

19 a 21 de outubro Ponta Grossa - PR - Brasil

SEIS SIGMA: REVISÃO DA LITERATURA E TENDÊNCIAS DE FUTURO

SIX SIGMA: LITERATURE REVIEW AND FUTURE TRENDS

ÁREA TEMÁTICA: GESTÃO DE OPERAÇÕES E LOGÍSTICA

Maurício Valdson da Silva Barreira, UNESP, Brasil, mauricio.barreira@unesp.br

Thiago Mársis Braga Diniz, UNESP, Brasil, thiago.marsis@unesp.br

Resumo

O Seis Sigma nasceu há 32 anos e desde então tem sido adotado por empresas em todo o mundo, contribuindo para o aumento de sua competitividade. Durante esse período tem sofrido diversos avanços e adaptações, tornando-se um modelo adequado ao contexto de cada época e sendo objeto de estudos e pesquisas científicas em toda a comunidade acadêmica. Diante desse fato e pelo nível de importância que possui no ambiente corporativo, este trabalho realizou uma revisão teórica desta teoria, baseada em trabalhos nacionais e internacionais dos últimos 20 anos e estruturando um modelo conceitual com base do 5W1H (*What, Why, When, Where, Who, How*). Busca-se assim, proporcionar uma importante base teórica para estudos e pesquisas na área. Além disso, realizou-se uma análise das tendências do programa diante das várias teorias emergentes no contexto mundial.

Palavras-chave: Seis Sigma; Revisão; Tendências;

Abstract

Six Sigma was born 32 years ago and since then it has been adopted by companies around the world, contributing to increase its competitiveness. During this period it has undergone several advances and adaptations, becoming an appropriate model for the context of each era and being the object of scientific studies and research in the entire academic community. Given this fact and the level of importance that it has in the corporate environment, this work carried out a theoretical review of this theory, based on national and international works of the last 20 years and structuring a conceptual model based on 5W1H (*What, Why, When, Where, Who, How*). Thus, it seeks to provide an important theoretical basis for studies and research in the area. In addition, an analysis of the program's trends was carried out in the face of the various theories emerging in the world context.

Keywords: *Six Sigma; Review; Trends*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente as empresas têm buscado formas de melhorar seu desempenho, reduzir custos e aumentar cada vez mais a satisfação de seus clientes. Diante deste cenário, o Seis Sigma tem experimentado um aumento tanto na sua popularidade, quanto na sua aplicação em todo o mundo (DROHOMERETSKI et al, 2014), e se apresentado como uma estratégia eficiente para o alcance destes objetivos, mostrando através de resultados eficazes e ganhos financeiros elevados, que não é mais um modismo, mas uma alternativa real e positiva de aumento da qualidade e da produtividade.

Segundo a American Society of Quality (ASQ), o Seis Sigma é um método que fornece ferramentas às organizações para melhorar a capacidade de seus processos de negócios (ASQ,

2020), voltado a melhorar a lucratividade de qualquer empresa (HAN e LEE, 2002) e com a finalidade de aumentar a participação de mercado, reduzir custos e otimizar as operações da empresa que o utiliza (BREYFOGLE et al, 2001). É capaz de impulsionar o sucesso de uma entidade, além de promover uma relação eficaz entre os processos de nível estratégico aos processos de suporte e operacionais, gerando um impacto tanto na formulação, quanto na implementação da estratégia competitiva da organização (SANTOS et al, 2010).

Desde seu surgimento, no ano de 1988, o Seis Sigma ganhou notoriedade pelos seguidos cases de sucesso em organizações do mundo inteiro. Nesse tempo, tem sido objeto de constante estudo científico e sofrido diversas mudanças e adaptações. Um exemplo é sua integração com o Lean Manufacturing, introduzido na literatura a partir de 2000 e consolidado em 2003 (ANTONY et al, 2017), além de outras iniciativas híbridas com outros modelos de gestão. Junto a isso, os vários estudos relatando a aplicação do Seis Sigma em diferentes segmentos também têm contribuído com conhecimento relevante para a descoberta de novas possibilidades do uso desta técnica.

Paralelo a esta atualização, o mundo vem sofrendo mudanças significativas relacionadas ao advento da indústria 4.0 e às novas estratégias de negócio, necessárias ao atendimento de um novo perfil do consumidor. Esse fato impõe novas perspectivas ao uso do Seis Sigma nas organizações que merecem ser discutidas e analisadas.

Nesse sentido, o presente trabalho apresenta uma revisão da literatura que integra os diversos aspectos da teoria sobre Seis Sigma, compondo uma estrutura conceitual com base no modelo 5W1H (What, Why, When, Where, Who, How). Além disso, discute perspectivas futuras da aplicação da teoria diante das novas tendências mundiais.

A base de dados foi constituída, por artigos científicos dos últimos 20 anos indexados às principais plataformas acadêmicas, obtidos por meio de pesquisa nas plataformas Scielo (www.scielo.org), Scopus (www.scopus.com) e Google Academics (www.scholar.google.com.br), livros sobre o tema, além de sites de associações de referência como a American Society of Quality (ASQ) e a Six Sigma Academy.

O artigo visa proporcionar uma base conceitual completa e atualizada, contribuindo como fonte de referência para estudos e pesquisas na área.

2. HISTÓRICO DO SEIS SIGMA

O surgimento do Seis Sigma foi na Motorola na década de 80. Segundo Zhang et al (2020), naquela época uma alta quantidade de produtos falhava em atender às necessidades do cliente, gerando refugos, retrabalhos, serviços de correção em campo e convocações para recall. Além disso, enfrentava uma grande concorrência das empresas japonesas, que ofereciam ao mercado produtos com menor preço e alta qualidade (NIÑEROLA et al, 2019).

