

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Daniel Detoni

DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE
AValiação DE TREINAMENTO NA
METODOLOGIA SEIS SIGMA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção como
requisito parcial à obtenção do título de *Mestre em*
Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Pedro Paulo Balestrassi, Dr.

Itajubá, março de 2005

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

Daniel Detoni

**DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE
AVALIAÇÃO DE TREINAMENTO NA
METODOLOGIA SEIS SIGMA**

Dissertação aprovada por banca examinadora em 18 de março de 2005, conferindo ao autor o título de *Mestre em Engenharia de Produção*

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Pedro Paulo Balestrassi (Orientador)

Profa. Dra. Rita de Cássia Magalhães Trindade

Stanato

Profa. Dra. Hilda Maria Cordeiro Barroso Braga

Itajubá, março de 2005

*“... O importante não é estar aqui ou ali... Mas “ser”, e ser é uma ciência delicada;
feita de pequenas e grandes observações do cotidiano, dentro e fora da gente .Se
não executamos essas medidas, não seremos, apenas viveremos e desapareceremos.”*

Carlos Drummond de Andrade

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, princípio que é a razão de toda existência, por ter me proporcionado o dom da vida;

Aos meus pais e minha irmã, pelo incentivo irrestrito que sempre me deram em todos os projetos da minha vida;

À minha namorada Angela, minha incentivadora desde o tempo em que tudo não passava de uma inquietante vontade; pela sua compreensão, amor e carinho em todos os momentos;

Ao Prof. Pedro Paulo Balestrassi, meu orientador e amigo, por ter me ajudado a enxergar muito além das minhas possibilidades;

A todos os professores do Departamento de Engenharia de Produção da UNIFEI, pelas inúmeras contribuições e relevantes ensinamentos;

Aos colegas e amigos pela amizade e relevantes contribuições ao meu trabalho;

A CAPES pelo apoio financeiro, sem o qual este trabalho não teria sido realizado.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE QUADROS	iv
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	v
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2 – OBJETIVO	2
1.3 – JUSTIFICATIVAS	3
1.4 – LIMITAÇÕES	4
1.5 - PROBLEMAS DE PESQUISA	5
1.6 - OBJETO DE ESTUDO	6
1.7 – PROPOSIÇÕES	6
1.8 - METODOLOGIA DE PESQUISA	6
1.9 – VARIÁVEIS DE ESTUDO	9
1.10 - ESTRUTURA DO TRABALHO	10
2 – SEIS SIGMA	12
2.1 – INTRODUÇÃO	12
2.2 – HISTÓRICO	13
2.3 – VISÃO GERAL	16
2.4 – O MODELO DMAIC	24
2.5 – ESTRUTURA DA METODOLOGIA SEIS SIGMA	28

3 – TAXONOMIA DE BLOOM.....	42
3.1 – INTRODUÇÃO	42
3.2 – PROCESSO DE APRENDIZAGEM	43
3.3 – O PAPEL DO PROFESSOR	44
3.4 – AVALIAÇÃO	47
3.5 – HISTÓRICO DA TAXONOMIA DE BLOOM	48
3.6 – DOMÍNIOS DE HABILIDADES DE APRENDIZAGEM	49
3.7 – DEFINIÇÃO DA TAXONOMIA DE BLOOM.....	52
 4 – MODELO DE AVALIAÇÃO.....	 64
4.1 – INTRODUÇÃO.....	64
4.2 – ESTRUTURA DA AVALIAÇÃO.....	65
4.3 – BANCO DE DADOS DO MODELO DE AVALIAÇÃO	66
4.4 – MODELO DE AVALIAÇÃO - ADMINISTRAÇÃO	71
4.5 – MODELO DE AVALIAÇÃO	75
 5 – APLICAÇÃO DO MODELO	 80
5.1 - INTRODUÇÃO	80
5.2 - APLICAÇÃO A GREEN BELTS	81
5.3 – APLICAÇÃO A BLACK BELTS	89
 6– CONCLUSÃO	 98
6.1 – CONCLUSÃO	98
6.2 - SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	101
 APÊNDICE	 103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR	110

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Processo Cíclico da Pesquisa-Ação.	9
Figura 2.1 – Fatos e Abordagens que conduziram até a Metodologia Seis Sigma.....	13
Figura 2.2 – Associação do nível Seis Sigma com as empresas	18
Figura 2.3 – Bases da Metodologia Seis Sigma.	19
Figura 2.4 – Seis Sigma aplicável a vários setores.....	24
Figura 2.5 – Estrutura da Metodologia Seis Sigma.	29
Figura 2.6 – Diagrama de Venn para os Campos do Conhecimento.....	34
Figura 2.7 – Média Salarial de profissionais de grandes empresas	41
Figura 3.1 – Níveis da Taxonomia de Bloom de Domínio Cognitivo.....	50
Figura 3.2 – Níveis da Taxonomia de Bloom de Domínio Afetivo.....	51
Figura 3.3 – Níveis da Taxonomia de Bloom de Domínio Psicomotor.....	52
Figura 3.4 – Hierarquia dos níveis da Taxonomia de Bloom.....	54
Figura 3.5 – Solução de problemas do nível Aplicação.....	58
Figura 4.1 – Estrutura da avaliação em um treinamento de Black Belt.....	66
Figura 4.2 – Formulário de Questões.....	70
Figura 4.3 – Tela inicial do Modelo de Avaliação - Administração.	71
Figura 4.4 – Cadastro de Alunos do Modelo de Avaliação.	73
Figura 4.5 – Desempenho detalhado de aluno	74
Figura 4.6 – Tela inicial do Modelo de Avaliação.	75
Figura 4.7 – Tela de entrada de código do aluno	76
Figura 4.8 – Tela de instruções do Modelo de Avaliação.....	77
Figura 4.9 – Tela de questões do Modelo de Avaliação.	78
Figura 5.1 – Aproveitamento Geral de Green Belts.	81
Figura 5.2 – Gráfico de Boxplot dos aproveitamentos dos Green Belts.....	82
Figura 5.3 – Gráfico de Boxplot de Definição dos Green Belts.....	83
Figura 5.4 – Gráfico de Boxplot de Medição dos Green Belts.	85
Figura 5.5 – Gráfico de Boxplot de Análise dos Green Belts.	86
Figura 5.6 – Gráfico de Boxplot de Melhoria dos Green Belts.....	87
Figura 5.7 – Gráfico de Boxplot de Controle dos Green Belts.	88

Figura 5.8 – Aproveitamento Geral de Black Belts.....	89
Figura 5.9 – Gráfico de Boxplot dos aproveitamentos dos Black Belts.	90
Figura 5.10 – Gráfico de Boxplot de Definição dos Black Belts.	91
Figura 5.11 – Gráfico de Boxplot de Medição dos Black Belts.....	93
Figura 5.12 – Gráfico de Boxplot de Análise dos Black Belts.....	94
Figura 5.13 – Gráfico de Boxplot de Melhoria dos Black Belts.	95
Figura 5.14 – Gráfico de Boxplot de Controle dos Black Belts.....	97
Figura A.1 – Benjamin Bloom.	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Relação do Nível Seis Sigma com a taxa de DPMO.	17
Tabela 2.2 – Comparação entre os membros da equipe Seis Sigma.....	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 – Características da Pesquisa-Ação.....	8
Quadro 2.1 – Questões fundamentais do DMAIC.....	25
Quadro 2.2 – Roadmap da GE.....	28
Quadro 2.3 – Treinamento de Black Belts.....	36
Quadro 2.4 – Treinamento de Green Belts.	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANL	Nível cognitivo Análise
ANOVA	<i>Analysis of Variance</i>
APL	Nível cognitivo Aplicação
AVL	Nível cognitivo Avaliação
CEP	Controle Estatístico do Processo
COMP	Nível cognitivo Compreensão
CON	Nível cognitivo Conhecimento
CTQ	<i>Critical to Quality</i>
DFSS	<i>Design for Six Sigma</i>
DMAIC	Metodologia Six Sigma (<i>Define, Measure, Analysis, Improve, Control</i>)
DOE	<i>Design of Experiments</i>
DPMO	Defeitos por Milhão de Oportunidades
FMEA	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i>
GE	<i>General Electric</i>
IEA	<i>International Association for the Evaluation of Educational Achievement</i>
MBB	<i>Master Black Belt</i>
MSA	<i>Measurement System Analysis</i>
PDCA	<i>Qualidade (Plan, Do, Check, Action)</i>
ppm	Partes por Milhão
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
R&R	Estudo de Repetitividade e Reprodutividade
SIPOC	Metodologia Seis Sigma (<i>Source, Input, Process, Output, Customer</i>)
TQM	Qualidade (<i>Total Quality Management</i>)

RESUMO

DETONI, D. *Desenvolvimento de um Modelo de Avaliação de Treinamento na Metodologia Seis Sigma*. Itajubá, 108p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá (2005).

Atualmente, o mundo globalizado exige que as organizações se mantenham mais competitivas, produzindo produtos de qualidade e satisfazendo as necessidades de seus clientes. Assim, a metodologia Seis Sigma é uma estratégia que faz o uso estruturado de uma série de técnicas e ferramentas estatísticas auxiliando as organizações na tomada de decisão para a implementação de ações de melhoria, de processos e produtos. Porém, para que tal metodologia obtenha sucesso, ela precisa ser implantada e mantida de forma correta com o treinamento de pessoal especializado na filosofia Seis Sigma, em especial Green Belts e Black Belts. A partir das necessidades de se realizar treinamentos cada vez mais eficazes e eficientes, bem como uma avaliação detalhada em termos cognitivos tornou-se indispensável a utilização da Taxonomia de Bloom que analisa as habilidades intelectuais do aluno desde o nível mais simples (conhecimento) até o nível mais complexo de desenvolvimento cognitivo (avaliação). Para que tal avaliação fosse realizada de forma eficiente, desenvolveu-se um Modelo de Avaliação em ambiente *Access*[®] e realizaram-se algumas aplicações para comprovar a eficácia de tal modelo. A fim de se obter resultados satisfatórios, foi essencial sua aplicação tanto em Green Belts quanto Black Belts em formação. No final, espera-se que o modelo atenda de forma satisfatória as necessidades dos treinamentos em metodologia Seis Sigmas.

Palavras-chave: *Metodologia Seis Sigma, Método DMAIC e Taxonomia de Bloom.*

ABSTRACT

DETONI, D. *Desenvolvimento de um Modelo de Avaliação de Treinamento na Metodologia Seis Sigma*. Itajubá, 108p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá (2005).

Nowadays, the globalized world requires competitive organizations that make qualified products and satisfy their client's necessities. Therefore, the Six Sigma Methodology is a strategy that applies the structured use of a series of techniques and statistic tools that help the organizations make decisions when implementing actions to improve processes and products. However, in order to achieve success this methodology needs to be implemented and kept correctly by training specialized people in the Six Sigma philosophy, especially Green Belts and Black Belts. The directed learning and a detailed evaluation in cognitive terms became strongly considered because of the necessity of having more effective and efficient trainings. That is why the use of Bloom's Taxonomy became indispensable, this system analyses the student's intellectual abilities from the simplest level (knowledge) to the most complex level of cognitive development (evaluation). In order to carry out this evaluation efficiently, a new Model of Evaluation was developed in *Access*[®] and some applications of this model were carried out to check its efficiency. In order to achieve good results in terms of operation and efficiency, the model was applied considering Green Belts as well as Black Belts. Finally, it is expected that the model meets the necessities of the trainings in Six Sigma Methodology satisfactorily.

Keywords: Six Sigma Methodology, DMAIC Method, Bloom's Taxonomy.

1 – INTRODUÇÃO

1.1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Atualmente, o cenário econômico mundial exige que as organizações se mantenham cada vez mais competitivas, produzindo produtos de qualidade e satisfazendo as necessidades de seus clientes. É crescente o interesse de tais organizações por programas de qualidade e produtividade que garantam a qualidade de seus produtos, a satisfação de seus clientes, bem como a lucratividade da organização em questão.

Os programas tradicionais de qualidade dificilmente apresentam grandes impactos de lucratividade nas organizações. No entanto, uma metodologia que vem se destacando nas organizações em que é implantada é a metodologia Seis Sigma que apresenta resultados expressivos quando implementada corretamente em uma organização. Grandes empresas adotaram tal metodologia e obtiveram ótimos resultados. Dentre estas empresas pode-se destacar: General Electric (GE), Motorola, Sony, Samsung, Kodak, entre outras.

A metodologia Seis Sigma é uma estratégia que faz o uso estruturado de uma série de técnicas e ferramentas estatísticas auxiliando as organizações na tomada de decisão para a implementação de ações de melhoria, de processos e produtos. Porém, para que tal metodologia obtenha sucesso, ela precisa ser implantada e mantida de forma correta com o treinamento de pessoal especializado na filosofia Seis Sigma.

Dentre os treinamentos da metodologia Seis Sigma, destacam-se os treinamentos de formação de Green Belts e Black Belts que são os profissionais responsáveis pelo desenvolvimento e implantação de projetos de melhoria dentro da organização. No entanto, não está disponível um modelo de avaliação eficiente que assegure que o profissional “absorveu” todo o conhecimento transferido a ele durante o treinamento.

Este trabalho visa desenvolver e aplicar um modelo de avaliação para treinamentos de Green Belts e Black Belts de tal maneira que o profissional seja avaliado segundo os níveis da Taxonomia de Bloom, que é um sistema de classificação de objetivos educacionais que analisa as habilidades intelectuais do aluno desde o nível mais simples (conhecimento) até o mais alto nível de desenvolvimento cognitivo (avaliação).

