

# FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO NA IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA SEIS SIGMA: UMA META ANÁLISE DE PESQUISAS QUANTITATIVAS

**Marly Monteiro de Carvalho (USP)**  
marlymc@usp.br

**Maria Aparecida Gouvea (USP)**  
magouvea@usp.br

**Daniela Santana Lambert Marzagao (USP)**  
dslm0401@usp.br

**Ana Paula Vilas Boas Viveiros Lopes (USP)**  
aplopes10@hotmail.com



*A partir da década de 90, muitas empresas passaram a adotar Seis Sigma como um programa de qualidade que pode proporcionar benefícios financeiros e estratégicos de uma maneira rápida. Algumas empresas, baseadas no sucesso das organizações pioneiras, buscaram a implementação dos Projetos Seis Sigma e seus resultados nem sempre atenderem a esta expectativa. O objetivo deste trabalho é revisar a literatura de Seis Sigma, identificando fatores críticos de sucesso. Para isso, Foi realizada uma busca na base de dados ISI Web of Knowledge (Web of Science), com o uso dos tópicos “six sigma” e “quality”, no período entre 1988 e 2010. Dos duzentos e setenta trabalhos gerados na busca, onze abordavam uma pesquisa do tipo survey com similaridade de assuntos. Uma meta análise foi feita em seis destes onze artigos, os quais estavam disponíveis sem custo. Os resultados mostraram que poucos estudos quantitativos foram realizados. Do ponto de vista estatístico, as principais dificuldades desta pesquisa foram o tamanho reduzido das amostras e a escolha inadequada de ferramentas dos trabalhos analisados. Os quatro fatores críticos de sucesso que puderam ser comparados foram: cultura da qualidade, envolvimento dos funcionários, seleção de projetos e treinamento e aprendizado. Um diferencial encontrado entre Seis Sigma e outras iniciativas de qualidade é a integração com a gestão de portfólio.*

*Palavras-chaves: métodos multivariados, revisão sistemática, fatores críticos de sucesso*

## 1. Introdução

A partir da década de 90, muitas empresas passaram a adotar Seis Sigma como um programa de qualidade que pode proporcionar benefícios financeiros e estratégicos de uma maneira rápida. Para Harry e Linsenmann (2006), Seis Sigma é uma estratégia que facilita o cumprimento de metas e pode ser considerado um veículo para outras iniciativas estratégicas. Já Schroeder *et al.* (2007), definiram Seis Sigma como “uma meso-estrutura paralela, organizada para reduzir a variação de processos utilizando-se de especialistas em melhoria”.

Algumas empresas, baseadas no sucesso das organizações pioneiras, buscaram a implementação dos Projetos Seis Sigma e seus resultados nem sempre atenderem a esta expectativa. Posto este cenário, este estudo visa revisar análises quantitativas de fatores críticos de sucesso de Projetos Seis Sigma, analisando métodos utilizados e trabalhando o conjunto dos resultados pelo método estatístico da meta análise.

Para atingir este objetivo, este artigo está estruturado em uma revisão bibliográfica que inclui a literatura de Seis Sigma e a literatura de métodos estatísticos de coleta e análise de dados. Em seguida, este artigo trata da metodologia utilizada no trabalho, passando à descrição dos resultados obtidos, análise e discussão dos resultados e finalmente às conclusões.

## 2. Arcabouço teórico

Esta seção trata da literatura de Seis Sigma e fatores críticos de sucesso em Projetos Seis Sigma.

### 2.1. Seis Sigma

Pesquisas anteriores discutiram se o Seis Sigma poderia ou não ser considerado uma forma de gestão da qualidade diferente do TQM (ZU, FREDENDALL, DOUGLAS, 2008; KAYNAK, 2003; KWAK, ANBARI, 2004; YEUNG, CHENG, LAI, 2006; SCHROEDER *et al.*, 2007).

Zu, Fredendall e Douglas (2008) e Schroeder *et al.* (2007) identificaram que o Seis Sigma utiliza uma plataforma comum de conhecimentos, práticas e recursos da qualidade, complementando-os com algumas características e recursos específicos a fim de aumentar sua efetividade. Lindermann *et al.* (2003, p.195) consideraram Seis Sigma um método organizado e sistemático para a melhoria de processos e do desenvolvimento de novos produtos e serviços, baseado em técnicas estatísticas e científicas. Rotondaro (2002, p.18) afirmou que Seis Sigma é uma filosofia de trabalho para alcançar, maximizar e manter o sucesso comercial, por meio da compreensão das necessidades do cliente. A necessidade de selecionar, aplicar e adaptar métodos e idéias Seis Sigma para que se encaixem as necessidades das empresas indica que existe uma flexibilidade na aplicação de Projetos Seis Sigma (PANDE, NEUMAN, CAVANAGH, 2001).

Quando um novo processo é requerido, o *Design For Six Sigma* (DFSS) é utilizado. Segundo Yang (2005), DFSS é uma metodologia sistemática que usa ferramentas, treinamento, gestão de projetos e disciplina para aperfeiçoar o processo de desenvolvimento de produtos, usando um roteiro que foca na prevenção de defeitos e na criação de valor. Pande, Neuman e Cavanagh (2000) trataram do histórico e dos princípios da implantação do Seis Sigma nas

grandes indústrias, notoriamente na Motorola e na GE. Outra referência importante é Linderman *et al.* (2003), que definiram o sucesso do Seis Sigma sob a perspectiva do efeito da cobrança de metas na formação das equipes e seu desempenho. Já Hoerl (2001) discutiram o papel dos líderes de projetos, a forma de selecioná-los e qual o conteúdo de sua formação.

