ambiental. Para conhecer o desempenho global dos *clusters* em relação aos fatores críticos

de sucesso, foi aplicada a técnica da Análise Multicriterial, com o apóio dos métodos *Compromise Programming*, *Electre III* e *Promethee II* (Figura 2).

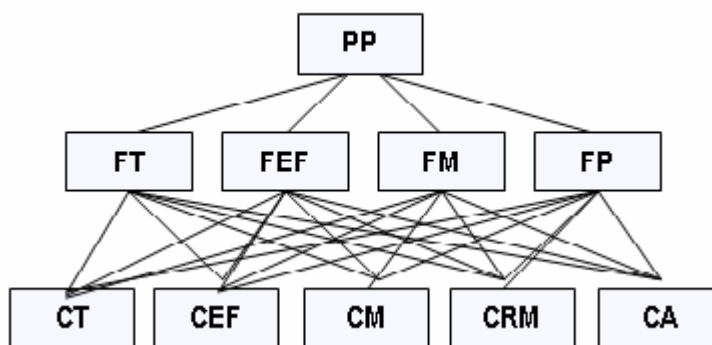


Figura 2: Avaliação da *performance* global das características dos projetos

Passo 3: Avaliação individual da performance das características dos projetos de Desenvolvimento de Produtos;

3.1 Método de Escalagem Lei dos Julgamentos Categóricos de Thurstone (LJC) à Luz dos FCS

O método de escalagem psicométrica Lei dos Julgamentos Categóricos de Thurstone de 1927 é uma modelagem de comportamento mental que tem por objetivo explicar a estrutura das preferências dos especialistas em relação a um conjunto de estímulos. Esse procedimento parte de um conjunto constituído por m classes, exaustivas e mutuamente exclusivas, em que devem ser necessariamente postos os n estímulos O_1, O_2, O_n . Na escala de estímulos adota, C_1 contém os estímulos menos intensos do que aqueles pertencentes a C_2 no que diz respeito à característica C ; C_2 contém estímulos menos intensos do que os pertencentes a C_3 à mesma característica C e assim sucessivamente (SOUZA, 1988).

Conforme discorre o modelo, avalia-se cada estímulo pelo seu valor de escala, sendo este processo mental chamado de processamento de "discriminação modal", e explicitam-se as preferências mediante as comparações efetuadas com os valores de suas manifestações perceptíveis e que são representadas pelas escolhas reveladas empiricamente através das frequências relativas das preferências. Uma questão relevante é a natureza psicofísica do método. As manifestações de preferências ocorrem em instantes diversos, e dessa forma, os valores da escala variarão em função da própria dinâmica de seu processo mental. Neste trabalho, a opção pelo Método Lei dos Julgamentos Categóricos de Thurstone pode se justificar por ser uma ferramenta estratégica a ser testada para priorizar, por importância, a taxa ótima de decisão em seleção de projetos de desenvolvimento de produtos em ambientes de alta complexidade (*high tech*). Este método considera o comportamento mental para explicar a estrutura das preferências dos decisores sobre as características priorizadas.

Os procedimentos para aplicação do instrumento são sistematizados nos seguintes passos: Etapa 1: Determinação das frequências das preferências por pares de estímulos (características dos projetos), em que O_i equivale às características e O_j aos especialistas - $O_i|O_j$. Os dados aqui sistematizados foram extraídos a partir das preferências dos especialistas em relação às características dos projetos (mediante pesquisa de campo utilizando questionário/matriz de julgamento). As características aparecem sob forma de estímulos submetidos às categorias ordinais. Etapa 2: Determinação das frequências das

categorias ordinais, a partir dos dados extraídos da etapa anterior. Calcula-se a matriz $[\pi_{ij}]$ das frequências relativas acumuladas. Os resultados são classificados em ordem crescente de importância. Para uma melhor compreensão da técnica, recomenda-se a seguinte literatura (Souza, 1988; Thurstone (1927)). Etapa 3 Determinação da matriz $[\pi_{ij}]$ das frequências relativas acumuladas, a partir dos resultados das frequências das categorias ordinais calcula-se a matriz das frequências relativas acumuladas. Etapa 4: Determinação do inverso da normal padrão das frequências acumuladas (INPFA), a partir dos resultados obtidos na etapa anterior, calcula-se o inverso da normal padrão das frequências acumuladas. Os resultados refletem as probabilidades de intensidade de preferências dos especialistas em relação aos estímulos (características). Lembrando que C1 contém estímulos menos intensos, do que C. Num continuum psicológico os estímulos são traduzidos por valores de escala μ_i e as categorias (C1, C2, C3...), por uma partição intervalar da reta real, de tal sorte que C1 seja representada pelo intervalo $(-\infty, C1)$ e C2 representa o intervalo $(m-1, +\infty)$. O resultado das preferências é, então, apresentado em ordem crescente de importância. A escala teve por objetivo mostrar a probabilidade na intensidade das preferências dos especialistas, por importância, em relação às características dos projetos. Detalham-se a seguir os procedimentos de aplicação das RNA. A consecução do método partiu dos resultados da pesquisa com os especialistas, estes manifestaram suas preferências por pares de estímulos (no caso, as características dos projetos de desenvolvimento de produtos / empresas de base tecnológica), e estes submetidos as categorias ordinais C₁ = 5º lugar, C₂ = 3º lugar e C₃ = 4º lugar.. O resultado das preferências é, então, apresentado em ordem crescente de importância (Tabela 2).