Dessa forma, o modelo de avaliação fornece provas específicas para cada tipo de treinamento (Green Belt ou Black Belt) e para cada etapa do método DMAIC (método de controle da metodologia Seis Sigma). É válido ressaltar o caráter inovador deste trabalho, uma vez que não há um modelo de avaliação disponível para treinamentos de Green Belts e Black Belts em todo o país.

1.2 - OBJETIVO

TEMA

O tema deste trabalho é a avaliação de Green Belts e Black Belts a partir das fases do DMAIC, dos níveis da Taxonomia de Bloom e dos graus de dificuldade, utilizando um modelo de avaliação desenvolvido em ambiente *Access*[®].

DELIMITAÇÕES DO TEMA

Planeja-se com esta dissertação, estudar os conceitos da metodologia Seis Sigma e da Taxonomia de Bloom. Será utilizado um banco de dados de aproximadamente 280 questões para o desenvolvimento de um modelo de avaliação em ambiente *Access*[®].

A principal variável medida neste trabalho será o aproveitamento obtido pelo aluno após a conclusão das avaliações de Green Belts e Black Belts em cada etapa do modelo DMAIC, bem como o desempenho em cada nível da Taxonomia de Bloom.

OBJETIVO PRINCIPAL

Avaliar o conhecimento construído por Green Belts e Black Belts a partir de treinamentos da Metodologia Seis Sigma através do desenvolvimento de um modelo de avaliação em ambiente *Access*[®] contendo questões classificadas de acordo com o método DMAIC utilizando os níveis da Taxonomia de Bloom, bem como os graus de dificuldade.

ETAPAS DO TRABALHO

O desenvolvimento da pesquisa idealizada pode gerar, através das várias séries de análises necessárias, uma gama de informações correlatas àquelas oriundas do desenvolvimento do modelo de avaliação. E, muito embora não sejam os focos principais do trabalho, podem possibilitar conclusões importantes, além de um melhor entendimento do assunto de pesquisa. Entre os assuntos correlatos, podem ser citados:

- Desenvolvimento de um estudo amplo sobre a Metodologia Seis Sigma com ênfase na formação de Green Belts e Black Belts;
- Desenvolvimento de um estudo sobre a Taxonomia de Bloom incluindo conceitos de processo de aprendizagem, avaliação e da taxonomia em si;
- Estudo da influência dos níveis da Taxonomia de Bloom na avaliação de um aluno;
- Desenvolvimento de um modelo de avaliação para a metodologia Seis Sigma, analisando estatisticamente o desempenho de cada profissional avaliado;
- Aplicação do modelo de avaliação a Green Belts e Black Belts em formação;
- Análise do treinamento aplicado através do desempenho dos alunos com relação aos níveis da Taxonomia de Bloom.

1.3 – JUSTIFICATIVAS

Por que é importante avaliar os treinamentos de Green Belts e Black Belts na metodologia Seis Sigma?

Existem muitas razões que justificam a avaliação de Green Belts e Black Belts em formação, segundo Harry e Schroeder (2000), a constituição da equipe Seis Sigma é um elemento fundamental no sucesso da metodologia dentro de uma organização. Assim, o sucesso na implementação e aplicação da metodologia Seis Sigma depende fundamentalmente da qualificação dos profissionais envolvidos em tal metodologia. O enfoque é dado a Green Belts e Black Belts, pois são os responsáveis diretos pelo desenvolvimento e sucesso dos projetos de melhoria dentro da organização.

Atualmente, existem inúmeros treinamentos em Metodologia Seis Sigma para a formação de Green Belts e Black Belts, porém a maior dificuldade encontrada é a falta de um modelo de avaliação eficiente do conhecimento construído pelos alunos durante o curso.

Além disso, o modelo de avaliação proposto nesse trabalho permite ao instrutor avaliar as características de seu treinamento, uma vez que o modelo fornece o desempenho dos estudantes segundo os níveis da Taxonomia de Bloom, além do desempenho de cada aluno de acordo com as fases do modelo DMAIC.

Por que utilizar a Taxonomia de Bloom na avaliação da metodologia Seis Sigma?

De acordo com Bloom et al (1976), a emancipação de um indivíduo na sociedade se dá quando ele tem plena liberdade de construir seu conhecimento com a medição de um educador e de seus colegas. Para isso, ele deve ser educado para agir de acordo com suas particularidades, voltando todos os seus esforços sócio-cognitivos para a sua aprendizagem. Dessa maneira, a avaliação do aluno deve ser focada em termos cognitivos, pois o aluno será avaliado desde o nível mais simples (conhecimento) até o nível mais complexo (avaliação) de desenvolvimento cognitivo.

Que relação existe entre este trabalho e a pesquisa em Engenharia de Produção?

A abordagem utilizada para resolver o problema de pesquisa compreende a utilização de metodologia de melhoria da qualidade, a Metodologia Seis Sigma. Tal abordagem tem um estreito relacionamento com Qualidade e Produtividade, assuntos inerentes à pesquisa em Engenharia de Produção.

1.4 – LIMITAÇÕES

Enquanto dissertação de mestrado, esta pesquisa não pretende esgotar todas as questões sobre o assunto, o que, aliás, demandaria um período de estudo não compatível com os objetivos de um mestrado. As limitações desta pesquisa, entretanto, servem em linhas gerais, para trabalhos futuros na área.

Primeiramente, o método de controle DMAIC utilizado como base para a confecção das questões é o *Roadmap* da GE, uma vez que é o método de controle mais difundido e um dos mais populares dentro da Metodologia Seis Sigma. Deste modo, a referência das questões é o

Roadmap da GE, o que dificulta a utilização do modelo de avaliação em treinamentos que se baseiam em outros métodos de controle DMAIC.

Conforme poderá ser visto no **Capítulo 4**, o modelo de avaliação desenvolvido aplica-se somente à Green Belts e Black Belts, impossibilitando-se dessa forma, a avaliação de outros profissionais relacionados à metodologia Seis Sigma.

O software estatístico utilizado tanto na confecção das questões quanto na resolução das mesmas é o Minitab[®], portanto, é essencial a instalação deste para a realização dos testes através do modelo de avaliação.

O banco de questões é composto por cerca de 280 questões e foi desenvolvido para atender a uma solicitação da empresa IESA, a partir deste trabalho surgiu a idéia de criar um modelo de avaliação e conseqüentemente a idéia de se desenvolver uma dissertação de mestrado. O número de questões porém, torna-se um fator limitante na escolha aleatória de questões pelo modelo de avaliação. No entanto, o modelo permite o cadastramento de novas questões a fim de se aumentar o tamanho do banco de dados e amenizar os problemas de aleatoriedade.

1.5 – PROBLEMAS DE PESQUISA

É comum que após a realização de treinamentos, os alunos não se sintam preparados a exercer as novas funções para as quais foram treinados. As avaliações realizadas após a conclusão das atividades na maioria dos casos são questionáveis quanto a sua eficácia, em treinamentos de Green Belts e Black Belts a situação não é muito distinta da mencionada acima. Será que uma avaliação escrita focada na recordação de conceitos é a melhor maneira de se avaliar um profissional que será responsável por vários projetos de melhoria da organização? A prática de instrutores e professores mostra que não.

Dessa maneira, a presente dissertação busca responder às seguintes questões: (i) Qual a maneira mais eficaz para se avaliar os conhecimentos de Green Belts e Black Belts? e (ii) É possível desenvolver um modelo destinado exclusivamente à avaliação e análise de desempenho de Green Belts e Black Belts em formação?

1.6 - OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo desta pesquisa é a formação de Green Belts e Black Belts desenvolvendo-se para essa finalidade um modelo de avaliação baseado nas etapas do método de controle DMAIC, nos níveis da taxonomia de Bloom de domínio cognitivo e nos graus de dificuldade de cada questão.

1.7 - PROPOSIÇÕES

Para se investigar as respostas para as perguntas de pesquisa descritas no *item 1.5*, são descritas algumas proposições, a saber:

- 1) Os níveis da Taxonomia de Bloom abrangem as características de conhecimento necessárias à formação de Green Belts e Black Belts.
- 2) O modelo de avaliação desenvolvido auxiliará na análise de desempenho de Green Belts e Black Belts em formação.

1.8 - METODOLOGIA DE PESQUISA

A pesquisa inicia-se com alguma pergunta a ser respondida ou com algum problema a ser solucionado. Grande parte das questões pode ser estudada através de métodos científicos, embora não haja garantia de que a pesquisa apresentará uma resposta satisfatória.

Segundo Bryman (1989), os principais métodos de pesquisa são:

- Estudo de caso: propõe o exame detalhado de um ou poucos “casos”. Esse método enfatiza a interpretação dos indivíduos sobre seus ambientes e sobre o comportamento deles mesmos e dos outros. Tende-se a enfatizar a compreensão do que ocorre nas organizações do ponto de vista dos participantes, e não do pesquisador. É uma estratégia com vantagem quando a questão “como” ou “por quê” é colocada sobre eventos contemporâneos sobre os quais o pesquisador tem pouco ou nenhum controle.

- Pesquisa experimental: neste método de pesquisa o pesquisador intervém na organização e observa os efeitos de sua intervenção. O pesquisador, atuando sobre a variável independente, busca eliminar explicações alternativas para a conexão suposta como verdadeira e um particular efeito.
- Pesquisa avaliação (*Survey*): considera a coleta de dados sobre um conjunto de variáveis que serão examinados para discriminar modelos de associação. Neste método de pesquisa busca-se a generalização estatística, sendo quase sempre utilizado para mostrar uma visão quantitativa das organizações.
- Pesquisa ação: o pesquisador é envolvido, juntamente com os membros da organização, para lidar com um problema que é reconhecido como tal por ambas as partes. O pesquisador alimenta a organização com informações sobre linhas de ação recomendadas e observa o impacto da implementação dessas linhas de ação sobre o problema organizacional.

De acordo com Yin (1984), existem três condições para a escolha do método de pesquisa a ser adotado: tipo de questão colocada, grau de controle que o pesquisador tem sobre os eventos e o grau de focalização no contemporâneo como oposição a eventos históricos.

Dessa maneira, o método de pesquisa escolhido para essa dissertação de mestrado é a Pesquisa-Ação, um método de pesquisa qualitativo em que há participação ativa do pesquisador quando da aplicação do modelo e da medição de seu desempenho. Segundo Barskerville e Wood-Harper (1996), a Pesquisa-Ação é uma das únicas abordagens de pesquisa válidas que os pesquisadores podem legitimamente empregar para estudar o efeito de alterações específicas em metodologias de desenvolvimento de sistemas. Ela é tanto rigorosa quanto relevante.

Algumas características podem ser citadas sobre o método de pesquisa Pesquisa-Ação, segundo Coughlan e Coughlan (2002): a pesquisa é em ação ao invés de pesquisa sobre a ação, é participativa, coincide com a ação e é uma sequência de eventos e abordagens para a solução de problemas. O *Quadro 1.1* mostra mais algumas características relacionadas a esse método de pesquisa.

Método de coleta de dados	• Observação estruturada • Simulação • Arquivo de dados • Questionários abertos • Questionários fechados
Tipo de questão da pesquisa	• Quem? • O que? • Onde? • Quando? • Quanto?
Requer controle sobre eventos comportamentais?	Não
Focaliza eventos contemporâneos?	Sim

Quadro 1.1 – Características da Pesquisa-Ação.
Fonte: Nóbrega (1997)

A Pesquisa-Ação é uma metodologia científica que possui um processo cíclico de aplicação. Primeiramente tem-se um problema a ser solucionado, recorre-se à teoria para o desenvolvimento de um projeto e/ou modelo. Este projeto é aplicado na resolução do problema em questão e observado por um avaliador que constatará a eficácia ou não do projeto aplicado. Portanto, este trabalho segue um processo cíclico, assim, tem-se o problema que é avaliar Green Belts e Black Belts, recorre-se às teorias da metodologia Seis Sigma e da Taxonomia de Bloom, desenvolve-se um modelo de avaliação que é aplicado ao problema e avaliado por Champions e Master Black Belts que constatarem ou não a eficácia do modelo de avaliação. A **Figura 1.1** mostra o processo cíclico de aplicação da Pesquisa-Ação com relação ao problema de pesquisa desta dissertação de mestrado.

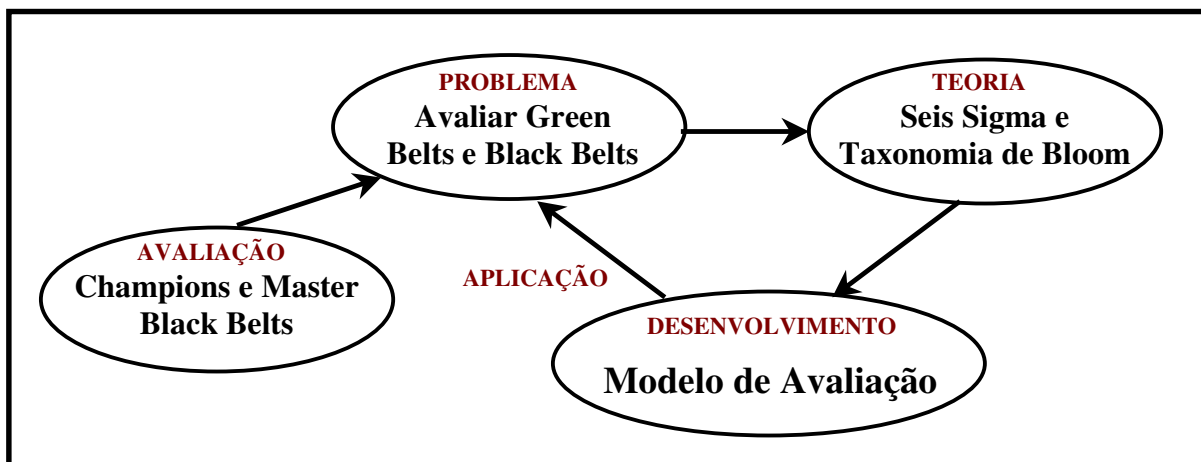


Figura 1.1 – Processo Cíclico da Pesquisa-Ação.
Fonte: Modelo adaptado de Westbrook, (1994).