## 2.2. Fatores Críticos de Sucesso nos Projetos Seis Sigma

Considerando agora uma visão mais específica dos fatores que levam ao sucesso ou ao fracasso das iniciativas do Seis Sigma dentro das organizações, podemos destacar o trabalho de Coronado e Antony (2002). Goh (2002), por sua vez, fez uma análise crítica do ponto de vista estratégico, considerando os efetivos benefícios do Programa Seis Sigma nas empresas e o livro de Pyzdek (2003) constitui um roteiro de implementação, prescrevendo aos líderes de projeto seus próximos passos na implantação exitosa do programa. Além destes, também referenciam os artigos bem citados as obras de Antony e Banuelas (2002), que fez um estudo das técnicas e ferramentas mais utilizadas em projetos Seis Sigma de sucesso; Kwak e Anbari (2004), que fez uma revisão de literatura discutindo as características dos projetos de melhoria (DMAIC) e de desenvolvimento (DFSS), o histórico de implementação e os fatores críticos de sucesso no Programa Seis Sigma, na mesma linha do trabalho de Raisinghani *et al.* (2005); Snee (2002), que discutiu o processo de seleção de projetos Seis Sigma e os critérios para a formação do portfólio de projetos.

Kumar e Antony (2008) mencionaram o envolvimento e o comprometimento da liderança, comunicação, ligação da qualidade com o empregado, mudança cultural, educação e treinamento, ligação da qualidade com o cliente, seleção de projetos, ligação da qualidade com o negócio, ligação da qualidade com os fornecedores, habilidade em gestão de projetos, infra-estrutura organizacional, visão e planejamento, TI e inovação como itens críticos no desempenho dos Projetos Seis Sigma. Van Iwaarden *et al.* (2008) mencionaram resultados positivos dos projetos Seis Sigma, continuidade do apoio da liderança, envolvimento dos donos de processo na seleção dos projetos, efetiva e frequente comunicação do progresso do Seis Sigma, encorajamento do uso das ferramentas aprendidas em ações de melhoria, registro dos ganhos financeiros, asseguramento que as necessidades dos clientes internos e externos foram atendidas, ligação do Seis Sigma com outras iniciativas de qualidade, integração do Seis Sigma no sistema de gestão da qualidade, estabilidade nas posições de alta liderança, desempenho positivo do negócio, aumento da competição no mercado, aumento das ferramentas e técnicas utilizadas pelo Seis Sigma, pressão do mercado for preço como fatores que afetam os resultados dos Projetos Seis Sigma.

## 2.3. Coleta e análise de dados

A realidade atual exige que empresas sejam cada vez mais lucrativas, com custos reduzidos, maior flexibilidade, rapidez e qualidade de serviços e produtos. Segundo Hair (2009), o acúmulo crescente de dados exige que estas informações sejam coletadas, armazenadas e analisadas criteriosamente, de forma a auxiliarem as tomadas de decisão e conseqüentemente, obtenção de melhores resultados. A análise multivariada é uma forma de análise estatística de dados. Para uma análise ser considerada verdadeiramente multivariada, todas as variáveis estatísticas devem ser aleatórias e inter-relacionadas de tal maneira que seus efeitos não possam ser significativamente interpretados em separado (HAIR, 2009). A análise multivariada lida com variáveis, cujas escalas de medidas podem ser vistas no Quadro 1.

Escalas métricas	Nominal	Definição	utiliza números para identificar diferentes objetos
		Exemplo	sexo: 1 - homem; 2 - mulher
	Ordinal	Definição	as variáveis são ordenadas ou ranqueadas
		Exemplo	níveis de satisfação: do muito insatisfeito ao muito satisfeito
Escalas não métricas	Intervalar	Definição	fornecem alto nível de precisão; o zero não é absoluto
		Exemplo	80 ° F não é o dobro de 40 ° F
	Razão	Definição	fornecem alto nível de precisão; o zero não é absoluto
		Exemplo	idade, renda

Quadro 1. Escalas de medida. Fonte: Adaptado de Hair (2009).

### 2.3.1. Survey

Segundo Filippini (1997), o termo *Survey* pode ser aplicado a coletas de dados, informações ou opiniões de uma grande quantidade de unidades de análise, que podem ser indivíduos, grupos e empresas, utilizando questionários estruturados e pré-definidos. As análises tipo *Survey* são consideradas exploratórias quando visam determinar quais conceitos estão relacionados a um determinado fenômeno, permitindo a formação de uma base para um estudo mais aprofundado, sendo em geral conduzido em etapas iniciais do estudo (FILIPPINI, 1997; FORZA, 2002). Forza (2002) propôs que os estudos do tipo *Survey* fossem conduzidos obedecendo-se um processo que contempla as etapas descritas na Figura 1.