Após o desenvolvimento e aplicação em sua fábrica, a Motorola apresentou a nova técnica e seus resultados no Prêmio Nacional de Qualidade Malcolm Baldrige em 1988, sagrando-se o vencedor da competição, o Seis Sigma tornou-se conhecido a nível mundial (Drohomeretski et al, 2016).

Utilizando ferramentas conhecidas de qualidade, estatística, e novos conceitos de gestão, seu objetivo era fabricar produtos com qualidade superior e a preços menores que seus concorrentes. Sua grande vitrine, porém, ocorreu na General Electric (GE), que em 1999 registrou mais de US\$ 1,5 bilhão em ganhos (SILVA et al, 2020). Além disso, a aplicação na GE acarretou em significativos incrementos de novas técnicas e práticas, fazendo com que o Seis Sigma se tornasse um importante componente da estratégia e cultura de negócios da empresa (ZHANG et al, 2020). Sua utilização no Brasil ocorreu em 1997 no Grupo Brasmotor, que registrou ganhos de R\$ 20 milhões em 1999 (WERKEMA, 2004; SILVA et al, 2020). Em 2007, já estava sendo utilizado por 53 das 500 maiores empresas da revista Fortune e 82% das 100 maiores, apresentando um ganho de R\$ 427 bilhões de dólares em 20 anos de criação (JESUS, 2015).

3. WHAT – O QUE É O SEIS SIGMA

O Seis Sigma tem sua origem fundamentada na estatística e no controle de qualidade sob o conceito de reduzir a variabilidade do processo para aumentar a qualidade dos produtos (MARTIN et al, 2016). De acordo com Toledo (2014), tem passado por constantes modificações desde sua concepção até os dias atuais, evoluindo de uma simples meta de desempenho de processos para uma abordagem estratégica com foco no cliente que procura atingir a melhoria contínua dos processos, reduzindo sua variabilidade e a ocorrência de defeitos.

Rodrigues (2016) afirma que a definição do Seis Sigma obedecia uma forte abordagem estatística nos trabalhos produzidos nos anos 90. Evoluindo, a partir dos anos 2000, para uma abordagem estratégica.

Na literatura, as diversas definições apresentam o Seis Sigma ora como uma técnica, ora como metodologia, programa, estratégia ou filosofia.

Desse modo, nesse trabalho trataremos a definição do Seis Sigma a partir de duas abordagens: a técnica ou estatística e a de negócios.

3.1 Abordagem técnica ou estatística

A abordagem técnica ou estatística define “Seis Sigma” como um padrão de desempenho de qualidade, que confere um reduzido nível de variabilidade ao processo diante dos limites de especificação de um produto, acarretando em uma probabilidade de produzir itens defeituosos de apenas 3,4 unidades por cada milhão de peças produzidas, e um grau de conformidade dos produtos de 99,9999998% (WERKEMA, 2004; BERTOLACCINI et al, 2015; RODRIGUES et al, 2016). Sigma é uma letra grega representada pelo símbolo “ σ ” usada pela estatística para representar o desvio padrão de uma distribuição. Dessa forma, o sigma é uma estatística que quantifica a variabilidade ou não-uniformidade existente em um processo (WERKEMA, 2004).

Um processo que alcança o nível de qualidade Seis Sigma possui alta capacidade e se aproxima do “zero defeito” (ZHANG et al, 2020).

3.2 Abordagem de Negócios

Ao longo do tempo, o Seis Sigma foi avançando em seu conceito e abrangência, à medida que seus projetos fortaleciam a estratégia competitiva da empresa e focavam na satisfação do cliente. Dessa forma, passou a assumir um papel cada vez mais estratégico nas organizações.

A transição do Seis Sigma da abordagem puramente técnica para uma de negócios foi em grande parte influenciada pela General Electric e seu antigo CEO, Jack Welch, no final do século 20. O mesmo percebeu no Seis Sigma uma grande oportunidade de sucesso e comandou a sua implantação em toda a organização.

Conforme Antony et al (2017), Welch disse aos analistas de Wall Street que o Seis Sigma seria a maior iniciativa de todos os tempos lançado pela GE e que essa seria sua prioridade número um pessoal nos próximos cinco anos. Mesmo antes de os resultados começarem a chegar, as ações da GE começaram a subir acentuadamente, e muitas outras empresas começaram a examinar mais de perto o Seis Sigma que passou, a partir daí, a ser visto como uma estratégia de negócios altamente benéfica para o sucesso empresarial.

A abordagem de negócios do Seis Sigma é realizada nas empresas a partir:

- a) Do forte envolvimento da alta gestão em todas as fases de implantação e realização da estratégia na organização;
- b) Da condução disciplinada de um programa de projetos com diferentes complexidades, executado nos níveis tático e operacional, alinhados à estratégia de negócios da empresa e direcionados à satisfação da necessidade dos clientes;
- c) Da formação de uma estrutura hierárquica de gestores e especialistas técnicos, capacitados nas técnicas e ferramentas estatísticas, para liderança e condução desses projetos;
- d) Da disseminação de uma cultura organizacional que incentive a melhoria contínua e a redução de custos em todos os níveis.

A partir da análise da literatura e da definição de vários autores, pode-se elaborar um conceito integrado do Seis Sigma como sendo um sistema organizado, disciplinado, baseado em fatos, dados e análise estatística, que busca a melhoria do desempenho dos processos de negócio, com base em uma metodologia bem estruturada de solução de problemas para reduzir a variação dos produtos e serviços, uma estrutura de aprendizagem decorrente da alta capacitação técnica, comprometimento das pessoas e foco nos fatores críticos para a satisfação dos clientes e aumento da lucratividade de uma empresa (PANDE et al, 2001; WERKEMA, 2004; SANTOS, 2006; DHIRAJ e DEEPAK, 2014; PENDOKHARE et al, 2015; ANTONY et al, 2017; MACHFUD e ATIKA, 2019; SILVA et al, 2020).