Tabela 2: Fatores Determinantes na Escolha de Projetos de Desenvolvimento de Produtos – EBTs à luz dos FCS

Características do Projeto A	C1	C2	C3	C4	Total	Ranking
Capacidade de produção (CP)	-1,221	-0,76471	0,13971	0,13971	-1,7063	6º
Congruência com a estratégia (CE)	-1,221	-1,221	-1,22064	-0,76471	-4,4274	1º
Força do cliente (FC)	-1,22064	-1,221	0,13971	1,220642	-1,0813	9º
Reconhecimento do mercado (RM)	-1,22064	-1,221	0,13971	1,220642	-1,0813	9º
Impacto na estratégia (IE0)	-1,221	-1,22064	-0,43073	0,13971	-2,7327	2º
Complexidade técnica (CT)	-0,76471	-0,1397	1,220642	1,220642	1,53687	13º
Custos (C)	-1,22064	-0,76471	-0,1397	0,13971	-1,9853	5º
Necessidade do mercado cliente (NM)	-1,221	-1,221	-0,43073	0,76471	-2,108	4º
Durabilidade (técnica e mercado)(DT)	-1,221	-1,221	-0,43073	0,76471	-2,108	4º
Risco financeiro (RF)	-1,221	-1,221	-0,76471	0,76471	-2,442	3º
Plataforma para crescimento (PC)	-1,221	-1,221	-0,76471	0,76471	-2,442	3º
Canais para o mercado (CM)	-1,221	-0,76471	-0,1397	0,76471	-1,3607	8º
Competências (COMP)	-1,221	-0,76471	0,13971	0,430728	-1,4153	7º
Acesso e uso eficaz de tecn. externa (AUETE)	-0,76471	-0,76471	0,430728	1,220642	0,12195	11º
Riscos de segurança ambiental (RSA)	-0,76471	-0,76471	0,430728	1,220642	0,12195	11º
Posição proprietária (PP)	-1,221	-1,221	-0,1397	3,692694	1,11099	12º
Sinergia com outras oper. negócio (SOON)	-1,221	-1,221	-0,1397	3,692694	1,11099	12º
Matéria-prima s (MP)	-1,221	-0,43073	-0,43073	1,220642	-0,8618	10º

3.2. Redes Neurais

As redes neurais artificiais (RNA) tentam simular o comportamento do cérebro humano, através de um número de neurônios interconectados. Um neurônio executa somas ponderadas pelas ativações dos neurônios representando relações não-lineares. As RNA têm a capacidade de reconhecer e classificar padrões por meio de processos de aprendizagem e treinamento. Vem sendo utilizadas em vários estudos e para diversas finalidades, e as experiências indicam que as redes neurais proporcionam *performance*

superior aos modelos estatísticos convencionais, pois podem tratar mais adequadamente as variações no comportamento dos dados (DOUGHERTY, 1995). Uma RNA pode ser treinada para gerar conhecimento baseado nos atributos dos dados de entrada, ou também conhecidas como variáveis explicativas.

Uma RNA está constituída de unidades interconectadas de processamento simples denominados neurônios, onde para cada conexão ou *link* é atribuído um peso numérico (*sináptico*). Cada neurônio recebe um sinal de entrada com a *informação* total procedente de outros neurônios ou estímulos externos, sendo processados localmente junto a uma função de ativação ou de transferência produzindo um sinal transformado de saída para outros nós ou saídas externas (Russel e Norvig, 1996; Haykin, 1999). Cada neurônio individual implementa sua função e efetua um cálculo local, não sendo necessário um controle global. Cada neurônio j possui vários sinais de entradas x_i desde $i = 1$ até n , que podem ser saídas provenientes de outros neurônios conectados a ele. Cada conexão tem associado um peso sináptico w_{ij} . O neurônio recebe os sinais das conexões de entrada e calcula o novo nível de ativação correspondente que envia através das conexões de saída.