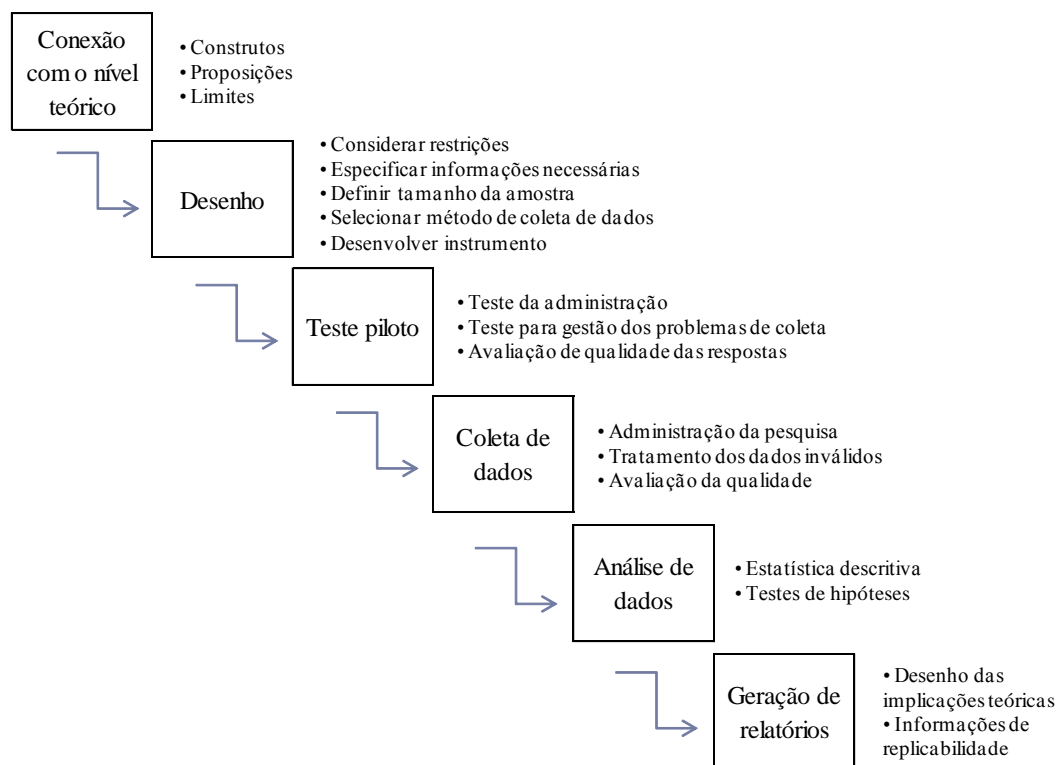


Figura 1. Esquema de pesquisa tipo *Survey*. Fonte: Adaptado de Forza (2002).

Ao tratar de um conjunto composto de uma variável independente relacionando-se a uma variável dependente, temos o que é chamado de análise univariada. No caso de haver mais de

uma variável independente ou dependente e de haver a necessidade de testar a relação interna entre elas, temos uma análise que pode ser descrita como multivariada (HAIR *et al.*, 1995).

### 2.3.2. Análise sistemática e meta análise

Segundo Castro (2010) definiu meta análise como sendo um método estatístico utilizado na revisão sistemática para integrar os resultados de estudos. Castro (2010) sugeriu que a revisão sistemática fosse realizada através dos passos mostrados na Figura 2.

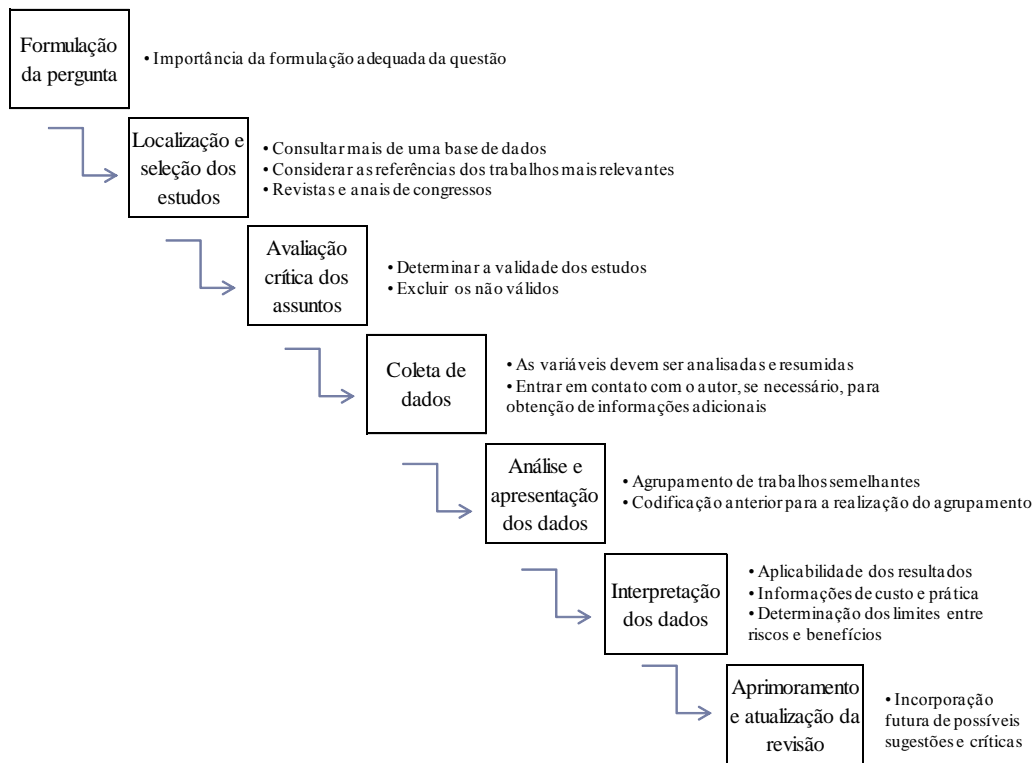


Figura 2. Esquema de análise sistemática. Fonte: Adaptado de Castro (2010).

A Figura 3 mostra possíveis resultados de uma revisão sistemática.

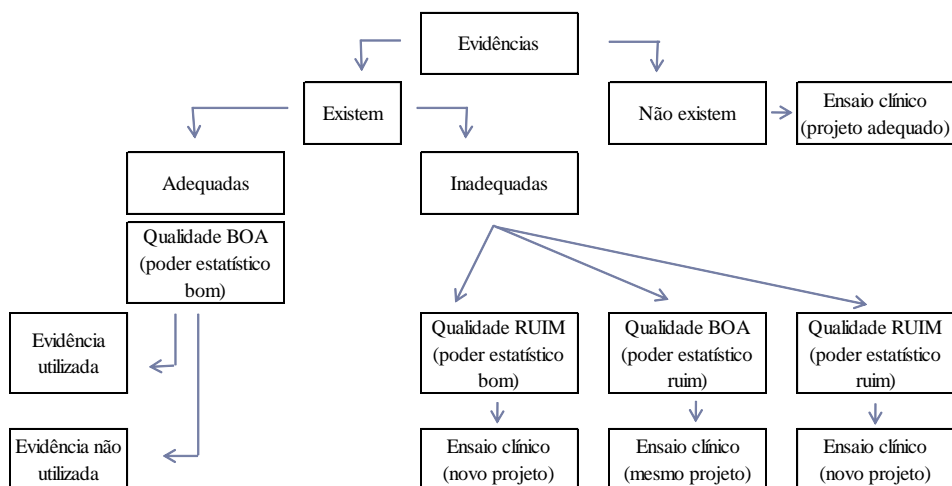


Figura 3. Possíveis resultados. Fonte: Adaptado de Castro (2010).