Atualmente Seis Sigma é o que há de mais novo na literatura de gestão da qualidade e é frequentemente implementado na forma de um Programa de Melhoria (ZHANG et al, 2020).

4. WHY – POR QUE IMPLANTAR O SEIS SIGMA

Pesquisas realizadas em empresas que implantaram o Seis Sigma apontam melhorias significativas na sua competitividade. Os benefícios apontados na literatura são muitos e podem ser tangíveis e intangíveis, referindo-se a empresas tanto industriais quanto de serviços. Abaixo segue uma lista de benefícios extraídos de diversos artigos analisados, que trataram de pesquisas sobre o programa em âmbito nacional e internacional (ANDRIETTA e MIGUEL, 2007; ABOELMAGED, 2010; FURSULE et al, 2012; WERKEMA, 2012; GALVANI e CARPINETTI, 2013; DROHOMERETSKI et al, 2014; SELVI e MANJUMDAR, 2014; PENDHOKARE et al, 2015; DESHPANDE, 2016; FREITAS et al, 2016; NIÑEROLA et al, 2019; SILVA et al, 2020; ZHANG et al, 2020).

- Melhoria de fatores competitivos como velocidade, qualidade, confiabilidade, flexibilidade, redução de custos e inovação;
- Melhoria na sustentabilidade organizacional, com significativos ganhos financeiros e aumento da lucratividade;
- Redução ou eliminação de desperdícios, da variabilidade dos processos e do índice de defeitos, gerando um aumento da qualidade dos produtos e serviços;
- Aumento da produtividade, eficiência e eficácia da empresa;
- Mudança da cultura organizacional, promovendo e difundindo a aprendizagem e gerando o envolvimento de todas as pessoas da empresa em seus diferentes níveis hierárquicos;
- Aumento da satisfação do cliente interno e externo;
- Aumento da vantagem competitiva;
- Prioriza as decisões baseadas em fatos e dados e provê um padrão disciplinado de análise e solução de problemas, utilizando poderosas ferramentas estatísticas;

Entre os benefícios citados, talvez o mais atrativo para a alta gestão empresarial sejam os ganhos financeiros. Fato que tem impulsionado a procura e o investimento de muitas organizações para implantarem o programa. Silva et al (2020), fez uma pesquisa sobre os benefícios do Seis Sigma na indústria brasileira a partir da análise dos trabalhos de vários autores nacionais, e indica que existe uma proporção mínima de ganhos de 10 vezes em relação ao valor investido e um valor médio de ganhos por projeto entre R\$ 50.000,00 e R\$ 200.000,00. Werkema (2012), porém, indica que os ganhos têm superado a proporção de 15 vezes o valor investido.

Apesar de não ser possível indicar um padrão de ganho financeiro, devido às peculiaridades de cada empresa, é notório que a implantação do programa traz vantagens financeiras muito interessantes e atraentes. O cabeçalho da primeira página deverá conter a logo do evento.

5. WHEN – PRAZOS RELACIONADOS AO SEIS SIGMA

Nesta seção aborda-se alguns fatores do Seis Sigma relacionados ao tempo e que estão associados a algumas características do programa.

Quanto ao tempo de treinamento dos especialistas (belts), Werkema (2004) informa que o tempo que as empresas dedicam a capacitação dos seus especialistas varia de 120 a 170 horas. O trabalho conduzido por Andrietta e Miguel (2007) relata que o tempo investido para capacitação nas empresas pesquisadas foi de até 200 horas para os green belts e master black belts e de 201 a 400 horas para os black belts.

Outro importante fator refere-se ao tempo de dedicação dos profissionais ao programa. Werkema (2004) indica um percentual necessário de dedicação de 100% do tempo para os master black belts, 60% para os black belts e 35% para os green belts. Andrietta e Miguel (2007) encontraram resultados de dedicação exclusiva dos master black belts em 35% das empresas pesquisadas e dos black belts em 25%. Trad e Maximiano (2009), informa que 39,5% dos black belts respondentes de sua pesquisa têm dedicação integral. Entre aqueles que possuem dedicação parcial, 43,5% dos respondentes dedicam até 20% de seu tempo ao programa.

Quanto ao tempo médio dos projetos, segundo Werkema (2004) eles têm uma duração média de 4 a 6 meses quando usam o DMAIC e de 6 a 12 meses ao usar o DMADV. O trabalho de Andrietta e Miguel (2007) indicou que cerca de 23% das empresas desenvolvem até 5 projetos por ano; cerca de 20% de 6 a 10; aproximadamente 16% de 11 a 20; 9% de 21 a 30 e aproximadamente 17% dos respondentes executam acima de 50 projetos.

Quanto ao fator relacionado a implantação do programa na empresa, Trad e Maximiano (2009) explicam que as empresas pesquisadas que têm um grau de percepção maior dos benefícios gerados pelo Seis Sigma estão entre 3 e 5 anos de implantação, indicando um maior nível de maturidades destas organizações.

6. WHERE – ONDE IMPLANTAR O SEIS SIGMA

O Seis Sigma pode ser aplicado em empresas industriais e de serviços em diversos segmentos e, internamente, em todos os setores e processos (SILVA et al, 2020).

Sua origem na Motorola direcionou sua aplicação inicial em empresas do ramo industrial. Segundo Pande et al (2001), há relatos de êxito na aplicação do programa em empresas como Allied Signal, Texas, Asea Brown Boveri, Black & Decker, Bombardier, Dupont, Dow Chemical, Federal Express, Johnson & Johnson, Kodak, Navistar, Polaroid, Seagate Technologies, Siebe Appliance Controls, Sony, Toshiba e muitas outras.