No sentido amplo, a RNA é funcionalmente equivalente a um modelo estatístico de regressão não linear, embora o processamento e a relação funcional entre as variáveis sejam totalmente diferentes da modelagem estatística. Em um problema explanatório ou causal as entradas para a RNA são um conjunto de variáveis independentes (x_n) ou variáveis de previsão, e as variáveis de saída são as dependentes (y_m). Definidos um vetor de entrada de variáveis independentes $\vec{X} = [x_0, x_1, x_2, \dots, x_n]$ e um vetor de saída de variáveis dependentes $\vec{Y} = [y_0, y_1, y_2, \dots, y_m]$, a relação funcional ou mapeamento estimado pela RNA é $\vec{Y} = \psi(\vec{X}, \vec{W})$ da entrada da primeira camada para a saída da última camada, parametrizado pelo vetor de pesos *sinápticos* \vec{W} . Como observado, a rede neural resulta da interconexão de vários neurônios básicos em várias configurações. A configuração mais conhecida é a rede *feedforward* multicamada, referida também como *Multi-Layer Perceptron* (MLP), cuja estrutura consiste em camadas de neurônios na qual a saída de um neurônio de uma camada alimenta todos os neurônios da camada seguinte. Considerando que a base conceitual das RNA está na simulação do comportamento dos neurônios humanos, representando os estímulos das variáveis modeladas, acredita-se que seja possível avaliar as respostas dos decisores sobre as prioridades de projetos em ambientes de alta complexidade. Espera-se que as preferências dos especialistas em relação a um conjunto de objetos de conhecimento, sejam representadas pela RNA por meio da probabilidade expressa na resposta das saídas geradas. O treinamento da rede é a fase mais importante para o sucesso das aplicações em redes neurais. A topologia da rede pode ser melhor determinada de forma subjetiva, a partir de um princípio que consiste em adotar o menor número de camada intermediárias e neurônios possível, sem comprometer a precisão.

Na presente aplicação, a camada dos dados de entrada possui 15 neurônios correspondente as 15 variáveis referente aos objetos de conhecimentos. A camada intermediária possui 8 neurônios, e a camada de saída possui um neurônio correspondente ao valor da escalagem determinada pela RNA. Os pesos entre as camadas de entrada e intermediária, e entre a intermediária e de saída são determinadas automaticamente pelo processo de aprendizagem supervisionada baseado no algoritmo *Backpropagation* aplicando o software *Easy NN*. O processo de treinamento foi finalizado quando os pesos entre as conexões permitiram minimizar o erro de aprendizado. Para tal foi necessário identificar qual a configuração que apresentaria o melhor resultado variando as taxas de

aprendizagem e momento. Após diversas configurações terem sido testadas, a rede que apresentou melhor resultado foi a RNA 1 (menor erro). Os dados foram divididos em dois grupos, onde a cada estágio um terço dos dados são utilizados para treinamento da rede e o restante é aplicado para verificação dos resultados.

Após várias topologias de rede, e de parâmetros possibilitou obter as redes que melhores resultados apresentaram (Figura 3). A Tabela 3 mostra os indicadores e sua classificação obtida pelo treinamento. A rede foi treinada para obtenção de dois grupos de resultados para comparação da melhor escalagem determinada pelas redes. No primeiro teste adotou-se o somatório do julgamento dos agentes, entretanto somente no segundo teste obteve-se a melhor escala, próxima da representada pelo método dos julgamentos categóricos. Com isso, a última etapa da modelagem das RNA consistiu em testar os dados de entrada de forma seqüencial ou aleatória, processo este que apresentou resultados mais plausíveis. Das diversas características dos projetos em ambientes de alta complexidade (*high tech*), os resultados mostram uma predominância da congruência com a estratégia, impactos na estratégia, riscos financeiros, plataforma para crescimento, necessidade de mercado e custos, como fatores fundamentais em decisão de seleção de projetos *high tech*.

Tabela 3: Determinantes da TODSP
(características) - Métodos: LJC e RNA

Características	LJC	RNA
Capacidade de produção (CP)	6°	8°
Congruência com a estratégia (CE)	1°	1°
Força do cliente (FC)	9°	8°
Reconhecimento do mercado / negócio (RMN)	9°	8°
Impacto na estratégia (IE0)	2°	2°
Complexidade técnica (CT)	13°	10°
Custos (C)	5°	6°
Necessidade do mercado cliente – interno / externo (NM)	4°	5°
Durabilidade (técnica e mercado)(DT)	4°	4°
Risco financeiro (RF)	3°	3°
Plataforma para crescimento (PC)	3°	3°
Canais para o mercado (CM)	8°	8°
Competências (COMP)	7°	7°
Acesso e uso eficaz de tecnologia externa (AUETE)	11°	11°
Riscos de segurança ambiental (RSA)	11°	10°
Posição proprietária (PP)	12°	12°
Sinergia com outras operações do negócio (SOON)	12°	12°
Matéria-prima ou fornecimento de componentes essenciais (MPFCE)	10°	9°