Nota-se que, na presença de evidências adequadas (seleção adequada de estudos) e bons resultados estatísticos, as mesmas poderão ou não ser utilizadas de acordo com a necessidade. Já na presença de evidências inadequadas podemos ter: qualidade ruim e poder estatístico bom, qualidade boa e poder estatístico ruim, qualidade ruim e poder estatístico ruim.

### 2.3.3. Técnicas de análise multivariada

#### Análise discriminante

O Quadro 2 resume as principais características da técnica.

ANÁLISE DISCRIMINANTE	
Definição	Técnica que envolve uma relação de dependência entre variáveis. Produz combinações lineares das variáveis independentes (função discriminante) que melhor discriminam os grupos estabelecidos pela variável dependente
Parâmetros	Maximização da razão entre variância entre os grupos e a variância dentro dos grupos
Exemplo	Quero prever se uma empresa irá ou não (sim ou não - variável categórica de resposta) entrar no ranking de reclamações no Procon, utilizando os dados de valor de investimento em qualidade (R\$ - escala razão), valor do investimento em atendimento ao cliente (R\$ - escala razão) e número total de clientes atendidos no ano (Quantidade - escala razão)
Variáveis de entrada	Duas ou mais variáveis independentes do tipo razão ou intervalar
Variáveis de saída	Uma variável dependente do tipo categórica de dois ou mais níveis
Premissas das variáveis de entrada	Normalidade das variáveis independentes / Linearidade das relações / Sem problemas de Multicolinearidade / Variâncias iguais nos grupos / Sem outliers
Testes para avaliar as premissas	Fazer teste de normalidade à parte / Avaliação gráfica e correlações entre as variáveis dependentes / Utilizar técnica stepwise para não incluir variáveis excessivamente correlacionadas / Box's M / Fazer análise à parte

Quadro 2. Características da técnica de análise discriminante.

#### Regressão Logística

O Quadro 3 resume as principais características da técnica.

REGRESSÃO LOGÍSTICA	
Definição	Técnica utilizada para aferição de probabilidade de ocorrência de um evento e para identificação das características dos elementos pertencentes a cada categoria estabelecida pela dicotomia da variável dependente (variável grupo)
Exemplo	Quero prever se um cliente de uma seguradora irá ou não bater o carro (sim ou não - variável categórica binária) em função de sua idade (variável métrica), seu sexo (variável categórica), o número de km percorridos por dia (variável métrica) e a cidade onde habita (variável categórica)
Variáveis de entrada	Duas ou mais variáveis independentes métricas ou não métricas (razão, intervalar, categórica usando dummy, etc)
Variáveis de saída	Uma variável dependente categórica
Premissas das variáveis de entrada	Normalidade das variáveis / Sem outliers
Testes para avaliar as premissas	Fazer teste de normalidade à parte. A técnica é robusta caso esta condição não seja satisfeita / fazer análise à parte

Quadro 3. Características da técnica de regressão logística.

#### Correlação canônica

O Quadro 4 resume as principais características da técnica.

CORRELAÇÃO CANÔNICA	
Definição	Técnica que facilita o estudo das inter-relações entre conjuntos de variáveis dependentes múltiplas e independentes múltiplas
Exemplo	Quero prever a renda (variável dependente - escala razão) e o patrimônio (variável dependente - escala razão) de um grupo de pessoas em função do número de anos de educação (variável independente - escala razão) e da idade (variável independente - escala razão)
Variáveis de entrada	Duas ou mais variáveis independentes do tipo razão
Variáveis de saída	Duas ou mais variáveis dependentes do tipo razão
Premissas das variáveis de entrada	Linearidade das correlações e da relação canônica / Normalidade multivariada / Sem outliers
Testes para avaliar as premissas	Fazer análise à parte

Quadro 4. Características da técnica de correlação canônica.

### Manova

O Quadro 5 resume as principais características da técnica.

MANOVA	
Definição	Técnica de dependência que compara as diferenças de média para duas ou mais variáveis dependentes com base em um conjunto de variáveis independentes. Extensão da análise univariada de variância (anova) com a incorporação de mais uma variável dependente
Exemplo	Quero prever se o faturamento bruto (variável dependente - escala razão) e o EBITDA (variável dependente - escala razão) de uma série de empresas de um mesmo setor é diferente em função do tipo de estrutura adotado (variável independente categórica), se a gestão financeira é centralizada ou não (variável independente categórica) e se a empresa adota algum programa de redução de custos (variável independente categórica)
Variáveis de entrada	Duas ou mais variáveis independentes do tipo categóricas ou categóricas + razão
Variáveis de saída	Duas ou mais variáveis dependentes do tipo razão (não aceita dummy)
Premissas das variáveis de entrada	Linearidade das relações / Sem problemas de multicolinearidade faltante ou excessiva / Variâncias iguais entre os grupos / Sem outliers
Testes para avaliar as premissas	Avaliação gráfica e correlações entre as variáveis dependentes / Teste de Bartlett / Box'sM / Fazer análise à parte

Quadro 5. Resumo da técnica de MANOVA.

### Conjoint Analysis

O Quadro 6 resume as principais características da técnica.