Apesar disso, conforme Niñerola et al (2019) e Martin et al (2016), diversas publicações têm sido feitas apresentando implantações bem-sucedidas do programa em áreas como educação, gestão pública, meio-ambiente, transporte de cargas e passageiros, instituições financeiras, instituições de saúde, indústria automotiva e construção civil. Dhiraj e Deepak (2014), confirmam essa afirmação apresentando exemplos de empresas que têm sido bem-sucedidas na implantação do programa:

- Indústrias: General Electric, Boeing, DuPont, Toshiba, Seagate, Allied Signal, Kodak, Honeywell, Texas Instruments, Sony, etc.
- Instituições Financeiras: Bank of America; American Express; GE Capital Corp., JP Morgan Chase e SunTrust Banks;
- Instituições de Saúde: University of Texas MD Anderson Cancer Center;
- Construção civil: Bechtel Corporation.

Na pesquisa conduzida por Endler et al (2016) ele afirma que aplicações no segmento de saúde (Health Care), onde o nível de precisão é extremamente alto, representam 72% das publicações analisadas.

O Seis Sigma também pode ser aplicado em diferentes áreas de conhecimento. O estudo realizado por Santos Filho et al (2017) mostra aplicações do programa nas áreas de Gestão da Produção, Gestão da Qualidade, Gestão Econômica, Pesquisa Operacional, Gestão Estratégica, etc.

7. WHO – QUEM SÃO OS ATORES DO SEIS SIGMA

Para que a estratégia Seis Sigma possa ser bem aplicada, existem pessoas chave envolvidas em todo este processo e que tenham responsabilidades e competências para a realização de todas as atividades necessárias ao perfeito funcionamento do programa (WERKEMA, 2004). Estas pessoas são os patrocinadores, responsáveis pelo planejamento e definição da estratégia Seis Sigma, e os especialistas, responsáveis por conduzir e liderar projetos de melhoria que visem reduções de custo e o alcance das metas estabelecidas pelos patrocinadores. Além disso, possuem a missão de disseminarem a visão e a cultura de qualidade e melhoria contínua na organização, sendo participantes ativos nas atividades internas de difusão do programa (SANTOS e MARTINS, 2010).

Conforme Marzagão e Carvalho (2016, p.611), “a estrutura do programa é organizada em níveis de proficiência dos especialistas nos métodos, ferramentas e técnicas Seis Sigma, e na dedicação do especialista ao programa”. Segundo Seleme et al (2016), essa estrutura de profissionais com funções bem definidas, é um diferencial do programa.

Dentre os patrocinadores, destacam-se três funções principais (WERKEMA, 2004; WERKEMA, 2012; SELEME, 2016):

- Sponsor – é o principal executivo da empresa e tem a função de definir as diretrizes e metas estratégicas para a implantação do Seis Sigma na organização.
- Champion – É uma pessoa com elevado nível de conhecimento e comprometimento organizacional. Normalmente, é um membro da gerência, e é responsável por apoiar os projetos e torná-los viáveis, fornecendo todo o suporte para que os resultados sejam alcançados.

Dentre os especialistas, destacam-se as seguintes funções (WERKEMA, 2004; MAUKIEWICZ e SUSKI, 2009; WERKEMA, 2012; MARZAGÃO e CARVALHO, 2016; SELEME, 2016):

- Master Black Belt – tem a função de assessorar os Sponsors e Champions e atuar como mentores dos Black Belts e Green Belts, fornecendo orientação e apoio técnico para estes. São profissionais com maior experiência e conhecimento técnico e organizacional, atuando como líderes do programa em algumas organizações. Normalmente são Black Belts experientes e que se destacam nos projetos e são promovidos para tal função;
- Black Belt – é um profissional altamente treinado em métodos estatísticos e técnicas de resolução de problemas que tem o objetivo de liderar projetos de melhoria com caráter multifuncional, que possui uma abrangência mais voltada para objetivos estratégicos da empresa e necessitam de maior dedicação de tempo para sua execução. Tais projetos também possuem metas de ganhos mais expressivas que as dos Green Belts. Tais profissionais exigem competências e habilidades tais como: liderança, iniciativa, entusiasmo, relacionamento interpessoal, comunicação, capacidade de lidar com a pressão, visão estratégica e habilidades de negociação, dentre outras;
- Green Belt – é um profissional treinado em métodos estatísticos e técnicas de resolução de problemas que tem o objetivo de liderar projetos de melhoria funcionais ou participar das equipes lideradas por Black Belts. Têm o perfil similar aos do Black Belts, porém, com menor ênfase nos aspectos comportamentais;
- Yellow Belts – são profissionais do nível de supervisão e/ou operacional que auxiliam os Black Belts e Green Belts na execução dos seus projetos e são responsáveis pela manutenção dos resultados alcançados nos projetos de melhoria.
- White Belts – são profissionais do nível operacional que auxiliam os Black Belts e Green Belts na manutenção, a longo prazo, dos resultados obtidos por meio dos projetos.

A composição dessa estrutura exige um investimento da empresa em treinamentos específicos. Maukiewics e Suski (2009) afirma que os treinamentos para Sponsors e Champions são realizados através de workshops, e os dos Black, Green, Yellow e White Belts são realizados por cursos de formação. Os que possuem maior robustez de conteúdo e exigem maior investimento por parte da empresa são as formações dos especialistas, principalmente os Black e Green Belts. Conforme Marzagão e Carvalho (2016, p.611), “os Green Belts recebem menos horas de treinamento em Seis Sigma e, em geral, atuam em tempo parcial nos projetos, ao passo que os Black Belts recebem treinamento extensivo e tem a responsabilidade de prover assistência as equipes de projeto Seis Sigma, apoiando como mentores e dando suporte as atividades de treinamento”. Atualmente existem no mercado diversas opções de treinamento com valores e carga horária variados.