O desafio que se impõe é conseguir gerenciar a relação custo-benefício. Reconhece-se a importância de metodologias especialmente desenhadas no reconhecimento de elevada subjetividade advindas do ambiente de decisões. Neste espectro, reafirma-se a relevância da escala de Thurstone LJC, que considera a dinâmica temporal das manifestações de probabilidade de preferências dos juizes, demonstrada nesta aplicação. Ou seja, o método realça a intensidade nas probabilidades das preferências dos decisões. As redes neurais trata as tomadas de decisões num contexto estático. Ou seja, não considera a dinâmica das manifestações das tomadas de decisão, como acontece no método de escalagem psicométrica LJC. Porém, mostra-se apropriada para esta aplicação para garantir maior

confiabilidade validade nos resultados alcançados pelo método LJC. Isto favorece o processo de classificação nas prioridades de projetos. Disso resulta que o uso das duas metodologias é uma das formas mais plausíveis de validação e confirmação de resultados que envolvem alto grau de subjetividade, como é o caso em questão. Lembrando que o método LJC de Thurstone considera a dinâmica da tomada de decisão, enquanto que as redes neurais artificiais trata o processo de decisão de forma estática.. A Figura 3 evidencia os resultados produzidos e comparados pelas duas metodologias.

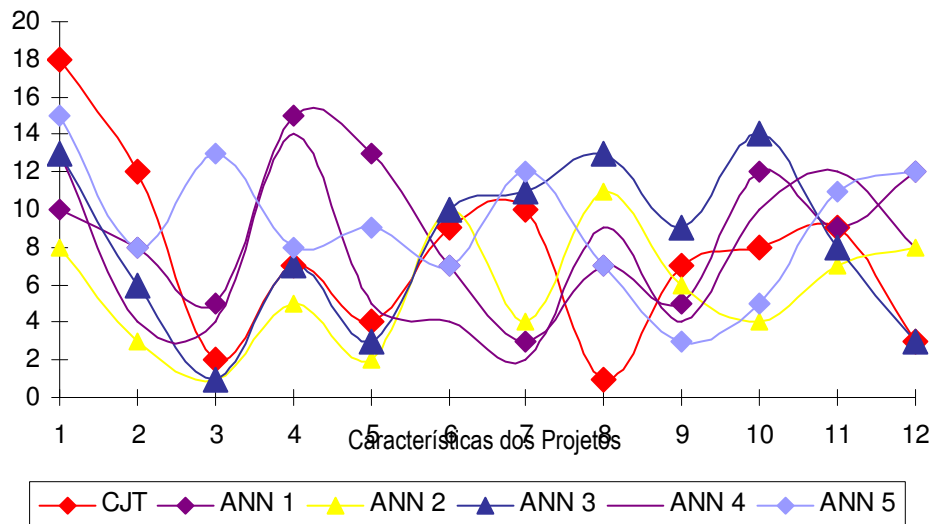


Figura 3: Priorização das características dos projetos usando Escalagem Psicométrica(LJC) e Inteligência Artificial (RNA)

De todas as configurações evidenciadas, a RNA 1 é a que melhor se aproximou da classificação obtida pelo método LJC. Além disso, embora outras topologias não tenham sido as melhores, entretanto se aproximaram em algumas características da LJC. Logo após este procedimento, avalia-se o impacto das características dos projetos na *performance* de ambientes de alta complexidade/*high tech*, com base nas características levantadas e avaliadas nesta etapa.

Passo 4: Avaliação do impacto das características dos projetos na *performance* de ambientes de alta complexidade/*high tech*

Esta fase centra-se na avaliação do impacto das características dos projetos na *performance* de ambientes de alta complexidade / *high tech* utilizando a modelagem *neurofuzzy*. É um processo cujos atributos em sua maioria possuem características de elevada subjetividade, em que a experiência do tomador de decisão é bastante significativa. Neste espectro há uma necessidade de uma ferramenta que permite a agregação das variáveis quantitativas e qualitativas que convergem rumo a um único parâmetro de avaliação (OLIVEIRA e CURY; 2004; OLIVEIRA, 2004; CURY, 1999; VON ALTROCK, 1997). Este modelo agrega a tecnologia de Redes Neurais e Lógica Fuzzy (tecnologia *neurofuzzy*). Aqui este modelo suporta a decisão de seleção da taxa ótima de projetos em ambiente de alta complexidade. O modelo aqui apresentado tem como referência o modelo de Cury e Oliveira (1999). À luz da tecnologia *neurofuzzy* os dados de entrada de natureza qualitativa são agrupados para determinar os parâmetros de comparação entre as alternativas. A técnica está estruturada a partir de uma combinação de todos os atributos em blocos de inferência que usam regras de base *fuzzy* e expressões linguísticas, de modo que a preferência para cada alternativa de decisão de seleção da taxa

ótima de prioridades de projetos (VE), em termos de benefícios para a empresa, pode ser expressa por meio de um intervalo, variando de 0 a 10. A modelagem é composta de variáveis qualitativas e quantitativas, com base em informações dos especialistas (extraídas da etapa anterior). Os parâmetros qualitativos são difíceis de medir e pode indicar níveis elevados de subjetividade, portanto, justificam a aplicação de métodos que permitem a convergência destes parâmetros para um coeficiente único, permitindo assim a tomada de decisão tendo em vista todos os atributos relevantes.