1.9 – VARIÁVEIS DE ESTUDO

DEPENDENTES (Y):

São as variáveis de resposta de um fenômeno, aqui representada pelo:

DESEMPENHO DO ALUNO: a variável resposta desta dissertação está relacionada ao desempenho do aluno (Green Belt ou Black Belt em formação) após o término de cada avaliação. O desempenho é medido de duas formas: com relação às etapas do DMAIC ou com relação aos níveis da Taxonomia de Bloom, conforme descrito no *Capítulo 4*. Dessa maneira, quanto maior o índice de aproveitamento do aluno melhor, pois este deve atingir a nota pré-estabelecida pelo professor para avançar para os próximos tópicos do treinamento.

INDEPENDENTES (X):

São os elementos que podem ser alterados de acordo com a necessidade da pesquisa. Nesta dissertação, estas variáveis são: o banco de questões, o grau de dificuldade das questões, as etapas do método DMAIC e os níveis da Taxonomia de Bloom.

1.10 - ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em 6 capítulos, incluindo-se a introdução.

No **capítulo 2** é realizada revisão bibliográfica sobre a Metodologia Seis Sigma, onde se apresenta os conceitos referentes a tal metodologia. O capítulo inicia-se com um breve histórico sobre a Metodologia Seis Sigma, bem como as filosofias que antecederam esta metodologia. O próximo tópico relata as diversas definições que envolvem a metodologia, seguidos por tópicos que justificam a implantação da metodologia, seus fatores de sucesso e onde a metodologia pode ser aplicada. A próxima abordagem diz respeito ao modelo de controle DMAIC, parte fundamental da metodologia Seis Sigma, em que se apresenta uma breve definição e caracterização de cada uma de suas etapas. O capítulo encerra-se mostrando a estrutura da metodologia Seis Sigma, em que são apresentados os membros da equipe Seis Sigma, bem como a descrição de cada um, em especial de Green Belts e Black Belts, nos quais sugere-se o currículo ideal para cada um.

No **capítulo 3**, apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre a Taxonomia de Bloom e alguns conceitos relacionados ao processo de aprendizagem, onde se inicia o capítulo, enfatizando a importância de se conhecer e aplicar o processo de aprendizagem. Com esse intuito, o capítulo discute o papel do professor em treinamentos e cursos diversos e enfatiza os treinamentos em metodologia Seis Sigma, foco dessa dissertação. O próximo tópico é sobre a avaliação que mostra seu conceito e características. Finalmente, o capítulo aborda a Taxonomia de Bloom, apresentando um breve histórico, os três domínios de habilidades de aprendizagem, a definição e foco na Taxonomia de Bloom de domínio cognitivo, bem como uma descrição detalhada de cada nível deste domínio.

No **capítulo 4**, apresenta-se o modelo de avaliação, descrevendo cada etapa de seu desenvolvimento e apresentando suas principais características. É importante salientar que este

capítulo apresenta também as características da avaliação em si, como o estilo de questões e sua organização.

O *capítulo 5* descreve como foi conduzida a aplicação do modelo de avaliação a estudantes de um treinamento em Metodologia Seis Sigma, apresentando os resultados obtidos, bem como sua análise.

O *capítulo 6* é utilizado para expressar as conclusões obtidas, bem como sugestões para trabalhos futuros.

2 – SEIS SIGMA

2.1 – INTRODUÇÃO

O cenário econômico mundial exerce pressões sobre as organizações para que estas se mantenham competitivas a cada momento, o que faz com que tais organizações estejam reformulando suas estratégias de negócios para sustentar suas vendas. Atualmente o mercado consumidor não admite falhas nos produtos, a qualidade, que era medida através da porcentagem de defeitos, hoje é avaliada por partes por milhão (ppm), o que motiva as organizações a investirem em programas de qualidade e produtividade.

De acordo com Harry e Schroeder (2000), as empresas estão buscando novos caminhos para aumentar a sua lucratividade. A metodologia Seis Sigma visa reduzir a variabilidade, e conseqüentemente os defeitos e os custos. Assim, o foco da metodologia Seis Sigma é a obtenção de melhorias radicais em termos de qualidade, produtividade e custos, influenciando diretamente a lucratividade das organizações.

As principais organizações entendem que controlar a variabilidade do processo como forma de redução de falhas e aumento de confiabilidade se torna mais eficiente do que simplesmente procurar eliminar os defeitos. Com relação à variabilidade, a metodologia Seis Sigma consegue resultados dificilmente atingidos por outras metodologias. Como forma para descrever e controlar a variabilidade, tais organizações usam a estatística de maneira inteligente.

De acordo com Breyfogle III et al (2001) diversas empresas apresentam resultados expressivos através da aplicação da metodologia Seis Sigma, dentre essas empresas, pode-se destacar: Motorola, GE, Sony, Samsung e Kodak.

A metodologia Seis Sigma é uma estratégia que faz o uso estruturado de uma série de técnicas e ferramentas estatísticas auxiliando as organizações na tomada de decisão, para a implementação de ações de melhoria de processos e produtos. Conseqüentemente, a metodologia Seis Sigma pode proporcionar satisfação aos clientes e lucratividade às organizações, atendendo satisfatoriamente ambas as partes interessadas (Harry e Schroeder, 1998).

2.2 – HISTÓRICO

FATOS QUE ANTECEDERAM A METODOLOGIA SEIS SIGMA

Segundo Folaron (2003), a filosofia apresentada pela metodologia Seis Sigma já havia sido introduzida de uma forma ou de outra ao longo dos anos, conforme ilustra a **Figura 2.1**. As abordagens: foco no cliente, dados direcionados para a tomada de decisão e entendimento de processos não são novas para o sucesso dos negócios. Diferentemente do que se acredita a metodologia Seis Sigma não apresenta nenhuma abordagem nova, o que faz dessa metodologia eficiente é a combinação de elementos com uma abordagem rigorosa e disciplinada promovendo o sucesso nos negócios.

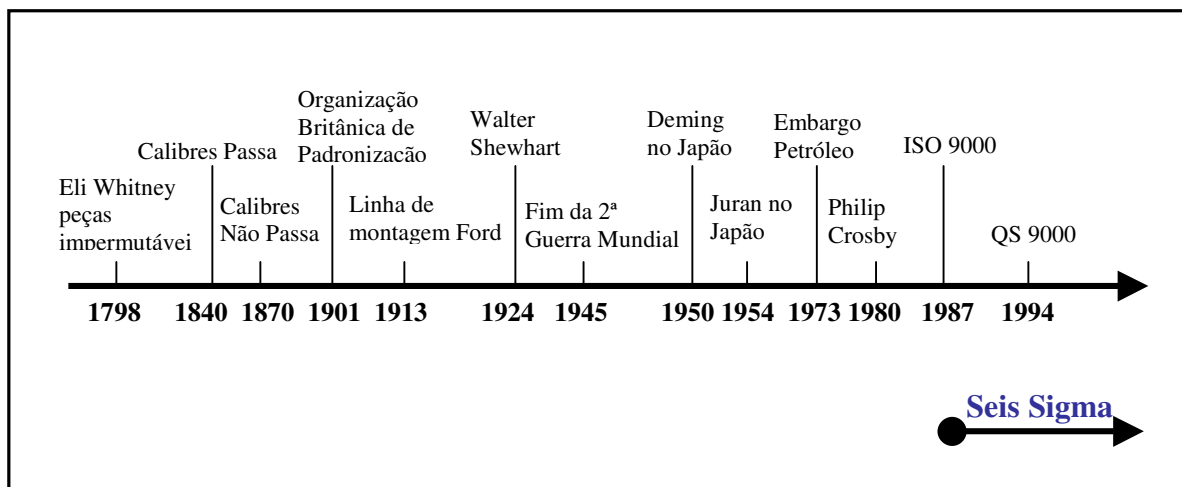


Figura 2.1 – Fatos e abordagens que conduziram até a Metodologia Seis Sigma.
Fonte: Folaron (2003)

A seguir são apresentados cada um dos fatos e abordagens que contribuíram para a idealização da Metodologia Seis Sigma:

1798 – Eli Whitney introduziu um sistema revolucionário de uniformidade, provando que era possível produzir peças impermutáveis (que poderiam ser trocadas) que eram similares o

suficiente no ajuste e função para permitir a seleção aleatória de peças na montagem de mosquetes.

1840 – a introdução de calibres do tipo Passa que verificava a dimensão mínima de uma peça, promoveu métodos objetivos de medições e garantia de consistência dimensional.

1870 – aproximadamente 30 anos mais tarde surgem os calibres do tipo Não Passa que verificava a dimensão máxima de uma peça. Agora era possível verificar as tolerâncias mínimas e máximas de uma peça.

1901 – o desenvolvimento das Organizações de Padronização Industrial na Grã Bretanha foram necessárias para dar consistência na definição da qualidade.

1913 – a introdução da linha de montagem em linha de Henry Ford em sua montadora de carros mostrou a necessidade pela predeterminação da consistência das peças.

1924 – Walter Shewhart desenvolveu as técnicas de controle estatístico do processo (CEP) que foram o início da utilização de métodos preventivos.

1945 – com o fim da Segunda Guerra Mundial, os Estados Unidos enviam profissionais para o Japão a fim de transferir os conceitos de gerenciamento de negócios e técnicas estatísticas aos líderes de empresas japonesas.

1950 – Edward Deming transferiu para os diretores e empresários japoneses os conceitos de CEP e a sua utilização de modo eficaz, pouco tempo depois os produtos japoneses seriam sinônimos de qualidade.

1954 – Juran deu uma contribuição expressiva para o Japão, porém segundo Ishikawa (1993) diferentemente de Deming, Juran focou mais os aspectos da gestão da qualidade.

1973 – o embargo do petróleo forçou os empresários americanos a finalmente reconhecer o valor da qualidade, a redução aos fornecedores de produtos de petróleo resultou no aumento do custo do combustível e em longas filas nos postos de gasolina.

1980 – Philip Crosby escreveu uma abordagem de 14 passos para a melhoria da qualidade e introduziu o conceito de zero defeito.

1987 – foram publicadas as normas da série ISO 9000, esta série foi o resultado da evolução das primeiras normas de sistemas da qualidade, estas normas também são conhecidas como normas de garantia da qualidade.

1994 – a norma de qualidade QS9000 surgiu da união das três maiores montadoras automobilísticas dos Estados Unidos: Ford, General Motors e Chrysler, esta norma tornou-se um pré-requisito para os fornecedores destas montadoras.

Paralelamente aos fatos e abordagens citados anteriormente, em 1987 surge oficialmente a metodologia Seis Sigma, apresentada pela Motorola e mais tarde adotada por várias empresas.

SEIS SIGMA NA MOTOROLA

Segundo Harry e Schroeder (2000), a metodologia Seis Sigma nasceu e se desenvolveu em meados de 1980 na Motorola, mas a raiz original da metodologia foi encontrada no livro “Quality is Free” escrito por Philip Crosby, onde uma das contribuições do autor para a gestão da qualidade foi o conceito do “zero-defeito”, que é a filosofia adotada pela metodologia Seis Sigma.

A metodologia Seis Sigma surgiu no período em que as empresas americanas estavam disputando o mercado de aparelhos eletrônicos com as empresas japonesas. De acordo com Henderson e Evans (2000), as abordagens da metodologia Seis Sigma foi baseada na rigorosa teoria japonesa do TQM (Total Quality Management) para utilizar em processos de manufatura. A diferença entre as abordagens da Qualidade Total e Seis Sigma é apenas uma questão de foco. O programa TQM foca em melhorias em operações individuais com processos não relacionados, enquanto que a metodologia Seis Sigma apresentada pela Motorola foca em melhorias em todas as operações dentro de um processo, produzindo resultados de forma mais rápida e eficiente.

O grande salto na tecnologia de manufatura ocorreu quando a Motorola aplicou a metodologia Seis Sigma no desenvolvimento do pager Bandit, nome atribuído por envolver em seu projeto todos as boas características de produtos similares no mercado, mais tarde comprovou-se que a expectativa média de vida do pager era de 150 anos, o que tornava o produto virtualmente livre de defeitos.

De acordo com Perez-Wilson (1999), o propósito da metodologia Seis Sigma desenvolvida pela Motorola era aumentar a satisfação do cliente, reduzindo ou eliminando os defeitos nos produtos, a meta estabelecida pela Motorola para a melhoria de todos os seus

produtos, bem como serviços, teve como referência melhorar em dez vezes a qualidade até 1989, em cem vezes até 1991 e conseguir o desempenho Seis Sigma até 1992.