Jesus (2015) informa que o ideal recomendado pela literatura é que a empresa tenha um Black Belt para cada 100 empregados e um Green Belt para cada 20 empregados, bem como um Master Black Belt para cada 1000; sendo possível que 100% dos empregados sejam treinados em White Belt. O treinamento para Yellow Belts deve ser diecionado aos líderes de setor.

8. HOW – COMO IMPLANTAR E OPERACIONALIZAR O SEIS SIGMA

Nesta seção será explanada a teoria referente à implantação do programa em uma organização, os fatores críticos de sucesso e sua operacionalização interna.

7.1 Como implantar o Seis Sigma em uma empresa

A implantação do programa Seis Sigma em uma empresa depende fortemente do interesse a atuação da alta gestão. Trad e Maximiano (2019) afirmam que o sucesso na implantação só ocorre através de uma liderança ativa com objetivos claramente traçados e comunicados aos funcionários.

Com base nas pesquisas realizadas por Werkema (2004), Naslund (2008) apud Drohomeretski et al (2016) e Fursule et al (2012), apresenta-se abaixo um roteiro para implantação do Seis Sigma em uma organização:

- a) Definição dos membros da alta gestão que assumirão o papel de Sponsors e Champions;
- b) Realização de workshop de capacitação a estes membros a fim de apresentar uma visão geral do programa, definir as metas estratégicas e comparar com a atual performance da companhia;
- c) Definição dos projetos Seis Sigma alinhados com a estratégia da empresa e elaboração do business case de cada um, com uma descrição detalhada do problema ou oportunidade, da meta a ser alcançada e dos ganhos resultantes;
- d) Seleção dos profissionais que serão treinados como black e green belts;
- e) Treinamento dos black e green belts;
- f) Formação das equipes de melhoria lideradas por black belts e composta por green belts e distribuição dos projetos selecionados para cada grupo;
- g) Monitoramento de cada projeto através de reuniões de tol gates com o Champion.

7.2 Fatores críticos de sucesso

Segundo Jesus (2015, p.39), “fatores críticos de sucesso são pontos-chave que, quando bem executados, definem e garantem o desenvolvimento e o crescimento de uma empresa e seu negócio, atingindo seus objetivos”. Por este motivo é fundamental que sejam bem definidos pois, em contrapartida, se forem ignorados levam a organização ao fracasso (TRAD e MAXIMIANO, 2009).

O trabalho de Jesus (2015), apresenta uma relação com 20 fatores críticos de sucesso obtidos pela compilação de diversos autores nacionais e internacionais:

- a) Comprometimento da alta administração;
- b) Treinamento;
- c) Ligação do programa com os interesses dos clientes;

- d) Ligação do programa com a estratégia de negócio;
- e) Mudança cultural;
- f) Seleção e priorização de projetos;
- g) Infraestrutura organizacional do programa;
- h) Experiência da empresa com gerenciamento de projetos;
- i) Compreensão da metodologia Seis Sigma;
- j) Conexão do Seis Sigma com os fornecedores;
- k) Conexão do programa com os interesses dos empregados;
- l) Sistemas de comunicação;
- m) Monitoramento dos projetos e revisões;
- n) Integração do programa com os resultados financeiros da empresa;
- o) Programa de incentivos;
- p) Comunicação frequente dos resultados do programa na empresa;
- q) Capacidade financeira da empresa;
- r) Métricas de desempenho;
- s) Comprometimento de toda a empresa;
- t) Ambiente de integridade, ética, confiança e respeito às pessoas.

7.3 Operacionalização interna do Seis Sigma

Conforme Werkema (2004), “o Seis Sigma enfoca os objetivos estratégicos da empresa e estabelece que todos os setores-chave para a sobrevivência e sucesso futuros da organização possuam metas de melhoria baseadas em métricas quantificáveis, que serão atingidas por meio de um esquema de aplicação projeto por projeto”. Os projetos são conduzidos por equipes lideradas pelos especialistas do Seis Sigma (Green Belts e Black Belts), com base nos métodos DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve, Control) e DMADV (Define, Measure, Analyse, Design, Verify), e são selecionados e validados pelo Sponsor e pelo Champion. Este, por sua vez, realiza o acompanhamento do andamento dos projetos e dá o apoio necessário para que os mesmos sejam realizados.

Segundo Santos (2006), o DMAIC é mais caracterizado pelo seu potencial de solução de problemas por assegurar a redução na taxa de defeitos e falhas nos produtos, serviços e processos. Já o DMADV tem o enfoque mais preventivo e é mais direcionado para a inovação, otimização e minimização de ocorrências indesejáveis e inconveniências associadas ao lançamento e desenvolvimento de novos produtos, assim como no redesenho de novos processos.

Werkema (2005) afirma que o período de retorno de um projeto DFSS (método DMADV) é normalmente maior ao de um projeto executado pelo método DMAIC, devido ao tempo

necessário até que o novo produto seja lançado e avaliado pelo mercado. Fiovaranti (2005) argumenta também que no método DMAIC os problemas são fáceis de identificar, mas onerosos para corrigir, uma vez que o processo ou produto já existe e estão em escala de produção. Por outro lado, no uso do método DMADV os problemas são mais difíceis de identificar, uma vez que serão previstos, porém, mais baratos por que o projeto ainda está na fase de concepção.

O método DMAIC é baseado no ciclo PDCA e consiste em cinco etapas que devem ser seguidas na condução de cada projeto de melhoria. Segundo Werkema (2004) estas etapas são:

- a) Define (Definir): Definir com precisão o escopo do Projeto.
- b) Measure (Medir): Determina a localização do problema.
- c) Analyse (Analisar): Determinar as causas de cada problema prioritário.
- d) Improve (Melhorar): Propor, avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário.
- e) Control (Controlar): Garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo.

Sokovic et al (2010) explica que o DMAIC é um método sistemático e baseado em fatos que provê uma rigorosa estrutura de gestão de projetos orientada a resultados. Selvi e Manjumdar (2014) apresentam-no como um modelo sistemático para analisar e melhorar processos de negócio.