Descreve-se a seguir o modelo neurofuzzy. O Modelo *Neurofuzzy* (Figura 4) O modelo proposto considera as Variáveis de Entrada (VE) (extraídas da etapa anterior): determinantes da taxa ótima de seleção de projetos. Seguindo a analogia proposta por Cury (1999), este método utilizou quinze variáveis de entradas (VE), convergidas em variáveis lingüísticas, fundamentadas em seus GdC (graus de certeza), em função da intervenção dos especialistas no processo. As VEs foram identificadas à luz da literatura e confirmadas e ponderadas por meio do julgamento de especialistas (etapa anterior).

Determinação das Variáveis de Entradas: Esta seção centra-se na determinação das variáveis de entrada (VE) do tipo qualitativas e quantitativas. Essas variáveis foram extraídas da etapa anterior, levantadas à luz da literatura especializada. Porém, para demonstrar a factibilidade e plausibilidade da modelagem foi aplicado um estudo multi-projetos (*portfólio*) de empresas *high tech*. Os termos lingüísticos atribuídos a cada VE apresentada são: Alto, Médio e Baixo. Sendo assim, as VEs são transformadas em variáveis lingüísticas, com seus respectivos Graus de Convicção ou de Certeza (GdC), com a intervenção de vinte juízes opinando no processo. Os graus atribuídos pelos juízes (especialistas) são convertidos em expressões lingüísticas, com seus respectivos GdC, com base nos conjuntos *fuzzy* e nas regras SE (agregação das regras)-ENTÃO (composição das regras).

Determinação das Variáveis Intermediárias e Termos Lingüísticos: As variáveis de entrada de natureza qualitativa passam pelo processo de inferência fuzzy, resultando em termos lingüísticos de variáveis intermediárias (VI). Assim, os termos lingüísticos atribuídos às VI são: Baixo, Médio e Alto. As variáveis intermediárias foram obtidas em: Desempenho Estratégico; Técnico; Mercadológico; Político, Benefício Estratégico, Técnico e Econômico e Financeiro. A arquitetura proposta é composta de oito configurações de sistemas especialistas *fuzzy*, quatro variáveis de entrada (VE) de natureza qualitativa que passam pelo processo *fuzzy* e através do bloco de inferência, portanto, produzindo uma variável de saída (VS), denominada variável intermediária (VI). Por sua vez, VIs, que se juntam a outras variáveis VIs, formando portanto, um conjunto de novas VEs, conseqüentemente configurando uma sequência até a última camada da rede. Na última camada da rede é definida a variável de saída (VS) da Rede *Neurofuzzy*. Esta VS então é submetida a um processo defuzzificação para alcançar o resultado final, que é a avaliação das características dos projetos na *performance* ambientes de alta complexidade.