Em 1988, a Motorola finalmente desenvolveu seu currículo de ferramentas Seis Sigma e criou os cursos de qualificações para praticantes da metodologia Seis Sigma, o que levou a empresa a receber o Premio Malcolm Baldrige de Qualidade (Hendericks e Kelbaugh, 1998).

FASE PÓS MOTOROLA – REPERCUSSÃO DA METODOLOGIA

Os excelentes resultados da metodologia Seis Sigma na Motorola, chamaram a atenção de outras organizações, tais como a GE e AlliedSignal. A metodologia Seis Sigma ganhou uma repercussão notável quando foi adotada pela GE em 1995.

Na GE, a metodologia Seis Sigma evoluiu de uma abordagem de solução de problemas para tornar-se uma estratégia de negócios, assim a empresa focou na redução de causas comuns de variação ao invés de causas especiais de variação, o que vinha fazendo há anos.

Segundo Welch et al (2001) a GE lutou mais de cem anos para passar de 10% de resultado operacional, com a metodologia Seis Sigma a margem operacional da GE rapidamente atingiu a marca de 19% em 2000.

A GE é considerada uma empresa modelo. Como a GE passou a utilizar a metodologia Seis Sigma com excelentes resultados, isso chamou a atenção do mercado. A partir desse momento, a metodologia Seis Sigma disseminou-se rapidamente.

2.3 – VISÃO GERAL

DEFINIÇÃO

A idéia básica da filosofia Seis Sigma é reduzir continuamente a variação em processos e produtos. A filosofia Seis Sigma reconhece que há uma correlação direta entre o número de produtos defeituosos, o desperdício de recursos operacionais e o nível de insatisfação do cliente (Harry e Schroeder, 1998).

Segundo Linderman et al (2003), a metodologia Seis Sigma é um método sistemático e organizado para melhoria de processos, novos produtos e desenvolvimento de serviços que se baseia em métodos estatísticos e científicos para realizar uma dramática redução nas taxas de defeitos definidas pelo cliente.

A metodologia Seis Sigma tem diferentes interpretações e definições que se caracterizam pela abrangência, ou seja, acomodam uma série de elementos. Segundo Perez-Wilson (1998), a metodologia Seis Sigma pode significar muitas coisas e é utilizada de diversas maneiras. A seguir são apresentadas as diversas formas de se definir a metodologia Seis Sigma:

Benchmarking – a metodologia Seis Sigma é utilizada como um parâmetro de comparação do nível de qualidade de processos, operações, produtos, características, equipamentos, máquinas, divisões, entre outros. Assim, segundo Behara e Lemmink (1997), a abordagem Seis Sigma permite a comparação de vários serviços em uma base comum.

Meta – a metodologia Seis Sigma pode ser considerada como uma meta de qualidade a ser alcançada, que consiste em chegar muito próximo de zero defeito, erro ou falha. Seis Sigma é um termo estatístico que se refere a 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO) ou 99,99966% de exatidão, o qual está próximo de se conseguir a perfeição (Paul, 1999). A relação entre a taxa de defeitos por milhão de oportunidades e o nível Seis Sigma é apresentada na **Tabela 2.1**.

Nível Sigma	Taxa de DPMO
1	697.672
2	308.770
3	66.810
4	6.210
5	233
6	3,4

Tabela 2.1 – Relação entre nível sigma e taxa de DPMO
Fonte: Henderson e Evans (2000)

Medida – a metodologia Seis Sigma é uma medida para determinado nível de qualidade, ou seja, quando o número sigma é baixo, por exemplo, em processos com nível 2 sigma implicando em mais ou menos 2 desvios padrão dentro das especificações, o nível de qualidade não é tão alto. Segundo Breyfogle III (1999), uma empresa com nível 3 sigma é uma empresa que

permite perder 20000 cartas de correio por hora, realizar 5000 operações cirúrgicas incorretas por semana, receitar 200000 medicamentos incorretos por ano. A **Figura 2.2** mostra o nível de qualidade Seis Sigma associado com empresas médias e as melhores empresas.

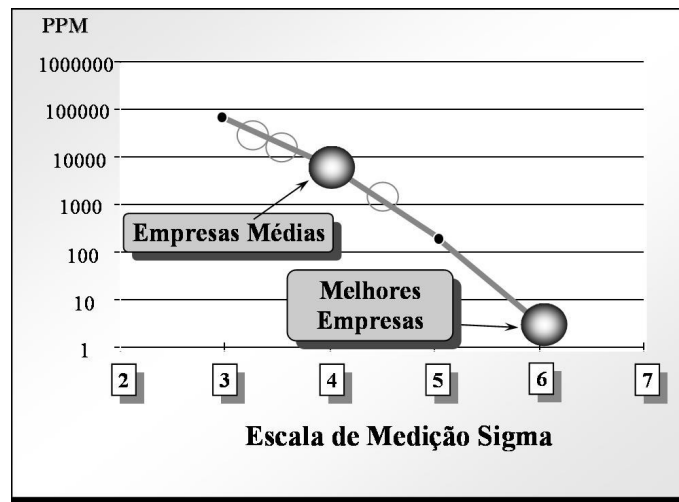


Figura 2.2 – Associação do nível Seis Sigma com as empresas

Fonte: Breyfogle III (1999)

Filosofia – a metodologia Seis Sigma pode ser compreendida como uma filosofia de melhoria perpétua do processo (máquinas, mão-de-obra, métodos, metrologias, materiais e ambientes) e redução de sua variabilidade na busca de zero defeito. Segundo Linderman et al (2003), um passo essencial na filosofia Seis Sigma é determinar exatamente o que o cliente deseja e definir os defeitos em termos de seus parâmetros críticos para a qualidade.

Estatística – a metodologia Seis Sigma é uma estatística calculada para cada característica crítica para a qualidade (CTQ – Critical to Quality) para a avaliação de desempenhos em relação a especificações e tolerâncias.

Estratégia – a metodologia Seis Sigma é uma estratégia baseada na inter-relação existente desde o projeto de um produto até a sua qualidade final, passando por suas etapas de fabricação.

Valor – a metodologia Seis Sigma é o valor correspondente a 12 vezes um dado valor de desvio padrão (σ), assumindo 6 vezes esse valor de desvio padrão para cada lado dos limites de especificação com relação à média dos dados, ou seja:

$$\pm 6\sigma = 12.\sigma$$

Visão – a metodologia Seis Sigma é a visão de levar uma organização a ser a melhor em seu ramo, é estender a qualidade para além das expectativas do cliente.

Pode-se dizer que a metodologia Seis Sigma é um conceito que está apoiado em quatro colunas básicas (Características Críticas do Cliente, Fundamentação em Dados, Gerenciamento de Processos e Metodologia Robusta) conforme ilustra a **Figura 2.3**.

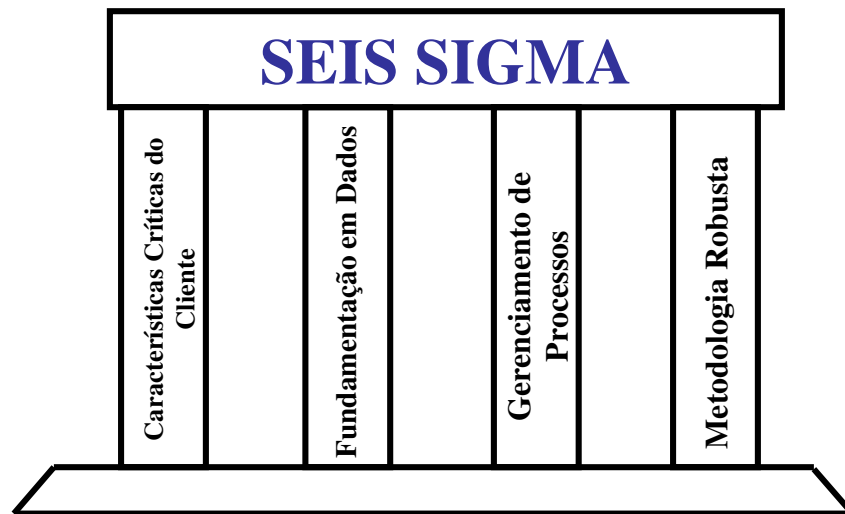


Figura
2.3 – Bases da Metodologia Seis Sigma
Fonte: Figura adaptada de Rotondaro et al (2002)

Assim, segundo Rotondaro et al (2002), a metodologia Seis Sigma não é um simples esforço para aumentar a qualidade, mas sim um esforço para aperfeiçoar os processos empresariais. É um programa de melhoria de todo o negócio, que resultará em fortes impactos nos resultados financeiros da organização, aumentará a satisfação de seus clientes e ampliará a participação no mercado.

RAZÕES PARA IMPLEMENTAÇÃO

Implementar a metodologia Seis Sigma é um processo relativamente caro e que exige um alto grau de comprometimento de toda a organização, por esse motivo algumas organizações

questionam a necessidade de sua implementação, a seguir são apresentadas algumas razões para a implementação da metodologia Seis Sigma:

- responder e focar nas bases do cliente fazendo o que o cliente deseja antes deste desejar, é necessário olhar para o futuro e sanar as necessidades do cliente com competência.
- melhorar o desempenho de produtos e serviços através da redução de defeitos inerentes aos processos e materiais utilizados na produção destes.
- melhorar o desempenho financeiro e a lucratividade do negócio, segundo Henderson e Evans (2000), as organizações com nível sigma igual a 3, com aproximadamente 66.000 defeitos por milhão, perdem mais de 25% de sua renda total devido aos defeitos.
- ser capaz de quantificar seus programas de qualidade, a metodologia Seis Sigma esforça-se para eliminar os defeitos forçando a organização a quantificar sua qualidade.
- ser considerado como um fornecedor para o negócio, fornecedores que possuem baixas taxas de defeitos por milhão podem ser considerados aptos para o negócio.

Segundo Hild, Sanders e Cooper (2000), os objetivos da metodologia Seis Sigma também incluem:

- definir e medir a variação com a pretensão de descobrir suas causas;
- desenvolver meios operacionais para controlar e reduzir a variação;
- obter processos mais eficientes e capazes.

FATORES DE SUCESSO

Segundo Goldstein (2001), existem 13 fatores chaves de sucesso para uma implementação bem sucedida da metodologia Seis Sigma, esses fatores são relacionados e explicitados a seguir:

Fator 1 – Plano de Formação: toda estrutura necessita de uma fundação para suportá-la. O objetivo de desenvolver uma fundação é conhecer ou antecipar as necessidades dos clientes.

Fator 2 – Participação ativa de executivos: a metodologia Seis Sigma não irá sobreviver muito tempo sem o suporte e o compromisso do líder da organização, os executivos devem ser uma parte visível do programa de implantação da metodologia.

Fator 3 – Revisão de Projetos: realizar revisões de projetos regularmente mantém os Green Belts e Black Belts focados nos projetos e garante que a estratégia e a metodologia Seis Sigma estão sendo aplicadas corretamente.

Fator 4 – Suporte Técnico: a metodologia Seis Sigma não é uma magia que resolve todos os problemas automaticamente, ela necessita de pessoas criativas e com uma forte habilidade analítica, essas pessoas são os Master Black Belts e os Black Belts que são os suportes para o auxílio na aplicação correta da metodologia.

Fator 5 – Recursos de tempo integral versus tempo parcial: a decisão de empregar seus recursos em tempo integral ou parcial para a metodologia Seis Sigma depende exclusivamente dos executivos da organização que devem considerar alguns aspectos de sua organização como um todo, como por exemplo: necessidades dos clientes, competitividade, lucratividade, custo de defeitos, entre outros.

Fator 6 – Treinamento: é essencial para a metodologia Seis Sigma que sejam realizados treinamentos dos empregados da organização, porém o treinamento deve ser completo e não deve sobrecarregar as pessoas sem a devida necessidade.

Fator 7 – Comunicação: é necessário desenvolver um plano para comunicar a metodologia Seis Sigma por toda a organização, esclarecendo os fundamentos básicos da metodologia e fazendo com que as pessoas se sintam parte fundamental da metodologia.

Fator 8 – Seleção de Projetos: primeiramente é necessário definir o que torna um projeto bom a ponto de ser aceito pela organização como um projeto Seis Sigma. Um bom projeto deve apresentar as seguintes características: focar a característica crítica da qualidade de acordo com o cliente, a variável de resposta deve ser facilmente mensurável, deve haver um benefício financeiro para o negócio, os dados devem ser facilmente coletados, o projeto deve apresentar uma alta probabilidade de sucesso, o projeto deve ser concluído em quatro a seis meses, Black Belts não devem selecionar os próprios projetos e deve-se utilizar uma abordagem correta para a realização do projeto. Conhecidas as características de um bom projeto, as abordagens para identificar os melhores projetos são: reunir dados de qualidade, desenvolver um compreensivo

mapa de processo das operações que descreva os passos para a entrega do produto ou serviço em questão, fazer benchmarking com os processos críticos e determinar o custo da má qualidade.

Fator 9 – Rastreamento de Projetos: é necessário estabelecer um bom sistema para rastrear projetos de tal forma que: rastreie resultados de projetos finalizados, alerte quando um projeto está bloqueado, sirva como uma biblioteca de informações que possa ser pesquisada por toda a organização a fim de auxiliar na realização de novos projetos.