CONJOINT ANALYSIS	
Definição	Utilizando uma série de variáveis de entrada e uma variável de saída que pode ser uma nota ou um ranking, estabelecer uma função de utilidade que revele a preferência dos entrevistados
Exemplo	Quero saber qual o formato de uma loja vai fazer mais sucesso entre os clientes, considerando notas (variável dependente razão) dadas pelos clientes para as combinações entre local (variável categórica), faixas de distância do centro da cidade (variável razão categorizada) e estilos de decoração da loja (variável categórica)
Variáveis de entrada	Duas ou mais variáveis independentes categóricas
Variáveis de saída	Uma variável dependente razão
Premissas das variáveis de entrada	Grupos balanceados / Estímulos não óbvios / Estímulos viáveis do ponto de vista prático / Estímulos ortogonais / Classificação dos níveis dos estímulos
Testes para avaliar as premissas	Cada nível de cada categoria deve aparecer um mesmo número de vezes nos cartões dos estímulos / Bom senso / As variáveis

Quadro 6. Resumo da técnica de *Conjoint Analysis*.

### 3. Metodologia de pesquisa

Segundo Castro (2010), a meta análise permite aos pesquisadores a montagem de um quebra-cabeça sobre uma temática desejada. Cada trabalho é uma peça, a qual pode aparecer mais de uma vez em uma pesquisa ou pode até mesmo não aparecer nenhuma vez. Através da meta análise os pesquisadores podem realizar adequadamente uma coleta, armazenamento e análise estatística de dados. Foi realizada uma busca de trabalhos na base *ISI Web of Knowledge* através da combinação dos tópicos “*Six Sigma*” e “*Quality*”. Foi tomada a decisão de analisar apenas artigos, uma vez que eles passam por avaliação por pares de referees. A busca resultou em 270 trabalhos, entre 1988 e 2010, os quais foram tratados de acordo com o fluxo da Figura 4.

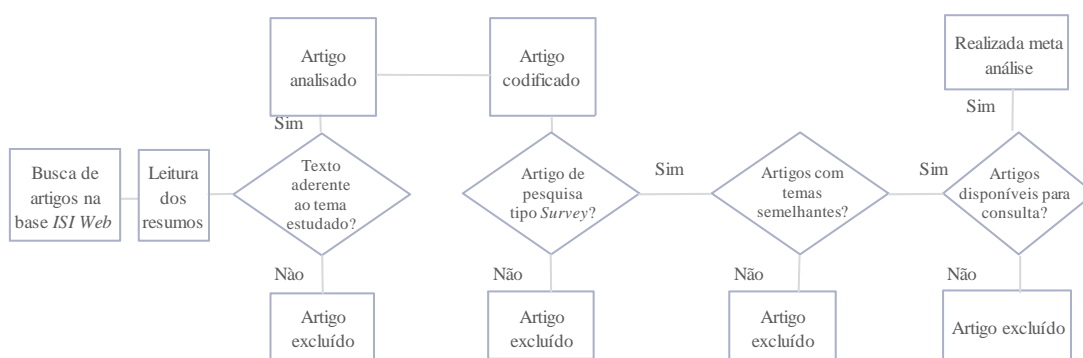


Figura 4. Tratamento dos artigos.

Após a leitura dos resumos, 38 artigos foram excluídos por não aderência ao tema Seis Sigma. Os 232 artigos restantes foram codificados: modelagem (A), teórico-conceitual (B), revisão de literatura (C), simulação (D), survey (E), estudo de caso (F), pesquisa-ação (G), experimental (H). A codificação resultou em trinta e oito artigos com pesquisa tipo E = *Survey*, dos quais onze tinham temas semelhantes e poderiam ser analisados através da meta análise. No entanto, somente seis artigos estavam disponíveis para a leitura completa, requisito necessário para o tratamento que se buscava. Estes seis artigos foram lidos integralmente identificando: tamanho das amostras; variáveis; tipos de medidas de associação; valor da medida de associação; erro padrão; *p-value*; considerações e limitações; ferramenta utilizada para inferência estatística. Outra análise foi em relação aos seguintes fatores críticos de sucesso: cultura de qualidade; seleção de projetos; envolvimento da liderança; alinhamento estratégico; envolvimento dos funcionários, aprendizado e conhecimento. Quando o erro padrão não estava disponível, este foi calculado em função do desvio-padrão e do tamanho de amostra, pela fórmula  $Erro\ padrão = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ . No caso do desvio-padrão não estar claramente indicado, o erro padrão foi calculado a partir do nível de significância (p-value), da diferença encontrada ( $\Delta$ ) e do tamanho de amostra com o uso da fórmula  $\Delta = k_{gl.sig} \cdot Erro\ padrão$ , onde K é o valor estatístico tabelado correspondente ao teste utilizado (teste t, teste F, teste z, teste  $\chi^2$ ).

### 4. Resultados da pesquisa

Da análise dos principais artigos e referências do tema Seis Sigma, percebeu-se que muitas das obras apresentaram uma visão de implantação e de casos de aplicação do programa.



Para cada um dos artigos qualificados dentro da metodologia de análise utilizada neste estudo, foi feita uma tabela contendo a síntese dos resultados quantitativos utilizados em cada trabalho para fins de avaliação estatística, de acordo com a Tabela 1.