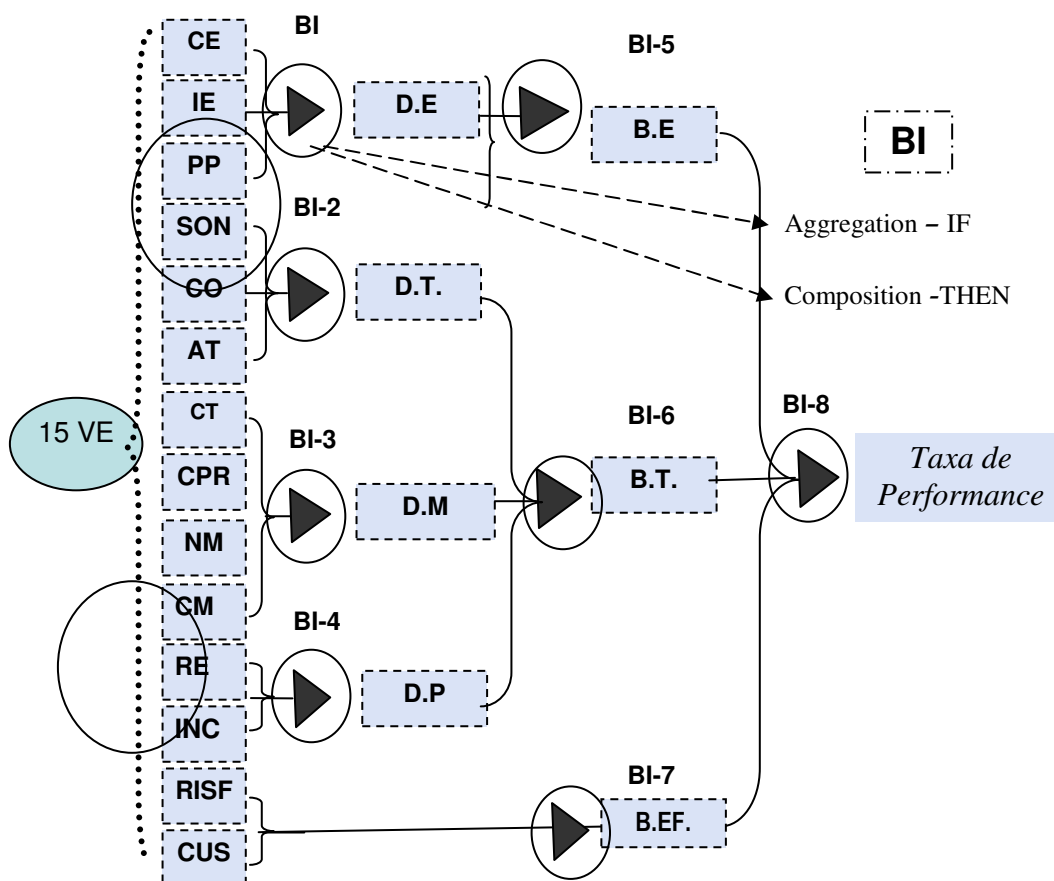


Figura 4: Modelo *Neurofuzzy*

Em síntese, a inferência *fuzzy* ocorre a partir da base de regras, gerando o vetor lingüístico da VS, obtido por meio das etapas de agregação e composição (blocos de inferência). A título de exemplo, ao solicitar a opinião de um dos especialistas sobre qual a taxa ótima de decisão de seleção do projeto A, a resposta foi 8,0. Em seguida, realizou-se o processo de *fuzzificação* (simulação), atribuindo termos lingüísticos BAIXA, MÉDIA e ALTA a graus de avaliação em uma escala de 1 a 10. Para o grau 8, considerado BAIXA por 0% dos especialistas, MÉDIA por 55% e ALTA por 45% dos especialistas.

Ou seja, com as respostas dos especialistas foi possível determinar os graus de certeza dos termos lingüísticos de cada uma das variáveis de entrada, por meio da utilização dos conjuntos *fuzzy*. Foram definidos os conjuntos *fuzzy* genéricos para todas as VEs qualitativas, que apresentam sempre dois e três níveis de termos lingüísticos: um inferior, um médio e outro superior. Após a conversão de todas as VEs em suas correspondentes variáveis lingüísticas, com seus respectivos GdC, os blocos de inferência *fuzzy* (BI), compostos por base de regras SE-ENTÃO, são operados com base nos operadores MIN-MAX, obtendo-se um valor lingüístico para cada variável intermediária e para variável de saída do modelo, com os termos lingüísticos definidos pelos juízes, anteriormente. A partir das variáveis de entradas (características extraídas dos projetos de desenvolvimento de produtos à luz do estado da arte), geram-se a base de regras. Cada regra possui um fator de ponderação individual, denominado de Fator de Certeza (FdC), compreendido entre 0 e 1, que indica o grau de importância de cada regra na base de regras *fuzzy*. E a inferência *fuzzy* ocorre a partir da base de regras, gerando o vetor lingüístico da VS, obtido por meio das etapas de agregação e composição.

Determinação da Variável de Saída – Taxa de impacto (das características dos projetos) na Performance de ambientes de alta complexidade

A variável de saída (VS) do modelo *neurofuzzy* proposto foi denominada de taxa de impacto na *Performance* de ambientes de alta complexidade. O processo de *fuzzificação* envolve a determinação das funções de pertinência para cada uma das variáveis de entrada. Se os dados de entrada forem valores precisos, resultados de medições ou observações, é necessário efetuar-se a estruturação de conjuntos *fuzzy* para as variáveis de entrada, consistindo no processo de *fuzzificação*. Caso as variáveis de entrada sejam obtidas em valores lingüísticos, não é necessário o processo de *fuzzificação*.

Defuzzificação: No caso de aplicações que envolvem variáveis qualitativas, como é o caso em questão, é necessário um valor numérico como resultado do sistema, denominado de *defuzzificação*. Sendo assim, após a inferência *fuzzy* é necessário a *fuzzyficação*, ou seja, transformar os valores lingüísticos em valores numéricos, a partir de suas funções de pertinência (Von Altrock, 1997). O método do Centro de Máximos se popularizou para a determinação de um valor exato para o vetor lingüístico da VS. A partir desse método, definem-se os graus de certeza dos termos lingüísticos como “pesos” associados a cada um destes valores. O valor de compromisso exato (VC) é determinado através da ponderação dos pesos com relação aos valores típicos (valores máximos das funções de pertinência), conforme Equação apresentada a seguir (Von Altrock, 1997; Cury e Oliveira, 1999).

$$VS = \frac{\sum_{i=1}^n DoC_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n DoC_i \cdot X_i}$$

Onde i GdC representa os graus de certeza dos termos lingüísticos da variável de saída final e i X indica os valores típicos para os termos lingüísticos, que correspondem aos máximos dos conjuntos *fuzzy* que definem a variável de saída final. A título de demonstração, utilizando-se graus atribuídos (média) hipotéticos, entra-se na expressão do cálculo da taxa de *performance*. A taxa com os GdCi do seguinte vetor lingüístico da variável de saída (Taxa de *Performance*), também hipotético: BAIXO=0,30; MÉDIO=0,49; ALTO=0,14. O valor da taxa de *performance* numérico numa escala de 0 a 1 corresponde a 0,7352, resultante da média aritmética dos valores resultantes da *defuzzificação* de cada um dos vinte juízes simulados. Este valor corresponde a um valor médio para o TEDSP. Com esse resultado apresentado para a taxa ótima de decisão de seleção de projetos de desenvolvimento de produtos é possível dizer que o projeto com a maior taxa é o projeto que terá prioridade.