Fator 10 – Programa de Incentivo: a metodologia proporciona recompensas para aqueles que conseguem finalizar projetos e economizar dinheiro para a organização. Projetos bem sucedidos podem ser muito importantes na carreira de Black Belts na organização, e podem proporcionar recompensas para metas individuais e metas da equipe. A política de recompensas seja ela financeira ou não, é um fator importante para a continuidade da metodologia dentro da organização.

Fator 11 – Ambiente Seguro: a organização deve proporcionar um ambiente seguro para que os problemas dos projetos possam ser discutidos sem represálias. Sem esse ambiente, as pessoas não irão explicitar os problemas reais e os projetos terão um pequeno impacto na organização, perdendo-se as reais oportunidades de melhoria.

Fator 12 – Desenvolver um plano para fornecedores: é essencial que a organização desenvolva um plano para que seus principais fornecedores estejam envolvidos com a metodologia Seis Sigma. A melhoria de produtos e serviços dos fornecedores será muito benéfica para a organização.

Fator 13 – Clientes: é muito importante destacar que a metodologia Seis Sigma foca o cliente, assim uma boa prática é selecionar projetos que tenham impacto direto no cliente e seja sentido diretamente pelo mesmo, ou ainda implementar projetos nos quais suas fronteiras possam expandir dentro das operações do cliente.

Além dos fatores apresentados anteriormente, Antony e Banuelas (2002) complementam esses fatores críticos de sucesso com dois ingredientes chaves para a efetiva implementação da metodologia Seis Sigma em uma organização:

- *Mudança Cultural:* a implementação da metodologia requer alguns ajustes na cultura da organização e mudanças de atitudes dos empregados.

- *Unir a metodologia à estratégia de negócio*: a metodologia Seis Sigma não pode ser tratada como uma atividade isolada, ela necessita ser incorporada à estratégia de negócios da organização ao invés de simplesmente fornecer ferramentas de melhoria.

BENEFÍCIOS DA METODOLOGIA

Entre os vários benefícios do emprego da metodologia Seis Sigma em uma organização pode-se destacar, segundo Pande (2001):

- Gerar o sucesso sustentado, através do desenvolvimento de habilidades e cultura para um revigoramento constante da organização;
- Determinar uma meta de desempenho para todos, com base no processo e no cliente, comuns às várias áreas da organização: o desempenho Seis Sigma;
- Intensificar o valor para o cliente, auxilia a aprender o que significa valor para o cliente e a planejar como oferecer isto de forma lucrativa;
- Acelerar a taxa de melhoria, ou seja, a metodologia Seis Sigma não ajuda somente na melhoria do desempenho, mas também agiliza o processo de melhoria;
- Promover a aprendizagem e a “polinização cruzada” uma vez que normalmente aumenta e acelera o desenvolvimento e o compartilhamento de novas idéias por toda a organização;
- Executar mudanças estratégicas, uma melhor compreensão dos processos e procedimentos proporcionando uma maior capacidade de promover ajustes ou mudanças dentro da organização.

ONDE SE APLICA A METODOLOGIA

A metodologia Seis Sigma é aplicável a processos técnicos e não técnicos. Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), os processos técnicos possuem como entradas as partes de peças, montagens, produtos, e matérias-primas, já as saídas desses processos são normalmente um produto final, uma montagem ou submontagem. Assim, o fluxo do produto é visível e

tangível, permitindo várias oportunidades para a coleta de dados e medições. Um processo de fabricação é tido como um processo técnico.

No entanto, um processo não técnico é difícil de ser visualizado, são basicamente processos administrativos, de serviços ou transações, nesses processos as entradas podem não ser tangíveis, porém conforme Slack, Chambers e Johnston (2002) tais atividades são consideradas processos, o que permite um melhor entendimento de forma que se possa determinar suas características, otimizá-las, controlá-las e assim, eliminar erros e falhas. Da mesma maneira que ocorre em processos de manufatura de produtos, os clientes esperam na prestação de serviço confiança e consistência.

A metodologia Seis Sigma força uma organização a reexaminar a maneira na qual um trabalho é realizado, isto simplifica processos e sistemas, melhorias de capacidade, e encontra uma forma de controlar processos e sistemas permanentemente. Esta é basicamente a razão pela qual uma organização deve alcançar o nível Seis Sigma em tudo que ela faça.

Devido a versatilidade de ser aplicada tanto a processos técnicos como processos não técnicos, como citado anteriormente, a metodologia Seis Sigma pode ser aplicada a vários setores em uma mesma organização, como demonstra a **Figura 2.4**.

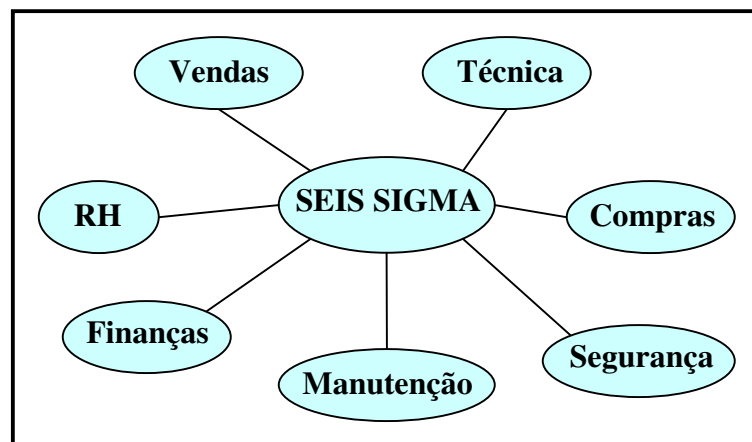


Figura 2.4 – Seis Sigma aplicável a vários setores

2.4 – O MODELO DMAIC

De acordo com Lucier e Seshadri (2001), a abordagem Seis Sigma consiste na utilização de princípios e ferramentas para orientar as mudanças nos processos, seguindo uma rigorosa filosofia de gerenciamento baseada na ciência, assim, a metodologia está fortemente baseada em

métodos estatísticos. Porém, a maior parte desses métodos estatísticos, como por exemplo, Controle Estatístico do Processo (CEP) e Projetos de Experimentos (DOE), já existem há muito tempo. No entanto, a metodologia traz como novidade a integração das ferramentas em um modelo denominado DMAIC. Segundo Sanders e Hild (2000), esta integração caracteriza uma abordagem que torna a metodologia Seis Sigma única.

O modelo DMAIC é uma sigla que corresponde as iniciais de: D – define (definição), M – measure (medição), A – analysis (análise), I – improve (melhoria) e C – control (controle). De acordo com Harry e Schroeder (1998), o modelo surgiu inicialmente como MAIC (Medição, Análise, Melhoria e Controle) na Motorola como uma evolução do ciclo PDCA; iniciais de P: plan (Planejar), D: do (fazer), C: control (controlar) e A: action (agir); e depois foi adotado pela GE como DMAIC.

As fases do modelo DMAIC poderiam ser visualizadas em dois grupos: caracterização e otimização. A caracterização engloba a definição, medição e análise, e tem como objetivo obter uma descrição do processo, seu fluxo, suas saídas, o desempenho atual, as variáveis envolvidas e o seu impacto no resultado. A otimização é composta pelas fases melhoria e controle, onde se visa à otimização e controle dos parâmetros do processo (Adami, 2002).

Cada uma das fases do modelo DMAIC pode ser caracterizada por uma questão fundamental, conforme ilustra o **Quadro 2.1**, evidenciando a importância de cada fase para a conclusão de um projeto Seis Sigma.

<i>Define</i>	1. Qual é a expectativa do cliente?
<i>Measure</i>	2. Qual a frequência de defeitos?
<i>Analysis</i>	3. Por que, quando e onde os defeitos ocorrem?
<i>Improve</i>	4. Como o processo pode ser melhorado?
<i>Control</i>	5. Como o processo pode ficar sob controle?

Quadro 2.1 – Questões fundamentais do DMAIC

Um dos aspectos importantes para o sucesso da implementação da metodologia Seis Sigma é o foco no modelo DMAIC, que é uma abordagem quantitativa disciplinada para a melhoria de métricas definidas nos processos de manufatura, de serviços e financeiros que consiste no ciclo de melhoria das cinco fases do DMAIC (Santos e Martins, 2003). A seguir será apresentada cada fase do modelo DMAIC, bem como suas definições:

Fase Definição – Esta fase consiste em definir claramente o problema ou a oportunidade a ser explorada, a meta, o cliente a ser atendido e qual o processo a ser investigado. A seguir, o projeto passa a ser caracterizado, definindo-se seus objetivos, seu cronograma e se possível, uma meta mensurável para os resultados desejados. Outra característica importante relatada nessa fase é a característica crítica da qualidade (CTQ's), ou seja, os indicadores primários do projeto. As características citadas acima são documentadas em uma Carta de Projeto para que os gestores do projeto avaliem e destinem recursos necessários aos projetos que maximizem os resultados financeiros para a organização. As principais ferramentas utilizadas nessa fase são: pesquisa de mercado, desdobramento da função qualidade (QFD – quality function deployment), matriz de causa-e-efeito, carta de projeto e indicadores/gráficos.

Fase Medição – A medição é provavelmente o maior investimento que uma organização pode fazer em sua iniciativa Seis Sigma. Em longo prazo obtém-se uma infra-estrutura de medição de extrema importância, a qual permitirá monitorar o processo e responder rapidamente a mudanças (Pande, 2001). Além de definir o que deve ser medido, é importante criar um plano de coleta de dados que possibilite ter uma visão geral de como e quem realizará as medições, bem como um estudo do sistema de medição a fim de se comprovar a confiança dos dados medidos. As principais ferramentas utilizadas nessa fase são: estatística base, análise do sistema de medição (MSA – measurement system analysis) e o cálculo de capacidade do processo.

Fase Análise – A análise pode ser vista como um ciclo, impulsionado pela geração e avaliação de hipóteses quanto às causas do problema. A escolha das ferramentas vai depender do processo e da maneira na qual o problema é abordado (Pande, 2001). A ênfase dessa fase é a análise dos dados coletados e a determinação raiz das causas de defeitos e oportunidades de melhoria, as análises estatísticas são utilizadas com essa finalidade. As principais ferramentas

utilizadas nessa fase são: análise dos modos e efeitos de falha (FMEA – failure modes and effects analysis), teste de hipóteses, análise de variância (ANOVA – analysis of variance), testes não paramétricos, correlação, regressão simples e teste qui-quadrado, entre outras.

Fase Melhoria – O foco dessa fase é a otimização do processo e o aprimoramento das características dos produtos, visando atingir as metas de desempenho técnico e financeiro estabelecidas no projeto durante a fase de Definição. Assim, os dados estatísticos devem ser traduzidos em dados de processo e as melhorias devem ser implementadas através da modificação técnica do processo, atuando nas causas raízes. As principais ferramentas utilizadas nessa fase são: planos de ação, manufatura enxuta (lean manufacturing), DOE e métodos de regressão múltipla.

Fase Controle – Para prevenir a recorrência do problema e garantir a manutenção do desempenho alcançado, medidas de controle são implementadas, recorrendo-se a constante medidas das variações e a um plano de monitoramento que possibilite ações corretivas e previna a reversão a um estado de desempenho inferior. As principais ferramentas utilizadas nessa fase são: CEP, dispositivos a prova de falhas (Poka Yoke) e gráficos de controle por variáveis e atributos.

Etapa	Descrição	Foco
Definir		
A	Identificar CTQs do Projeto	
B	Desenvolver Escopo de Atuação da Equipe	
C	Definir Mapa do Processo	
Medir		
1	Selecionar Característica do CTQ	Y
2	Definir Padrão de Desempenho	Y
3	Análise do Sistema de Medição e Coleta de Dados	Y
Analisar		
4	Estabelecer a capacidade do Processo	Y
5	Definir Objetivo do Desempenho	Y
6	Identificar Origens de Variação	X
Melhorar		
7	Filtrar Causas Potenciais de Variação	X
8	Descobrir Relações entre as Variáveis e Propor Soluções	X
9	Estabelecer Tolerâncias Operacionais & Solução Piloto	Y,X
Controlar		
10	Validar Sistema de Medição	Y,X
11	Determinar a Capacidade do Processo	Y,X
12	Implementar Sistema de Controle do Processo	X

Quadro 2.2 – Roadmap da GE

Um dos modelos DMAIC mais utilizados e aceitos é o Roadmap da GE (*Quadro 2.2*). Este modelo foi utilizado como base para a confecção das perguntas de avaliação de *Green Belts* e *Black Belts* devido a inquestionável competência da GE na utilização e aplicação da metodologia Seis Sigma, o Roadmap da GE apresenta ainda as etapas necessárias ao treinamento de *Green Belts* e *Black Belts*.

2.5 – ESTRUTURA DA METODOLOGIA SEIS SIGMA

A constituição da equipe Seis Sigma é um elemento fundamental no sucesso da metodologia dentro de uma organização, uma vez que as organizações são construídas ao redor de indivíduos e de seus conhecimentos e não apenas ao redor de filosofias e programas. Por esta razão, o sucesso na implementação e na aplicação da metodologia Seis Sigma depende fundamentalmente da participação das pessoas da organização. Sozinha, a estratégia não consegue tornar uma organização melhor, porém, a estratégia associada às pessoas certas consegue tornar uma organização melhor.

Na metodologia Seis Sigma tudo começa e termina com o cliente, ele certamente espera por desempenho, confiabilidade, preços competitivos e entregas no prazo. Segundo Harry e Schroeder (2000), os clientes não querem apenas ouvir ou ler que as organizações estão implementando a metodologia Seis Sigma, mas querem ver e sentir os resultados. O treinamento de funcionários é a única forma na qual as organizações melhoram drasticamente os processos que chegam aos clientes.