Autor	Objetivo do Artigo	Variáveis explanatórias	Escala	Técnica
Kondic, Maglic e Samerdzic (2009)	Identificar os fatores que reduzem a aplicação do Seis Sigma em pequenas empresas	participação da liderança; tamanho da organização; conhecimento	ordinal	Correlação
Kumar & Antony (2008)	Identificar um padrão histórico de evolução das iniciativas de seis sigma como TQM, ISO, Lean, Seis Sigma e sua relação com desempenho sobre o universo de pequenas e médias empresas no Reino Unido	envolvimento e comprometimento da liderança; comunicação; ligação da seis sigma com o empregado; mudança cultural, educação e treinamento; ligação do seis sigma com o cliente; seleção de projetos; ligação do seis sigma com o negócio; ligação do seis sigma com os fornecedores; habilidade em gestão de projetos; infra-estrutura organizacional; visão e planejamento; TI e inovação	ordinal	Estatística descritiva
Van Iwaarden <i>et al.</i> (2008)	Identificar a variação de significado, formas e requisitos de implantação e resultados do uso do Seis Sigma em três diferentes países	resultados positivos dos projetos Seis Sigma; continuidade do apoio da liderança; envolvimento dos donos de processo na seleção dos projetos; efetiva e frequente comunicação do progresso do Seis Sigma; encorajamento do uso das ferramentas aprendidas em ações de melhoria; registro dos ganhos financeiros; asseguramento que as necessidades dos clientes internos e externos foram atendidas; ligar o Seis sigma com outras iniciativas de seis sigma; integrar o seis sigma no sistema de gestão da seis sigma; estabilidade nas posições de alta liderança; desempenho positivo do negócio; aumento da competição no mercado; aumento das ferramentas e técnicas utilizadas pelo seis sigma; pressão do mercado por preço	escala likert 5 pontos	Testes t
Antony, Kumart e Labib (2008)	Aplicação da metodologia Seis Sigma em empresas de pequeno e médio porte	envolvimento e comprometimento da liderança; comunicação; ligação da seis sigma com o empregado; mudança cultural; educação e treinamento; ligação do Seis Sigma com o cliente; seleção de projetos; ligação do Seis Sigma com o negócio; ligação do Seis Sigma com os fornecedores; habilidade em gestão de projetos; entendimento da metodologia Seis Sigma visão e planejamento; TI e inovação		Estatística descritiva
Cheng (2007)	Analisar as atividades Seis Sigma na indústria de Taiwan	estratégia; projetos; treinamento; clientes	razão	ANOVA
Davison e Al-Shaghana (2007)	Discutir influências do Seis Sigma	demonstração de compromisso com o Seis Sigma; criação de preocupação com o Seis Sigma; treinamento, participação dos empregados; avaliação de desempenho baseada em critérios de Seis Sigma	razão	Mann-Whitney

Tabela 1: Síntese dos achados das variáveis definidas nos artigos.

## 4.2. Resultados do conjunto de artigos avaliado

A partir do conjunto de artigos, foram encontrados fatores críticos de sucesso para os Projetos Seis Sigma, sendo que foi possível identificar seis variáveis tratadas por mais de um autor, as quais são: cultura de qualidade, seleção de projetos, envolvimento da liderança, alinhamento estratégico, envolvimento dos funcionários e aprendizado e conhecimento, conforme pode ser visto nas Tabelas 2 e 3.

Fator crítico de sucesso		cultura de qualidade			seleção de projetos			envolvimento da liderança			alinhamento estratégico			envolvimento dos funcionários			aprendizado e conhecimento		
Trabalho	N	valor	erro	P-value	valor	erro	P-value	valor	erro	P-value	valor	erro	P-value	valor	erro	P-value	valor	erro	P-value
Van Iwardeen et al (2008)	230 (29)	0,52	0,35	0,07	0,50	0,38	0,10										1,23	0,63	0,10
Kumar & Antony (2008)	17	1,19	0,26	0,00	0,97	0,22	0,00	0,76	0,19	0,00	0,86	0,17	0,00	1,08	0,23	0,00	1,00	0,25	0,00
Kondic et al (2006)*	10							1,65	0,21								2,25	0,27	
Antony et al (2008)**	60	3,60			3,80			4,50			4,40			2,60			3,80		
Cheng (2007)***	19				7,00	0,50					9,00	0,23					6,57	0,77	
Davison & Al-Shagana (2007)	183	0,20		0,05										0,30		0,01	0,20		0,05

\* não será considerado devido à métrica se encontrar em postos

\*\* não será considerado por não possuir os coeficientes estatísticos para a análise

\*\*\* não será considerado por possuir valores em médias puras e não efeito de diferença de médias

Tabela 2. Fatores críticos de sucesso encontrados em mais de uma referência.