5 Palavras Finais: que lições tirar?

Encerra-se este documento sobre determinação da taxa ótima de decisão de seleção de projetos em ambientes de alta complexidade/*high tech*, evidentemente permanecem diversas questões a serem aprofundadas em outros estudos do gênero. Para estes novos estudos espera-se ter contribuído para discussão metodológica que ainda pode ser bastante explorada. Da experiência descrita neste trabalho, torna-se oportuno observar como a utilização de métodos de apoio à decisão pode contribuir para o enriquecimento da interdisciplinaridade e da sofisticação de um modelo. Há de se considerar a importância das metodologias especialmente desenhadas no reconhecimento da subjetividade dos decisores, a influência dos fatores subjetivos sobre a percepção e entendimento das informações disponíveis ao decisor advindas do contexto decisório. Reconhece-se a

relevância dos métodos multicriteriais, *Compromise Programming*, *Electre* e *Promethee*, que mostraram-se eficientes ao determinar a *performance* global das características dos projetos à luz dos fatores críticos de sucesso. A escala de Thurstone, que considera a dinâmica temporal das manifestações de probabilidade de preferências dos juízes, demonstrada em diversas etapas deste artigo, foi determinante na *performance* de prioridades individuais das características dos projetos. Aliado a isto, as redes neurais artificiais se apresentaram como um instrumento plausível e factível para confirmar os resultados obtidos pelo método LJC, evidenciando-se como uma das formas mais notáveis de garantir a confiabilidade e validade interna de uma das etapas da modelagem.

O grau de sofisticação da tecnologia *neurofuzzy*, fortemente apoiada na opinião dos especialistas, foi apropriada a esta aplicação por envolver um elevado número de variáveis qualitativas e quantitativas e pelo seu caráter flexível, favorecendo o processo de classificação das características convergindo rumo ao impacto das características dos projetos na *performance* de ambientes de alta complexidade (taxa de *performance*). O resultado da interação de um *framework* de atributo reflete um valor numérico aqui denominado taxa ótima de decisão de seleção de prioridades de projetos em ambientes de alta complexidade/*high tech*. Da a crer que esta contribuição permite conduzir diretrizes de planejamento para a gestão de *portfólio* de projetos, uma vez que lança mão da melhor *performance* de prioridades de projetos à luz de suas características, com lastro nos fatores críticos de sucesso. Reafirma-se ainda a importância da intervenção de especialistas como elemento central no processo de tomada de decisão, rumo ao alcance de resultados consistentes e confiáveis.

As potencialidades técnicas da modelagem aqui apresentada tem por objetivo uma orientação mais pragmática e eficiente para tratar decisões em ambientes de alta complexidade. Essa proposta visa, antes de tudo, que se iluminem questões ainda não exploradas neste objeto tão-complexo. Evidentemente, não pretende ser uma “camisa de força” metodológica, mas que venha prestar uma nobre contribuição, mesmo que por caminhos mais livres. Além disso, essa modelagem não tem a pretensão de ser completa, mas sim, de ser geradora de elementos que serão estratégicos para o planejamento e gestão de projetos *high tech*. Verificou-se a confirmação da hipótese: a interação entre as características qualitativas e quantitativas dos projetos de desenvolvimento de novos produtos determina a *performance* das empresas *high tech*. Os resultados obtidos foram satisfatórios, validando o modelo conceitual proposto para uma política de planejamento de *portfólio*. Recomenda-se que a pesquisa sobre as prioridades de características sejam aplicadas de forma permanente e recorrente. Da literatura investigada não há estudos sobre a taxa de *performance* em ambientes de alta complexidade utilizando um know how de sofisticação como as potencialidades técnicas utilizadas nesta aplicação. A literatura referencia outras metodologias na determinação de prioridades de projetos baseadas no uso de métodos lineares e alguns métodos comportamentais, porém, esses métodos apresentam uma ou outra inconsistência.