A nomenclatura utilizada para a equipe Seis Sigma é baseada na graduação utilizada em artes marciais. Conforme Harry e Schroeder (1998), esses termos foram desenvolvidos na Motorola e procuram salientar as qualidades de um especialista no sistema. Na aplicação da técnica Seis Sigma, o especialista tem que ter as mesmas qualificações que o especialista das artes marciais. Os principais membros da equipe Seis Sigma são denominados: Líderes Executivos, Champions, Master Black Belts, Black Belts e Green Belts. A **Figura 2.5** mostra a estrutura típica da metodologia Seis Sigma, em que a linha cheia representa uma ligação de autoridade, enquanto a linha tracejada significa uma relação sem subordinação.

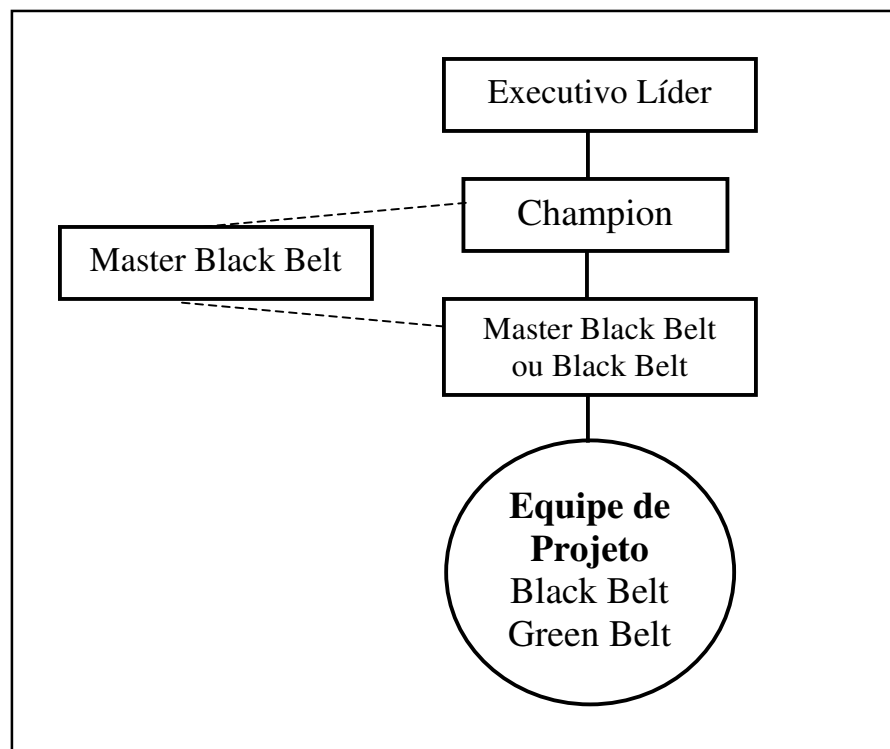


Figura 2.5 – Estrutura da Metodologia Seis Sigma
Fonte: Reis (2003)

Nos tópicos posteriores serão apresentadas as definições e as principais características dos membros da equipe Seis Sigma.

EXECUTIVO LÍDER

É também conhecido na metodologia Seis Sigma como *Sponsor*, esta função geralmente é desempenhada pela alta gerência da organização, são as mesmas pessoas que integram os Comitês ou Conselhos de Qualidade, ou seja, o grupo funcional que inclui a participação da alta gerência.

As principais atribuições do *Executivo Líder*, segundo Reis (2003) e Rotondaro et al (2002), são:

- responsabilidade pela implantação da metodologia Seis Sigma na organização;
- comprometimento para o sucesso da implantação da estratégia de melhoria;
- condução, incentivo e supervisão às iniciativas Seis Sigma em toda a organização;
- definição e fornecimento de infra-estrutura e recursos;
- seleção de projetos específicos;
- atuação como patrocinador nos projetos;
- revisão regular do andamento dos projetos;
- verificação dos benefícios financeiros alcançados com os projetos Seis Sigma;
- remoção de obstáculos ao trabalho dos grupos;
- seleção de executivos (diretores e gerentes) para desempenharem a função de *Champion*.

CHAMPION

Esta função existe normalmente em empresas de grande porte com diversas divisões. O *Champion* geralmente é um membro da gerência com experiência e autoridade para acompanhar os projetos de melhoria.

Os *Champions* exercem papel fundamental na obtenção de resultados eficazes na metodologia Seis Sigma, estabelecem o escopo do trabalho controlando o tamanho e a viabilidade do projeto.

De acordo com Harry e Schroeder (2000), existem dois tipos de *Champions*: os de *Formação* e os de *Projeto*, em que ambos possuem papéis chaves de liderança executiva para desempenharem nos negócios da organização. O *Champion de Formação* possui uma responsabilidade adicional essencial para auxiliar no sucesso da metodologia Seis Sigma, este profissional trabalha para implementar a metodologia por todos os seus negócios. O *Champion de Projeto*, no entanto, tenta quebrar as barreiras culturais, cria um sistema de suporte, assegura-se da disponibilidade dos recursos financeiros e identifica os projetos de melhoria. São também focos deste profissional as alterações em operações de manufatura e resultados funcionais, bem como o auxílio à *Master Black Belts* na implementação da metodologia Seis Sigma.

Dentre as diversas atribuições do *Champions*, podem-se destacar segundo Reis (2003) e Rotondaro et al (2002):

- liderança dos executivos-chaves;
- organização e guia para o início, o desdobramento e a implementação da metodologia Seis Sigma por toda a organização;
- definição das pessoas que irão disseminar os conhecimentos sobre Seis Sigma por toda a organização;
- participação na seleção de projetos;
- seleção dos membros das equipes de projetos;
- apresentação do projeto à equipe Seis Sigma;
- revisão da Carta de Projeto e documentação elaborada pela equipe;
- acompanhamento regular do andamento dos projetos;
- apoio à equipe Seis Sigma;
- reconhecimento do sucesso alcançado pela equipe na conclusão de projetos de melhoria;
- garantir a passagem dos projetos Seis Sigma para os proprietários do processo.

MASTER BLACK BELT

Assim como o *Champion*, esta função existe normalmente em empresas de grande porte com diversas divisões. O *Master Black Belt (MBB)* é selecionado pelo *Champion* para coordenar a implantação da metodologia Seis Sigma na organização. Segundo Snee (2003), O *MBB* é essencial no sucesso da implantação da metodologia Seis Sigma.

Originalmente, a principal característica a ser considerada na seleção de candidatos era uma pré-filtragem e o conhecimento técnico. Entretanto, como os treinamentos se desenvolveram e oferecem muito do conhecimento necessário, Master Black Belts e Black Belts estão sendo selecionados considerando suas habilidades gerenciais e organizacionais (Hahn, Doganaksoy e Hoerl, 2000).

Assim, segundo Snee (2003), o *MBB* combina as habilidades técnicas além daquelas que o *Black Belt* possui, com as habilidades de liderança e gerenciamento dos *Champions*. De acordo com Reis (2003), a função de *MBB* pode ser desempenhada por um membro da alta gerência em tempo integral ou como parte de suas funções. Porém, este profissional deve ter concluído vários projetos Black Belt e realizar um treinamento de duas a cinco semanas além do treinamento de quatro semanas de formação do *Black Belt*.

Os encargos de um *MBB* recaem em categorias de liderança, gerenciamento e técnica. Os *MBB's* possuem um profundo entendimento da metodologia Seis Sigma assim como em níveis estratégicos e operacionais. Dessa maneira entre as várias responsabilidades de um *MBB*, pode-se destacar, segundo Reis (2003) e Rotondaro et al (2002):

- auxílio na implantação da metodologia Seis Sigma dentro da organização, promovendo uma visão estratégica para melhoria de processos e serviços;
- responsabilidade pelas mudanças de melhoria na organização;
- identificação das melhores práticas para a melhoria de processos e gerenciamento;
- ajuda aos *Champions* na seleção e análise de novos projetos de melhoria;
- dedicação exclusiva (full time) para a aplicação da metodologia Seis Sigma dentro da empresa;
- identificação e recomendação de pessoal para funções essenciais à metodologia Seis Sigma na organização;

- preparação e execução de planos de treinamentos para *Black Belts* e *Green Belts*;
- oferecimento de instrução e auxílio à *Black Belts* e *Green Belts* no desenvolvimento de seus projetos de melhoria;
- registro do progresso geral do programa Seis Sigma.

BLACK BELT

Este profissional fornece assistência especializada em assuntos que incluem ferramentas estatísticas e não-estatísticas, gerenciamento de mudanças e estratégias de projetos de melhoria de processos e serviços. Segundo Harry e Schroeder (2000), os *Black Belts* processam as habilidades e os conhecimentos Seis Sigma necessários para a implantação, conservação e liderança de iniciativas dentro das metas das áreas ou unidades de negócio.

São de vital importância para a organização, pois estimulam novas formas de pensamento em gerenciamento, desafiam os conhecimentos convencionais através de demonstrações de aplicações bem sucedidas de novas metodologias, procuram e aplicam novas ferramentas, criam estratégias inovadoras e treinam funcionários para seguirem seus passos. Em virtude de seus encargos, o *Black Belt* deve apresentar dentre outras características: paciência, persuasão e ser criativo.

O *Black Belt* pode estar integrado ou não à equipe, porém, caso não esteja integrado, ele passa a desempenhar a função de *coaching* junto às equipes Seis Sigma. *Coaching* pode ser traduzido como treinador, mas o termo pode ser interpretado como um consultor interno que auxilia as equipes Seis Sigma no desenvolvimento de seus projetos. No entanto, quando o *Black Belt* está integrado à equipe, ele é o principal responsável pelo projeto em desenvolvimento, sendo a sua atividade fundamental para a manutenção e continuidade do projeto em questão (Reis, 2003).

A **Figura 2.6** apresenta o diagrama conceitual de Venn para os campos de conhecimento de profissionais da qualidade, estatísticos e *Black Belts*. Nota-se que, conforme afirma Hoerl (2001), o *Black Belt* possui conhecimentos de estatística e qualidade suficientes para a aplicação em projetos Seis Sigma, porém não de forma abrangente como os profissionais nestas respectivas áreas.

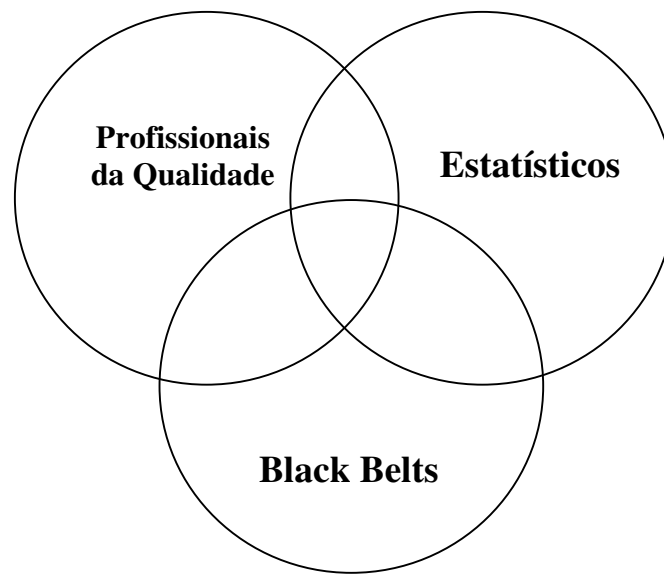


Figura 2.6 – Diagrama de Venn para os Campos do Conhecimento
Fonte: Bailey (2001)

No entanto, observa-se que o *Black Belt* possui uma formação mais diversificada, o que lhe proporciona grande versatilidade no desempenho de suas funções, sustentando a necessidade de treinamentos específicos para este profissional.

As principais responsabilidades de um *Black Belt*, segundo Reis (2003) e Rotondaro et al (2002), são:

- caracterização e otimização de processos-chaves que influenciam os negócios da empresa;
- revisão e esclarecimento dos motivos de realização dos projetos aos executivos líderes e aos *Champions*;
- identificação e execução de projetos que auxiliem na redução de erros e defeitos nos processos, produtos e serviços;
- envolvimento em atividades que visam reduzir trabalho, materiais, tempo de desenvolvimento e inventários;
- identificação e busca de recursos para o desenvolvimento de projetos de melhoria;
- auxílio na solução de problemas, identificando e enfocando os fatores responsáveis pelas saídas incorretas do processo;

- suporte aos demais membros da equipe no emprego das ferramentas estatísticas adequadas;
- treinamento e orientação a *Green Belts* na condução dos grupos.

TREINAMENTO DE BLACK BELTS

O *Black Belt* é um dos principais membros da equipe Seis Sigma, pois cabe a este profissional o desempenho de importantes projetos de melhoria que gerem grandes benefícios financeiros para a organização. Devido a sua importância, um fator essencial é definir os tópicos de conhecimentos submetidos em um treinamento para *Black Belts*. De acordo com Chase (1999), um treinamento para *Black Belt* inclui uma rigorosa programação de aprendizagem de técnicas estatísticas, bem como a prática na aplicação das ferramentas em situações reais de negócios.