Diversas ferramentas estatísticas, administrativas e da qualidade são utilizadas integradas ao DMAIC, transformando-o em um método poderoso para alcançar os resultados estratégicos buscados pela empresa (WERKEMA, 2004).

Conforme Sokovic et al (2010), o DFSS é um método sistemático e estruturado para projetar novos produtos e processos com foco na prevenção dos problemas. Busca reduzir custos e agregar valor por meio do atendimento às necessidades específicas do cliente e alinhado ao planejamento estratégico das organizações (RECHULSKI e CARVALHO, 2003).

O DMADV é o método utilizado no Design for Six Sigma (DFSS), e é constituído pelas seguintes etapas:

- a) Define (Definir): definição de objetivos que sejam consistentes com as demandas dos clientes e com a estratégia da empresa;
- b) Measure (Medir): mensurar e identificar características que são críticas para a qualidade, capacidades do produto, capacidade do processo de produção e riscos;
- c) Analyze (Analisar): analisar para desenvolver e projetar alternativas, criando um desenho de alto nível e avaliar as capacidades para selecionar o melhor projeto;
- d) Design (Projetar): desenhar detalhes, otimizar o projeto e planejar a verificação do desenho. Esta fase se torna uma das mais longas pelo fato de necessitar muitos testes;

- e) Verify (Verificar): verificar o projeto iniciado, executar pilotos do processo, implementar o processo de produção e entregar ao proprietário do processo. Monitoramento dos pontos críticos para a qualidade.

Segundo Prata et al (2004), o DFSS não substitui as técnicas de engenharia e desenvolvimento do produto. Seu papel é apoiar o ciclo de desenvolvimento para aumentar a eficácia do processo e melhorar os resultados finais de qualidade, custo e prazo. Para que a estratégia Seis Sigma possa ser bem aplicada, existem pessoas chave envolvidas

9. PERSPECTIVAS FUTURAS PARA O SEIS SIGMA

Desde seu surgimento nos anos 80, o Seis Sigma tem sofrido adaptações, melhoramentos e integrações com outras teorias, que o tem fortalecido e despertado cada vez mais o interesse das empresas por sua implantação. Este fato deve permanecer por mais tempo, tendo em vista que os princípios fundamentais do Seis Sigma continuarão desejados pelas organizações.

No entanto, é importante refletir sobre as tendências que o programa terá diante das mudanças no cenário mundial. He e Goh (2015) explicam que o futuro do Seis Sigma depende de duas condições: i) quanto o programa proporcionará benefícios de forma contínua e duradoura nas organizações e ii) a capacidade do programa de absorver e se integrar a outros sistemas e ferramentas de gestão.

Endler et al (2016) indica que a implantação do programa tende a ter características cada vez mais específicas e direcionadas ao segmento que o estará implantando, principalmente, na área de serviços. O mesmo autor comenta ainda que outra tendência é a adaptação do Seis Sigma voltado a sustentabilidade ambiental.

Antony et al (2017), por sua vez, estabelece algumas tendências relacionadas ao uso do Seis Sigma nas organizações:

- a) Melhoria do pensamento estratégico: refere-se ao uso do Seis Sigma na própria formulação da estratégia competitiva, afim de torná-la mais eficaz;
- b) Determinar uma estratégia de melhoria holística: significa aplicar o Seis Sigma em todas as áreas e dimensões de uma organização, de maneira que ele esteja inserido na cultura organizacional da empresa de forma contundente;
- c) Projetos críticos: refere-se ao aprimoramento do uso do Seis Sigma em projetos grandes, complexos e não estruturados que requerem um tempo de dedicação maior e o uso intensivo da análise estatística;
- d) Integração com o Big Data: a mineração de dados é algo que tem se desenvolvido nos últimos 15-20 anos, e tem promovido uma nova abordagem do Seis Sigma através da possibilidade de trabalhar com grandes quantidades de dados e oportunizar a possibilidade de resolver problemas antes insolúveis.
- e) Sustentabilidade: significa usar o Seis Sigma em projetos que promovam melhorias de cunho social, ambiental e econômico, tanto nas organizações quanto nas gestões públicas;

- f) Combate ao “erro humano”: os projetos Seis Sigma devem ter cada vez mais um foco voltado às soluções que evitem o erro humano. Ferramentas como check lists, poka yokes e gerenciamento visual devem ser usados e aprimorados para que problemas, defeitos e acidentes sejam evitados;
- g) Introdução do conteúdo Seis Sigma nos Sistemas Educacionais: empresas de todo o mundo têm realizado altos investimentos na capacitação dos especialistas em melhoria que conduzem os projetos Seis Sigma. Uma vez que esses treinamentos são comprovadamente eficazes, é natural que o conteúdo dos mesmos seja integrado nos currículos regulares de cursos de graduação e pós-graduação. Tal fato geraria uma vantagem competitiva para os alunos e um diferencial para a própria instituição que realizar essa adaptação.

Werkema (2017) também realiza uma análise sobre o futuro do Seis Sigma. A autora relaciona as seguintes tendências para o programa:

- a) Crescimento de sua implantação em empresas do ramo de serviços;
- b) Expansão do Seis Sigma em todas as áreas da empresa, além da manufatura;
- c) Disseminação do Design for Six Sigma para projeto de novos produtos ou processos;
- d) Maior valorização dos ganhos intangíveis alcançados pelo programa;
- e) Maior envolvimento dos fornecedores da empresa no programa;
- f) Integração do Seis Sigma a um sistema global de gerenciamento da qualidade;
- g) Reconhecimento do programa como um mecanismo para o desenvolvimento de lideranças.