Estudo	Tamanho de amostra	Variável	Tipo de medida de associação	Valor da medida de associação	erro padrão	p- value	Considerações e limitações	Ferramenta utilizada para inferência estatística
Van Iwardeen et al (2008)	230	criação de uma cultura de qualidade		0,52	0,348	0,068	nível de importância de 0-5, comparado com o score de 3,00	teste t
	230	maturidade na gestão da qualidade		0,39	0,261	0,068		
	29	critérios claros sobre quais projetos devem ser conduzidos por meio de projetos Seis Sigma		0,50	0,381	0,100	nível de importância de 0-5 nos EUA, comparado com o score dos demais países	Anova
	29	aumentar continuamente o grupo de ferramentas, técnicas e sistemas empregados nos projetos		1,23	0,633	0,100		
	29	estabilidade nas altas posições executivas		0,65	0,496	0,100		
Kumar & Antony (2008)	17	envolvimento e comprometimento da liderança	Diferença de média	0,76	0,193	0,000	nível de importância de 0-5, comparado com a auto-avaliação de desempenho atual	Teste t
	17	comunicação		1,11	0,261			
	17	ligação da qualidade com os funcionários		1,08	0,229			
	17	mudança cultural		1,19	0,259			
	17	educação e treinamento		1,00	0,255			
	17	ligação da qualidade com o cliente		0,86	0,216			
	17	seleção de projetos		0,97	0,218			
	17	ligação da qualidade com o negócio		0,86	0,165			
	17	ligação da qualidade com o fornecedor		1,17	0,153			
	17	habilidade em gestão de projetos		0,86	0,176			
	17	infraestrutura organizacional		0,40	0,040			
	17	visão e planejamento		0,51	0,139			
	17	TI e inovação		0,66	0,207			
Kondic et al (2006)	10	participação da liderança	Ranking médio de postos	1,65	0,208	0,003	média dos postos dos fatores priorizados com distribuição normalizada	Teste de postos de Friedman
	10	tamanho da organização		2,15	0,208			
	10	conhecimento		2,25	0,271			
Antony et al (2008)	60	envolvimento e comprometimento da liderança	Média	4,50	A		Valores médios dos respondentes	
	60	infraestrutura organizacional		4,00				
	60	mudança cultural		3,60				
	60	treinamento		3,80				
	60	ligação do seis sigma com os clientes		4,30				
	60	ligação do seis sigma com a estratégia de negócios		4,40				
	60	ligação do seis sigma com os funcionários		2,60				
	60	ligação do seis sigma com os fornecedores		3,30				
	60	entendimento da metodologia Seis Sigma		3,90				
	60	habilidade em gestão de projetos		3,60				
60	priorização e seleção de projetos	3,80						
Cheng (2007)	19	fator estratégico		9,00	0,229	0,010	Valores médios dos respondentes, comparado apenas entre países sem comparação entre os fatores	Anova
	19	fator projetos		7,00	0,496			
	19	fator treinamento		6,57	0,770			
	19	fator clientes		7,31	0,470			
Davison & Al-Shagana (2007)	183	trabalho em equipe	Diferença de média	0,40	A	0,050	diferença de médias entre empresas utilizadoras e não utilizadoras de Seis sigma	Mann-Whitney
	183	empowerment		0,30				
	183	parceria com fornecedores		0,30				
	183	inovação e aprendizado		0,20				
	183	cultura de qualidade		0,20				

A valores estimados a partir de gráficos no artigo

\* calculado a partir da diferença encontrada e do nível de significância

\*\* calculado a partir da diferença encontrada e supondo nível de significância de 0,0001

\*\*\* calculado a partir do desvio padrão e tamanho de amostra

Tabela 3: Fatores críticos de sucesso encontrados nos artigos e sua contribuição estatística.

## 5. Discussão dos resultados

Do ponto de vista do arcabouço teórico que respalda a análise estatística de resultados de pesquisas quantitativas, é possível perceber a subutilização das técnicas estatísticas multivariadas. O estudo de Cheng (2007), por exemplo, ao possuir variáveis dependentes e independentes do tipo quantitativa, seria elegível para o uso da técnica de correlação canônica. Estudos como o de Davison e Al-Shagana (2007) e Kumar e Antony (2008), ao comparar o comportamento de variáveis independentes quantitativas em categorias binomiais, poderiam utilizar-se da técnica de regressão logística. Já o estudo de Van Iwardeen *et al.* (2008), embora tenha o mesmo tipo de variáveis de Davison e Al-Shagana (2007) e Kumar e Antony (2008), possui variável independente de múltiplos níveis, o que levaria a indicação de uso da técnica de análise discriminante. Nota-se também que do ponto de vista estatístico, em todos os trabalhos a representação dos resultados levantados foi excessivamente resumida, levando a que dados importantes como desvio-padrão, erro-padrão, valores de estatísticas  $t$ ,  $z$ ,  $F$ ,  $p$ -value e intervalos de confiança não fossem representados dentro dos artigos, diminuindo a capacidade do leitor de entender os reais impactos das diferenças encontradas.

Muitos dos trabalhos acadêmicos que relacionam Seis Sigma à Gestão de Portfólio de Projetos trataram de métodos para seleção de projetos Seis Sigma, partindo-se da necessidade de que tal seleção refletisse necessidades estratégicas da organização. Gijo e Rao (2005) discutiram as dificuldades e obstáculos na implementação do programa Seis Sigma, enumerando entre elas a questão da seleção de projetos, seu alinhamento com a estratégia e a participação da liderança. Kharaman e Büyüközkan (2008) apresentam um método de seleção de projetos que contemplou múltiplos objetivos, considerando maximização de benefícios financeiros; capacidade de processos; satisfação de clientes e minimizando tempo de ciclo dos projetos; risco e custos, utilizando AHP e lógica *fuzzy*. Yang e Hsieh (2009) propuseram o método *delphi fuzzy* multicritérios para a avaliação dos projetos, considerando além das necessidades colocadas pelos gestores e do impacto financeiros dos projetos, incorporando os critérios de prêmios e certificações de qualidade como ponderação da seleção dos projetos.

## 6. Conclusões

Do trabalho realizado, foi possível concluir que alguns autores têm tratado de explorar os fatores críticos de sucesso do Seis Sigma baseados na literatura corporativa e nos fundamentos de qualidade que embasam o Seis Sigma. Poucos estudos quantitativos foram realizados e um número muito extenso de variáveis foi utilizado. Devido às limitações de tamanho de amostra, nem todos os fatores puderam ser explorados a contento. Do ponto de vista estatístico, outra limitação foi a escolha de ferramentas adequadas. Considerando a apresentação dos dados, a apresentação incompleta dos dados dos estudos foi um obstáculo importante ao estudo de validade estatística.

Numa abordagem relacionada ao tema, identificaram-se seis fatores comuns. Destes, quatro puderam ser comparados: cultura da qualidade, envolvimento dos funcionários, seleção de projetos e treinamento e aprendizado. De todos os fatores, a meta análise demonstrou que todos são estatisticamente significativos no conjunto dos estudos e que o que produz a maior diferença entre médias foi a seleção de projetos, mostrando que um dos diferenciais entre o Seis Sigma e as iniciativas de qualidade é sua integração com a Gestão de Portfólio de

Projetos. Uma limitação deste estudo é a utilização de estimativas para o cálculo do erro-padrão. Outra limitação é a dificuldade de tratar dados medidos em escalas e unidades distintas, o que reduziu o número de estudos que pôde ser incluído em cada uma das meta análises realizadas.