Segundo Ingle e Roe (2001), o *Black Belt* recebe treinamento intenso para desempenhar diversas funções diferenciando às vezes de acordo com a organização. Por exemplo, na Motorola o *Black Belt* é um especialista em solucionar problemas e em utilizar ferramentas da metodologia Seis Sigma, na GE, por sua vez, o *Black Belt* além de ser um especialista qualificado na metodologia Seis Sigma, também recebe instrução de gerenciamento de negócios o que habilita este profissional a assumir cargos de gerência em futuras promoções.

Em função de inúmeras discussões sobre o tema, Hoerl (2001) propôs um modelo de currículo recomendado a *Black Belts*, conforme mostra o **Quadro 2.3**. O treinamento proposto tem duração de quatro semanas, porém ao término de cada semana existe um tempo para que os estudantes possam “digerir” todo o conteúdo apresentado e possam desenvolver projetos específicos para cada tópico da metodologia apresentado durante o curso.

Contexto¹

- Por que Seis Sigma?
- Processos DMAIC e DFSS (estudos de casos)
- Fundamentos do gerenciamento de projetos
- Fundamentos de eficiência da equipe

Fase Definição¹

- Seleção de Projetos
- Escopo de Projetos
- Desenvolvimento um Plano de Projetos
- Projetos Multi-Geracionais
- Identificação de Projetos (SIPOC)

Fase Medição¹

- QFD
 - Identificando as necessidades dos Clientes
 - Desenvolvendo métricas críticas-para-qualidade mensuráveis
- Amostras (dados quantitativos e qualitativos)
- Análise do Sistema de Medição (não apenas Estudo de R&R)
- CEP – Parte I
 - O conceito de controle estatístico (estabilidade do processo)
 - As implicações da instabilidade nas medidas de capacidade
- Análise de Capacidade

Fase Análise²

- Básico de ferramentas gráficas de melhoria
- Ferramentas de Planejamento e Gerenciamento
- Intervalos de Confiança
- Teste de Hipóteses
- ANOVA
- Regressão
- Desenvolvimento Conceitual de Projetos em DFSS

Fase Melhoria³⁻⁴

- DOE (fatoriais de dois níveis, projetos screening e Superfície de Resposta).
- Dirigindo melhorias do DMAIC
- FMEA
- Mecanismos à Prova de Erro
- Ferramentas de Projetos DFSS
 - Fluxograma de CTQ
 - Fluxograma de Capacidade
 - Simulação

Fase Controle⁴

- Desenvolvendo Planos de Controle
- CEP – Parte II
 - Utilizando Gráficos de Controle
- Dirigindo novos projetos em DFSS

Quadro 2.3 – Treinamento de Black Belts
Fonte: Hoerl (2001)

De acordo com Hoerl (2001), o treinamento deve enfatizar algumas características em cada fase do modelo DMAIC, assim: na fase Definição o instrutor deve dar importância à seleção de projetos, desenvolvimento de planos de projeto, bem como a identificação de processos relevantes. Na fase de Medição, a ênfase é na qualidade dos dados coletados e uma pequena introdução a gráficos de controle, na fase de Análise, no entanto, é fortemente recomendável a apresentação de ferramentas gráficas de melhoria antes das análises estatísticas formais. Juntamente com a fase de Análise, na fase de Melhoria recomenda-se a inclusão de ferramentas de DFSS (Design for Six Sigma), bem como a apresentação de DOE e análise de capacidade. Por fim, na fase de Controle, as ênfases são em gráficos de controle e procedimentos para monitoramento, set-up, controle e mecanismos a prova de erros em processos.

Os estudantes são avaliados ao longo do treinamento, ou seja, a cada semana concluída os estudantes são submetidos a uma avaliação específica, a qual é decisiva e fundamental para o avanço do estudante para as próximas etapas de treinamento. Nota-se que no **Quadro 2.3**, a semana na qual o material deve ser apresentado é identificada no índice de cada tópico do treinamento.

GREEN BELT

Os *Green Belts* constituem os demais membros da equipe Seis Sigma e normalmente pertencem à média chefia da organização. Este profissional é treinado e torna-se especialista nas ferramentas da metodologia Seis Sigma, porém não possui o mesmo nível de experiência na utilização de habilidades estatísticas e de liderança que o *Black Belt*.

Atualmente, algumas empresas não consideram empregados aptos a promoções, se estes não possuírem pelo menos o treinamento de *Green Belt* (Harry e Schroeder, 2000). Os *Green Belts* são empregados da organização que aplicam a metodologia Seis Sigma como parte de seus trabalhos, porém diferentemente dos *Black Belts*, não se dedicam exclusivamente à metodologia.

Dentre as atribuições de *Green Belts*, podem-se destacar:

- auxílio à *Black Belts* na coleta de dados e no desenvolvimento de experimentos para projetos de melhoria;

- liderança em pequenos projetos de melhoria em suas respectivas áreas de atuação.

TREINAMENTO DE GREEN BELTS

O treinamento de *Green Belts* na GE, e em muitas outras grandes organizações, tem duração de quatro meses e geralmente, é agendado para facilitar o estudante na condução do Projeto Green Belt para não apenas atingir os resultados esperados, mas também auxiliar na prática em situações reais. O **Quadro 2.4** mostra alguns tópicos apresentados durante um típico treinamento de *Green Belt*.

Após a conclusão de cada tópico do programa de treinamento, há um período de aproximadamente um mês para que o estudante possa assimilar os conhecimentos construídos e aplicá-los em seu Projeto Green Belt.

Fases de Definição/Medição (3 dias)

- Seis Sigma: Visão Geral
- Mapeamento de Processo
- Coleta de Dados
- Gerenciamento de Risco
- Habilidades de Liderança e Trabalho em Equipe
- Medições de Processo (definição de unidade, tipos de dados, distribuições de probabilidade)
- Desempenho de Processo (rendimento, defeitos por unidade, defeitos por oportunidade, Zbench, Zshift, subgrupos)
- Introdução ao software estatístico.

Fase de Análise (3 dias)

- Ferramentas Gráficas
- Ferramentas de Qualidade
- Teste de Hipóteses
- Dinâmica de Grupo
- Benchmarking
- Regressão Linear Simples
- Regressão Múltipla
- Regressão Logística Binária

Fases de Melhoria/Controle (4 dias)

- DOE
- Projetos Simples
- Projetos Detalhados
- FMEA
- Simulação
- Planos de Controle
- Poka Yoke
- CEP
- Fechamento de Projetos

Quadro 2.4 – Treinamento de Green Belts
Fonte: Henderson e Evans (2000)

COMPARAÇÃO ENTRE OS MEMBROS DA EQUIPE

A *Tabela 2.2*, baseada em Harry e Schroeder (2000), apresenta a comparação dos papéis de *Champion*, *Master Black Belt*, *Black Belt* e *Green Belt*, bem como uma apresentação sucinta das necessidades de treinamento.

	Champion	Master Black Belt	Black Belt	Green Belt
Qualificações	Executivos seniores e gerentes, tais como, um diretor ou gerente de fabricação ou marketing. Familiaridade com ferramentas estatísticas básicas e avançadas	Recomendável formação técnica, por exemplo, um gerente ou engenheiro chefe. Domínio de ferramentas estatísticas básicas e avançadas.	Recomendável formação ou orientação técnica, por exemplo, um engenheiro ou profissional com mais de 5 anos de experiência. Domínio de ferramentas estatísticas básicas.	Base e suporte técnico. Sua posição atual é associada com o problema que está sendo resolvido. Familiaridades com as ferramentas estatísticas básicas.
Treinamento	3 a 5 dias de treinamento específico	Em torno de 200 horas de treinamento e desenvolvimento de projetos.	Em torno de 160 horas de treinamento e desenvolvimento de projetos.	Em torno de 80 horas de treinamento e desenvolvimento de projetos.
Nº. de Pessoas Treinadas	1 Champion por unidade de negócio.	1 Master Black Belt para cada 20-30 Black Belts.	1 Black Belt para cada 50-100 pessoas	1 Green Belt para cada 10-20 pessoas

Tabela 2.2 – Comparação entre os membros da equipe Seis Sigma
Fonte: Harry e Schroeder (2000)

A *Figura 2.7* mostra a importância dos profissionais *Master Black Belt* e *Black Belt* na relação salarial média entre os cargos de grandes empresas, a média salarial dos profissionais em metodologia Seis Sigma está entre as 5 maiores. Esta observação só vem comprovar a importância de tais profissionais dentro de suas organizações, bem como a importância em se avaliar de forma correta e despretensiosa o treinamento para os membros da equipe Seis Sigma.

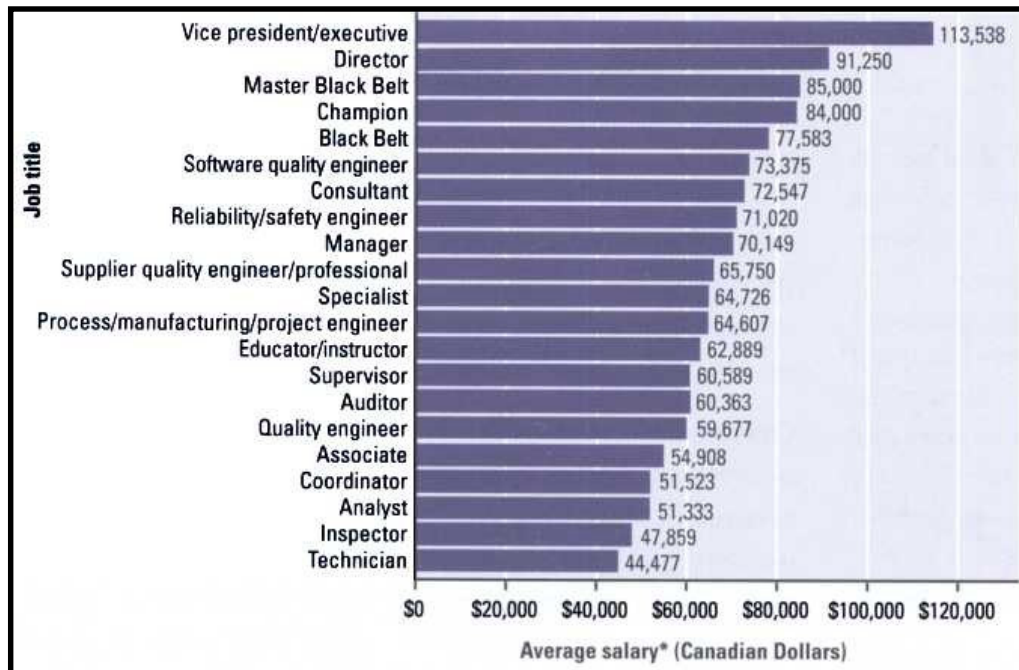


Figura 2.7 – Média Salarial de profissionais de grandes empresas
 Fonte: Quality Progress, Salary Survey, 2004

3 – TAXONOMIA DE BLOOM

3.1 – INTRODUÇÃO

A emancipação de um indivíduo na sociedade se dá quando ele tem plena liberdade de construir seu conhecimento com a medição de um educador e de seus colegas. Para isso, ele deve ser educado para agir de acordo com suas particularidades, voltando todos os seus esforços sócio-cognitivos para a sua aprendizagem. Os processos avaliativos devem existir para contribuir para o seu crescimento educativo, inserindo-o na sociedade de que faz parte.

Atualmente as pressões sobre uma educação obrigatória e treinamentos ditados em muitos casos pela necessidade da entrega de programas de treinamentos os mais eficientes possíveis, vem aumentando constantemente. Segundo Moss (1997), nos treinamentos em ambiente profissional, há uma necessidade natural de se retirar o funcionário de suas ocupações diárias pelo menor período possível e realizar os treinamento de forma mais relevante para que os funcionários possam retornar às suas atividades diárias sanando suas necessidades profissionais.

Kinney (1990) recomenda que os cursos sejam reprojatados para enfatizar as habilidades críticas de pensamento, tais como as atividades cognitivas. Estudos revelam que a Taxonomia de Bloom ainda é relevante nos dias atuais devido à forma como avalia o conhecimento construído por alunos através de níveis cognitivos.

Muitos professores esperam que seus alunos entendam seus assuntos em um grau profundo de entendimento, que pode ser compreendido como a capacidade de utilizar conceitos exploratórios de forma criativa e lidar com a habilidade das pessoas em pensar em situações reais e desenvolver soluções para os problemas (Marton e Saljo, 1976).

A importância de resolução de problemas não pode ser ignorada, A expectativa de conhecimento sobre os estudantes atuais são maiores que nos estudantes de alguns anos atrás, devido à complexidade das situações atuais. Quando um estudante falha em alguma atividade em seu trabalho, isto ocorre, geralmente, porque este estudante necessita de habilidades para enfrentar várias situações (Fatt, 2000).

A partir das necessidades de se realizar treinamentos cada vez mais eficientes, a aprendizagem direcionada, bem como uma avaliação detalhada em termos cognitivos passaram a ser fortemente consideradas. Este capítulo visa à introdução de conceitos relacionados à

aprendizagem, o papel do professor/avaliador no processo de aprendizagem, a avaliação para treinamentos de Green Belts e Black Belts, bem como a introdução da Taxonomia de Bloom e seus níveis que serão largamente utilizados pelo Modelo de Avaliação proposto neste trabalho.

As pesquisas, na área da educação, que focalizam os problemas inerentes ao ensino-aprendizagem têm revelado a necessidade de se repensar o relacionamento do professor com o aluno, do aluno com o saber, e do aluno com a aprendizagem desse saber.