É possível ainda citar tendências da integração do Seis Sigma com fatores relacionados à indústria 4.0, gestão da inovação e excelência operacional. Além disso, novos formatos devem ser adotados nos treinamentos dos belts a fim de incorporar os conceitos da educação 4.0, como metodologias ativas, gamificação, ensino baseado em projetos, etc. Outra tendência está relacionada às novas competências exigidas pelo mercado como interdisciplinaridade, trabalho em equipe, criatividade e pensamento em rede que deverão ser potencializadas nos profissionais que fazem parte do programa.

CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou uma revisão bibliográfica do Seis Sigma utilizando artigos científicos (nacionais e internacionais), livros e conteúdos de sites dos últimos 20 anos. Com isso, foi realizada uma abordagem que perpassou pelos conceitos originais da teoria, avançando pelos avanços e adaptações realizados durante esse período, até os atuais conceitos e realizações do programa.

A estrutura conceitual foi elaborada utilizando o modelo 5W1H, abordando de forma clara e objetiva os vários aspectos do Seis Sigma e proporcionando uma base teórica completa e importante para estudos e pesquisas relacionadas ao tema.

Desse modo, verifica-se que o Seis Sigma continua sendo um poderoso programa que proporciona significativas melhorias nas organizações. Sua aplicação tem seguido um modelo originado na época de sua criação, porém, vêm sofrendo ajustes e adaptações devido às novas tendências mundiais, além de integração com outras teorias.

O interesse das empresas pelo Seis Sigma deve permanecer nos próximos anos, porém, existe uma necessidade de que ele se adapte às novas teorias emergentes no contexto mundial. Tendências de avanço tecnológico como a indústria 4.0, Big Data, Internet das Coisas (IOT) devem ser incorporadas aos projetos de melhorias. Além disso, o programa deve experimentar uma atuação bem mais efetiva e aprofundada em áreas de serviços (principalmente educação e saúde), projetos sociais, públicos e voltados ao meio-ambiente e sustentabilidade. Novas competências comportamentais devem ser mais exigidas dos profissionais que participam do programa e devem influenciar o conteúdo dos treinamentos para formação dos belts, assim como, o uso cada vez maior das metodologias ativas, gamificação e outros conceitos da educação 4.0.

Enfim, assim como tem crescido e se adaptado em seus 32 anos de atuação, o Seis Sigma deve continuar expandindo e continuar estável entre as estratégias mais utilizadas pelas organizações de todo o mundo.

REFERÊNCIAS

- Aboelmaged, M.G. (2010). Six Sigma Quality: a structured review and implications for future research. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v.27, n°3, pp.268-317, 2010.
- American Society of Quality - ASQ. (2020) Whats is Six Sigma. Disponível em: <<https://asq.org/quality-resources/six-sigma>>. Acesso em: 10 de Agosto de 2020.
- Andrietta, J. M.; Miguel, P. A. C. (2007). Aplicação do Programa Seis Sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo survey exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. *Revista Gestão & Produção*, v.14, n.2, p.203-2019.
- Antony, J.; Snee, R.; Hoerl, R. (2017). Lean Six Sigma: yesterday, today and tomorrow. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 34, issue: 7, pp.1073-1093.
- Bertolaccini, L.; Viti, A.; Terzi, A. (2015). The Statistical point of view of Quality: the Lean Six Sigma methodology. *Journal of Thoracic Disease*, v.7, n°4.
- Breyfogle III, F. W.; Cupello, J. M.; Meadows, B. (2001). *Managing Six Sigma: a practical guide to understanding, assessing, and implementing the strategy that yields bottom-line success*. New York: John Wiley & Sons.
- Deshpande, S. (2016). *Introducing Design for Six Sigma's DMADV Methodology to the Packaging Industry*. Thesis. Rochester Institute of Technology.
- Dhiraj, K.; Deepak, K. (2014). A review of Six Sigma approach: methodology, obstacles and benefits. *Global Journal of Engineering, Design & Technology*, v.3, pp.1-5.
- Drohomeretski, E.; Costa, S.E.G.; Lima, E.P.; Garbui, P.A.R. (2014). Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: an analysis based on operations strategy. *International Journal of Production Research*, v.52, n.3, p.804-824.
- Endler, K.D.; Bourscheidt, L.E.; Scarpin, C.T.; Steiner, M.T.A.; Garbui, P.A.R. (2016). Lean Seis Sigma: uma contribuição bibliométrica dos últimos 15 anos. *Revista Produção Online*. v.16, n.2, p.575-605.