Espera-se que este estudo sirva de estímulo para um amplo debate sobre a questão e reconhece-se que mais estudos são necessários para construir resultados mais robustos no futuro próximo. Além disso, o estudo é limitado a empresas de alta tecnologia, abrindo a possibilidade de novas possibilidade de pesquisas. A mensuração de variáveis qualitativas é um fator altamente subjetivo e os todos os dados se valem coletas transversal, e, portanto, pode-se concluir que as variáveis e seus efeitos estão relacionados a um único ponto no tempo, o que é um fator de restrição. Reconhecemos a importância de replicar este estudo e repetir esse modelo em outras aplicações, utilizando uma amostra completamente nova de outros setores. Comparações interessantes podem também ser realizadas, como por

exemplo a aplicação do procedimento aqui adotado, em outro país, a fim de comparar os resultados. Neste espectro, esta modelagem não tem a pretensão de ser completa, mas ser geradora de elementos estratégicos para o desenvolvimento continuado de projetos inovadores.

Referências

- AMIT, R. E P.J.H. SCHOEMAKER, P.J.H. (1993).. Strategic assets and organizational rent, *Strategic Management Journal* Vol. 14. nº 1, pp. 33–46.
- ARCHER, N. P.; GHASEMZADEH, F. (1996). Project portfolio selection: a review and a suggested integrated approach. Innovation Research Working Group Working Paper, n. 46, p. 1-19,.
- CHESBROUGH, H. AND R. S. ROSENBLOOM (2002).. The Role of the Business Model in Capturing Value from Innovation: Evidence from Xerox Corporation's Technology Spin-Off Companies[J]. *Industrial and Corporate Change*, Vol.11 Issue (3).
- CHRISTENSEN, C. M. O (2003). crescimento pela inovação: como crescer de forma sustentada e reinventar o sucesso. Rio de Janeiro: Elsevier.
- CHRISTENSEN, C.,(2003). The Innovator's Solution: Using Good Theory to Solve the Dilemmas of Growth[M].Harvard Business School Press.
- COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. (1997). Portfolio management in new product development: lessons from the leaders – II. *Research Technology Management*, Vol. 40, n. 5, pp. 43-52.
- CURY, M. V. Q. (1999).*Modelo Heurístico Neurofuzzy para Avaliação Humanística de Projetos de Transporte Urbano*. Tese submitted for the degree of. Doctoral of Science in Production Engineering of University Federal of Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ.
- DAMANPOUR, F. (1996).Organizational complexity and innovation: developing and testing multiple contingency models. *Management Science*, New Jersey, Vol. 42, n. 5, p. 693.
- DOUGHERTY, M. (1995) *A Review of Neural Networks Applied to Transport*. Transpn. Res.-C, Vol. 3(4):pp. 247-260.
- GRIFFIN, A. (1997). PDMA Research on new product development practices: Updating trends and bechmarking best practices. *Journal of Product Innovation Management*, USA, Vol. 14, n. 6, pp.429-458.
- GRILICHES, Z., (1990). Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey, *Journal of Economic Literature* Vol. 28: 1661-1707.
- HAYKIN, S. (1999). Neural networks: a comprehensive fundation. (2nd ed.) Upper Saddle Rever, New Jersey: Prentice Hall
- MARCH-CHORDÀ, I.; GUNASEKAN, A.; LLORIA-ARAMBURO, B.(2002) Product development process in Spanish SMEs: an empirical research. *Technovation*, Vol. 22, n. 5, pp.301–312.
- NONAKA, I. ; TAKEUCHI, H., (1995). The Knowledge-Creating Company, Oxford University Press, New York, NY.
- OLIVEIRA, R.L.M. e CURY, M.V.Q. (2004). A Escolha Modal no Transporte de Cargas Sob a Ótica da Modelagem Neuro-Fuzzy: Um Estudo de Caso **Anais de Congresso**. XVIII ANPET – Associação Nacional de Pesquisa em Transportes. pp. 1122-1132.
- RUSSELL, S. AND NORVIG, P. (1996). *Artificial intelligence. A modern approach*. Prentice Hall.
- SOUDER, W. E.; BUISSON, D.; GARRET, T. Success through customer-driven new product development: a comparison of US and New Zealand small entrepreneurial high technology firms. *Journal of Product Innovation Management*, USA, v.14, n. 6, p. 459-472, 1997.

- SOUZA, J. (1998). *Métodos de Escalagem Psicossocial*. Vol. V, Brasília: Thesaurus.
- TEECE, D., PISANO, G. AND SHUEN, A., (1997). 'Dynamic capabilities and strategic management', *Strategic Management Journal*, Vol. 18, no. 7, pp. 509-533.
- TEECE, D.J. (1986). Profiting from technological innovation. *Research Policy* Vol. 15. n° 6, pp. 285-305.
- THURSTONE, L. L (1927)...A law of comparative judgment. *Psychological Review*. England.
- TOLEDO et.al. (2008). Fatores críticos de sucesso no gerenciamento de projetos de desenvolvimento de produto em empresas de base tecnológica de pequeno e médio porte. *Revista Gestão e Produção*. Vol.15.n. 1, pp.117-134.
- VON ALTROCK, C.. (1997). *Fuzzy Logic and Neurofuzzy Applications in Business and Finance*. Prentice Hall, USA.
- WHEELWRIGHT, S. and CLARK, K. (1992). *Revolutionising Product Development*. Free Press, New York.