## Referências Bibliográficas

**ANTONY, J. & BANUELAS, R.** *Key ingredients for the effective implementation of six sigma program.* Measuring Business Excellence. Vol. 6, n. 4; p. 20-27, 2002.

**ANTONY, J.; KUMART, M. & LABIB, A.** *Gearing Six Sigma into UK manufacturing SMEs: Results from a pilot study.* Journal of the Operational Research Society. Vol. 59, p. 482-493, 2008.

**CHENG, J.** *Comparative Study of Local and Transnational Enterprises in Taiwan and their Implementation of Six Sigma.* Total Quality Management. Vol. 18, n. 7, p. 793-806, 2007.

**CORONADO, R. B. & ANTONY, J.** *Critical success factors for the successful implementation of six sigma.* The TQM Magazine. Vol. 14, n. 2, p. 92-99, 2002

**DAVISON, L. & AL-SHAGHANA, K.** *The Link between Six Sigma and Quality Culture – An Empirical Study.* Total Quality Management. Vol. 18, n. 3; p. 249-265, 2007.

**FILIPPINI, R.** *Operations management research: some reflections on evolution, models and empirical studies in OM.* International Journal. Vol. 17, n. 7, p. 655-670, 1997.

**FORZA, C.** *Survey research in operations management: a process-based perspective.* International Journal of Operations & Production Management. Vol. 22, n. 2, p. 152-194, 2002.

**GJO, E.V. & RAO, T.S.** *Six Sigma implementation - Hurdles and more hurdles.* Total Quality Management & Business Excellence. Vol. 16, n. 6, p. 721-725, 2005.

**GOH, T.N.** *A strategic assessment of Six Sigma.* Quality and Reliability Engineering International. Vol. 18, n. 5, p. 403-410, 2002.

**HAIR, Jr., J.F.** *Análise Multivariada de dados.* Porto Alegre: Bookman, 2009.

**HAIR, Jr.; J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L. & BLACK, W.C.** *Multivariate Data Analysis with Readings.* Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1995.

**HARRY, M. & LINSENMANN, D.** *The Six Sigma Fieldbook.* New York: Currency Doubleday. 2006.

**HOERL, R.** *Six Sigma black belts: what do they need to know?* Journal of Quality Technology. Vol. 33, n. 4, 2001.

**KAHRAMAN, C. & BUYUKOZKAN, G. A.** *Combined Fuzzy AHP and Fuzzy Goal Programming Approach for Effective Six-Sigma Project Selection.* Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing. Vol. 14, N. 6, 2008.

**KAYNACK, H.** *The relationship between total quality management practices and their effects on firm performance.* Journal of Operations Management. Vol. 21, p. 405-435, 2003.

**KONDIC, Z.; MAGLIC, L. & SAMERDZIC, I.** *Analysis and ranking of factors impacting application of the 6 sigma – Methodology in small production organizations using the prior factor ranking method.* Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette. Vol. 16, n. 2, p. 17-25, 2009.

**KUMAR, M. & ANTONY, J.** *Comparing the quality management practices in UK SMEs.* Industrial Management & Data Systems. Vol. 108, n. 9, p. 1153-1166, 2008.

**KWAK, Y.H. & ANBARI, F.T.** *Benefits, obstacles, and future of six sigma approach.* Technovation. P. 1-8, 2004.

**LINDERMAN, K.; SCHROEDER, R.G.; ZAHEER, S. & CHOO, A.S.** *Six Sigma: a goal-theoretic perspective.* Journal of Operations Management. Vol. 21, p. 193-203, 2003.

**PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P. & CAVANAGH, R. R.** *Estratégia seis sigma – Como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho.* Rio de Janeiro: Qualitymark, 2000.

**PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P. & CAVANAGH, R. R.** *Estratégia Seis Sigma.* Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

**PYZDEK, T.** *Uma ferramenta em busca do defeito zero.* HSM Management. N. 38, p. 63-70, 2003.

**RAISINGHANI, M.S.; ETTE, H.; PIERCE, R. CANNON, G. & DARIPALV, P.** *Six Sigma: concepts, tools, and applications.* Industrial Management & Data Systems. Vol. 105, n. 3-4, p. 491-505, 2005.

**ROTONDARO, R.G.** *Seis Sigmas: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços.* São Paulo: Atlas, 2002.

**SCHROEDER, R.G.; LINDERMAN, K.; LIEDTKE, C. & CHOO, A.S.** *Six sigma: Definition and underlying theory.* Journal of Operations Management. 2007.

**SNEE, R. D.** *Dealing with the Achilles heel of Six Sigma initiatives.* Quality Progress. Vol. 34, n. 3, p.66, 2001.

**VAN IWAARDEN, J.; VAN DER WIELE, T.; DALE, B.; WILLIAMS, R. & BERTSCH, B.** *The six sigma improvement approach: a transnational comparison.* International Journal of Production Research. Vol. 46, n. 23, p. 6739-6759, 2008.

**YANG, K.** *Design for Six Sigma and value creation.* Manufacturing Engineering. Vol. 1, n. 4, 2005.

**YANG, T. HSIEH, C.** *Six-Sigma project selection using national quality award criteria and Delphi fuzzy multiple criteria decision-making method, Expert Systems with Applications.* An International Journal. Vol. 36, n. 4, p. 7594-7603, 2009.

**YEUNG, A.C.L.; CHENG, T.C.E. & LAI, K.** *An operational and institutional perspective on total quality management.* Production and Operations Management. Vol. 15, n. 1, p. 156-170, 2006.

**ZU, X.; FREDENDALL, L.D. & DOUGLAS, T.J.** *The evolving theory of quality management: The role of Six Sigma.* Journal of Operations Management. Vol. 26, p. 630-650, 2008.