- Figueiredo, F.J.S. (2017). Diretrizes para implementação dos elementos básicos do Lean Seis Sigma em micro, pequenas e médias empresas de calçados. Dissertação de Mestrado. Guarantiguetá.
- Fiovaranti, A. (2005). Aplicação da metodologia Design for Six Sigma (DFSS) em projetos automotivos. Dissertação de Mestrado. São Paulo.
- Freitas, J.G.; Costa, H.M.; Ferraz, F.T. (2016). Influência da metodologia Lean Six Sigma sobre a sustentabilidade nas organizações - uma pesquisa survey. Anais do XLVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional.
- Fursule, N.V.; Bansod, S.V.; Fursule, S.N. (2012). Understanding the Benefits and Limitations of Six Sigma Methodology. *International Journal of Scientific and Research Publications*. v.2, Issue 1.
- Galvani, L. R.; Carpinetti, L. C. R. (2013). Análise comparativa da aplicação do programa Seis Sigma em processos de manufatura e serviços. *Revista Produção*, São Paulo, v. 23, n.4, p. 695-704.
- Gomes, L.P.C.; Marques, D.M.N.; Guerrini, F.M. (2017). Programa Seis Sigma Auto-organizado: modelo da situação atual e necessidades de mudanças. *Revista Gestão & Produção*, v.4, n.1, p.95-107.
- Han, C.; Lee, Y. H. (2002). Intelligent integrated plant operation system for six sigma. *Annual Reviews Control*, v. 26, p. 27-43.
- He, Z.; Goh, T.N. (2015). Enhancing the Future Impact of Six Sigma Management. *Quality Technology & Quantitative Management*. v.12, n°1, pp.83-92.
- Jesus, A.R. (2015). Seis Sigma em grandes indústrias do Brasil: problemas de implementação e fatores críticos de sucesso. Tese de Doutorado. Salvador.
- Machfud; Atika, N. (2020). Application of Six Sigma method to minimize risk of rejection product: A case in cheese industry of company X. *IOP Conf. Ser.: Earth Environmental Science*. n. 472, 2020.
- Martin, E. J. P.; Camargo, L. H. F.; Zambelo, E. A. (2016). Cenário da atuação do Seis Sigma na área de engenharia de produção. *GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, Bauru, Ano 11, n° 1, p. 113-125.
- Marzagão, D.S.L.; Carvalho, M.M. (2016). A influência das competências comportamentais dos líderes de projetos no desempenho de projetos Seis Sigma. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, São Paulo, v. 18, n. 62, p. 609-632.
- Maukiewicz, D.; Suski, C.A. (2009). Implantação da Metodologia Seis Sigma. *Revista de Ciência & Tecnologia*, v.16, n.32, p.31-38.
- Niñerola, A.; Sánchez-Rebull, M.V.; Hernandez-Lara, A.B. (2019). Six Sigma: A Bibliometric Analysis. *Total Quality Management & Business Excellence*.
- Nonthaleerak, P.; Hendry, L.C. (2006). Six Sigma: literature review and key future research areas. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, v.2, n.2.
- Olarenwaju, F.; Uzorh, A.C.; Nnanna, I. (2019). Lean Six Sigma Methodology and Its Application in the Manufacturing Industry – A Review. *American Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, v.4, n°3, pp.40-44.
- Pande, P; Neuman, R; Cavanagh, R. (2001). *Estratégia Seis Sigma: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho*. 1 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark.
- Pendokhare, D.G.; Quazi, T.; Kulkarni, P.S. (2015). Redesign and Manufacturing by using DMADV method. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, v.4, issue.2.
- Pinto, S.H.B.; Carvalho, M.M.; Lee Ho, L. (2006). Implementação de programas de qualidade: um Survey em empresas de grande porte no Brasil. *Revista Gestão & Produção*. v.13, n.2, p191-203.

- Prata, R.F. Fernandes, T. Silva, C. E. S. Turrioni, J.B. (2004). Fundamentos do Design Six Sigma. Anais do XI Simpósio de Engenharia de Produção.
- Santos, A. B. (2006) Modelo de referência para estruturar o programa de qualidade Seis Sigma: proposta e avaliação. São Carlos. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos - UFSCar.
- Santos, A. B.; Martins, M.F. (2010). Contribuições do Seis Sigma: estudo de caso em multinacionais. Revista Produção, v.20, n.1, p.42-53.
- Santos Filho, V.H.; Kovaleski, J.L.; Basseto, A.L.C.; Luz, G.B. (2017). Evolução das publicações sobre a metodologia Seis Sigma em Anais de três Congressos de Engenharia de Produção referente aos últimos cinco anos. Anais do VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção.
- Santos, H.A.; Toledo, J.C.; Santos, A.B.; Lizarelli, F.L. (2019). Análise do uso do pensamento estatístico e de técnicas estatísticas em empresas industriais do estado de São Paulo. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v.14, n° 2, p.210-237.
- Selvi, K.; Manjumdar, R. (2014). Six Sigma – Overview of DMAIC and DMADV. International Journal of Innovative Science and Modern Engineering. v.2, Issue-5.
- Seleme, R.; Malacarne, R.; Taquetti, L.B; Machado, L.; Cleto, M.G. (2016). Seis Sigma no Brasil: uma revisão bibliométrica da literature. Anais do XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.
- Silva, H.M.; Silva, I.S.; Vasconcelos, R.L.F.M. (2020). Benefícios produzidos pela metodologia Seis Sigma no âmbito da indústria brasileira. Revista de Engenharia e Tecnologia, v.12, n.1, p.38-48.
- Sokovic, M. Pavletic, D. Pipan, K.K. (2010). Quality Improvement Methodologies – PDCA Cycle, Radar Matrix, DMAIC and DFSS. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. v.43, issue 1.
- Rechulski, D.K; Carvalho, M.M. (2003). Programas de qualidade Seis Sigma: características distintivas do modelo DMAIC e DFSS. Produção em Iniciação Científica da Escola Politécnica da USP, PIC-EPUSP, São Paulo, n.2.
- Rodrigues, A.A.; Silva, J.F.A.; Soares, A.M.; Nascimento, V.S.; Souza, T.T. (2016). Evolução conceitual Seis Sigma: análise da metodologia aplicável às organizações. Anais do XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.
- Toledo, J.C. Qualidade: Gestão e Métodos. LTC. Rio de Janeiro, 2014.
- Trad, S.; Maximiano, A.C.A. (2009). Seis Sigma: Fatores críticos de sucesso. Revista de Administração Contemporânea, v.13, n.4, pp.647-662.
- Werkema, M.C.C. (2004). Criando a cultura Seis Sigma. Belo Horizonte: Werkema Editora.
- Werkema, M.C.C. (2005). Design for Six Sigma. Belo Horizonte: Werkema Editora.
- Werkema, M.C.C. (2017). História e tendências do Lean Seis Sigma. Revista Banas Qualidade, Agosto/setembro de 2017. Disponível em: < <https://www.banasqualidade.com.br/seis-sigma>>. Acesso em: 14 de Agosto de 2020.
- Zhang, W.; Hill, A.V.; Gilbreath, G.H. (2020). Six Sigma: a retrospective and prospective study. POMS 20th Annual.