3.2 – PROCESSO DE APRENDIZAGEM

Antes de se pensar sobre a melhor maneira de avaliar um aluno, faz-se necessário que se conheça o estilo de aprendizagem desse aluno para que a avaliação possa explorar da melhor maneira possível o conhecimento construído pelo aluno durante o curso. Este tópico tem como objetivo ilustrar o conceito relacionado ao processo de aprendizagem, bem como orientar professores e avaliadores a utilizar este conceito para estimular o processo de aprendizagem em seus alunos.

É cada vez mais evidente a tendência de se desenvolver uma aprendizagem centrada no aluno, segundo Britto (1986), a aprendizagem centrada no aluno tem como objetivos, a conquista da reflexão crítica, a intersubjetividade, o contexto cultural e o desenvolvimento da criatividade.

Os estilos de aprendizagem, porém, são caracterizados como cognitivos, afetivos e comportamentos psicológicos (esses conceitos serão apresentados nos próximos tópicos deste capítulo) que indicam como o estudante percebe, interage e responde ao ambiente de aprendizagem.

O conceito de estilo de aprendizagem tem se destacado em ambientes gerenciais, assim, de acordo com Honey e Mumford (1986), a aprendizagem pode ser entendida como um processo circular, onde é vista como uma série de experiências com complementos cognitivos, tais como: experiência concreta, reflexão e observação, conceitos abstratos e generalizações, e experimentação ativa. Segundo Maciel (2003), no processo de aprendizagem de um aluno, estão presentes todos os aspectos cognitivos relativos à sua individualidade, frutos de sua interação com o conhecimento, seus colegas e seus professores.

De acordo com Vries e Downie (2000), para planejar, gerenciar e medir o aprendizado, os educadores precisam estabelecer resultados e níveis de aprendizagem genéricos. Os resultados de aprendizagem são ferramentas importantes no processo de gerenciamento educacional, pois permitem a preparação de uma avaliação apropriada aos níveis de aprendizagem dos alunos. Enquanto os cursos atuais descrevem o que os professores esperam que o curso alcance, ou seja, as metas do curso, os resultados de aprendizagem concentram-se no que os alunos deveriam ser capazes de fazer após a conclusão do curso. Nota-se assim, uma mudança no foco entre as duas visões apresentadas. As principais propostas dos resultados de aprendizagem são: promover uma descrição clara e compreensiva do que os estudantes esperam conhecer e ser capazes de fazer para se ter um aprofundamento em seus conhecimentos.

Um item importante a se considerar em um processo de aprendizagem é a manutenção da motivação, ela deve ser mantida em um alto nível pelo professor e compartilhada pelos alunos. Pode-se afirmar que é a força propulsora da aprendizagem, sem a motivação, a aprendizagem é incompleta e imperfeita. De acordo com Boruchovitch (1994), de nada adianta o conhecimento de estratégias de aprendizagem se o aluno não for fortemente motivado a aprender.

3.3 – O PAPEL DO PROFESSOR

É inegável que o professor possui um papel muito importante na formação de seus alunos, o professor ou instrutor de um curso transmite ao aluno exatamente o que ele necessita para as suas atividades futuras. Cabe ao professor transmitir o conhecimento de forma clara e compreensiva de tal maneira que o aluno adquira e tenha condições de aplicar o assunto debatido durante o curso. Dessa forma, é imprescindível que o professor entenda as dificuldades e facilidades de aprendizagem de seus alunos. Este tópico visa apontar algumas características que devem estar presentes nos professores, instrutores e até mesmo avaliadores para que o aproveitamento do curso apresentado seja o melhor possível.

Segundo Bellis (2000), os professores e instrutores tanto do setor industrial como comercial, são fortemente desafiados pelas recentes imposições de habilidades educacionais. Geralmente os treinamentos têm “equipados” as pessoas de habilidades para fazer, atuar, sem o entendimento do que eles estão fazendo ou por quê. O autor afirma ainda que, os estudantes geralmente não têm chance de adquirir uma habilidade, compreensão ou mesmo segurança no

aprendizado. Estes têm simplesmente assistidos aos cursos e recebido os seus certificados. Isto não é qualidade em treinamento.

O papel dos professores ou instrutores vai além de apresentar o assunto, conforme Vries e Downie (2000), o professor não é apenas um pacote de habilidade, competência e técnica; eles são criadores de significados e intérpretes. Os professores são pessoas empenhadas em propostas e significados em circunstâncias que são geralmente menos eficazes que o ideal e necessitam constantemente de ajustes e redefinições. O importante é como os professores conseguem lidar, adaptar e reconstruir essas circunstâncias.

Uma técnica eficiente explorada em alguns cursos industriais, e indicada em treinamentos de Green Belts e Black Belts, é a apresentação e análise de casos referentes à teoria apresentada. De acordo com Leenders e Erskine (1978), o estudo de caso se refere ao uso de casos como um veículo educacional que concede aos estudantes a oportunidade de colocá-los como responsáveis por tomadas de decisões e solucionadores de problemas. Através desse método de ensino, o estudante toma decisões com os colegas, define o problema, identifica as alternativas, relata os objetivos e critérios de decisão, tem uma chance de agir e planejar a implementação da idéias discutidas. Assim, o estudante consegue visualizar o aspecto prático da teoria.

A qualidade no ensino é avaliada por quão eficientemente e extensivamente o estilo de ensino do professor reforça a teoria apresentada. Visto que, o professor além de introduzir o novo conceito é um formador de opiniões e é responsável pela maneira nas quais os estudantes aplicarão os conceitos construídos durante o curso.

PROFESSORES DE TREINAMENTOS SEIS SIGMA

Os treinamentos de Green Belts e Black Belts devem focar nas habilidades que eles necessitarão para concluir projetos de melhorias de acordo com a metodologia Seis Sigma. O profissional somente recebe o certificado após a conclusão de certo número de projetos bem sucedidos financeiramente, porém este número varia de empresa para empresa e da qualificação pretendida pelo aluno (Green Belt ou Black Belt). O currículo necessário aos treinamentos foi apresentado no capítulo anterior referente à metodologia Seis Sigma.

De acordo com Hoerl (2001), existem alguns princípios básicos a serem obedecidos para que o treinamento na metodologia Seis Sigma alcance um melhor aproveitamento pelos alunos, dentre tais princípios destacam-se:

- Exemplos reais são importantes tanto para motivação quanto para a aprendizagem. Neste tipo de abordagem o aluno compreenderá como as ferramentas individuais são integradas como um todo em processos de melhoria. Todos os exemplos, ilustrações, exercícios e estudos de caso devem ser os mais próximos possíveis que os estudantes irão se deparar.

- Devem-se fornecer exemplos de como cada ferramenta deve ser utilizada, aconselha-se a acrescentar ao material de treinamento o maior número de exemplos reais possível, onde as ferramentas podem realmente ser utilizadas pelos alunos. Esta abordagem tem sido muito eficaz uma vez que evita situações em que o aluno não sabe onde e como aplicar a ferramenta apresentada e associa sua utilização à sua rotina de trabalho.

- Os softwares estatísticos utilizados (como Minitab) não devem ser ensinados em tópicos separados, assim, o uso do software deve ser ensinado através da aplicação das ferramentas estatísticas. Sempre que possível os estudantes devem utilizar o software eles mesmos para que aprendam a realizar cálculos estatísticos e analisá-los através do mesmo.

- A teoria deve ser apresentada até onde é necessário para que os estudantes possam desenvolver seus projetos de melhoria. Dessa forma, não é necessário para o treinamento em metodologia Seis Sigma, o detalhamento da teoria de ferramentas estatísticas. A apresentação da teoria limita-se no por que e quando o estudante deve utilizar o método e/ou ferramenta, como utilizar o software estatístico, e fundamentalmente, como interpretar corretamente os resultados fornecidos pelo mesmo.

- Toda a estrutura do treinamento em metodologia Seis Sigma, bem como dos tópicos apresentados durante o mesmo, está comprometida na resposta de três questões guias:

- Por que eu deveria utilizar isto?
- O que isto faz?
- Como eu faço isso?

A partir desses princípios básicos, o professor/instrutor conduz seu treinamento em metodologia Seis Sigma abrangendo os principais pontos da aprendizagem do estudante, assegurando um melhor aproveitamento do estudante na obtenção de conhecimento e na sua aplicação após a conclusão do treinamento. É válido ressaltar porém, que os princípios apresentados são apenas sugestões de como conduzir o curso, cabendo ao professor/instrutor a aplicação ou não de tais princípios.

Apresentada as atribuições de um professor durante treinamentos, em especial treinamentos Seis Sigma, faz-se necessário a apresentação de como se realizar uma avaliação eficiente dos conceitos apresentados durante o treinamento que possa garantir o desempenho do estudante após a conclusão deste.

3.4 – AVALIAÇÃO

Para que se obtenha sucesso na formação de profissionais em treinamentos da metodologia Seis Sigma, faz-se necessário assegurar um método eficiente de avaliação. No entanto, uma avaliação convencional não garante o bom desempenho do profissional formado. Segundo Torrance (1995), as mudanças nas prioridades de avaliação estão crescendo e se torna evidente que para melhorar a situação da avaliação, esta deve envolver mais tarefas autênticas e realistas do que as que estão sendo aplicadas nos dias atuais.

Luckesi (1978) faz a seguinte definição: “a avaliação é um juízo de valor sobre dados relevantes, objetivando uma tomada de decisão”. Apesar de a definição datar da década de 70, sua relevância está presente nos dias atuais, uma vez que induzir o aluno a tomar decisões é uma abordagem extremamente útil nos dias de hoje. Assim como afirma Depresbiteris (1989), a avaliação da aprendizagem precisa de métodos que contemplem a criatividade e permitam novas maneiras de avaliar o aprendizado ativo.

A proposta deste trabalho está na aplicação de uma avaliação alternativa que inclui abordagens mais práticas, realistas e desafiadoras que as abordagens da avaliação tradicional. Questões exigindo pensamentos independentes são incluídas na avaliação o que estimula o senso crítico do aluno. Em função dessas características, a aplicação dos níveis da Taxonomia de Bloom é a abordagem utilizada na avaliação proposta por este trabalho.

A aplicação de tal taxonomia permite ao avaliador ao término dos exames, comprovar ou não a eficácia de seu treinamento, analisando qual nível de taxonomia necessita de aperfeiçoamentos. Segundo Bloom (1982), um sistema de “feedback” para o avaliador e estudantes pode revelar os erros na aprendizagem imediatamente após eles ocorrerem, e se as correções devem ser introduzidas de acordo com sua necessidade. Esta é uma das propostas do modelo de avaliação que fornecerá o desempenho dos alunos segundo cada nível da Taxonomia de Bloom.

Bloom et al (1976) destaca ainda que é necessária alguma evidência de que os estudantes podem fazer alguma coisa com seus conhecimentos, ou seja, que possam aplicar a informação para novas situações e problemas. Este é um dos objetivos principais do modelo de avaliação desenvolvido e uma das principais razões para se aplicar os conceitos da Taxonomia de Bloom.

3.5 – HISTÓRICO DA TAXONOMIA DE BLOOM

Segundo Bloom et al (1976), a idéia de um sistema de classificação nasceu em uma reunião informal de examinadores universitários, durante a “Convenção da Associação Americana de Psicologia”, em Boston nos Estados Unidos, no ano de 1948.

Neste encontro, manifestou-se o interesse por um quadro teórico de referência que facilitasse a comunicação entre os examinadores. Após muita discussão, o grupo concordou que a forma mais adequada para se obter o quadro de referência seria um sistema de classificação de objetivos, uma vez que constituem a base do planejamento do currículo e da avaliação.

A utilidade do sistema de classificação, denominado Taxonomia de Bloom, se faz no projeto de avaliação e na promoção de um conjunto de definições operacionais transmitindo o mesmo significado para todos os educadores e seus estudantes.

No entanto, um dos problemas enfrentados na sua criação, foi que a Taxonomia de Bloom estava tentando classificar fenômenos que não poderiam ser observados ou manipulados de forma concreta como são os fenômenos físicos. Outro problema enfrentado foi com relação a possibilidade de a taxonomia conduzir à fragmentação das finalidades educacionais, este problema foi solucionado a partir do caráter hierárquico da taxonomia, que capacitaria o aplicador a compreender com mais clareza a localização de um objetivo particular em relação a outros objetivos.

Atualmente, a Taxonomia de Bloom oferece a base para a competência e capacidade de um modelo educacional. É um sistema de classificação aceito e difundido em todo o mundo, auxiliando na avaliação de alunos nos altos níveis de habilidades de aprendizagem.

3.6 – DOMÍNIOS DE HABILIDADES DE APRENDIZAGEM

O programa de habilidades de aprendizagem conduziu os pesquisadores a dividi-lo em três categorias, ou três domínios como são convencionalmente denominados, para que se obtivesse uma taxonomia completa. Dessa forma, os três domínios são: cognitivo, afetivo e psicomotor (Bloom et al, 1976).

Cada um dos domínios é organizado como uma série de níveis e pré-requisitos. Portanto, cada domínio possui uma linha de pensamento para avaliar características específicas dos alunos. Abaixo são descritos de forma sucinta cada um dos domínios de habilidades de aprendizagem.

Domínio Cognitivo: este domínio inclui objetivos vinculados à memória e ao desenvolvimento de capacidades e habilidades intelectuais. Assim, a adoção deste domínio e o uso de seu conhecimento são predominantes na maioria dos cursos realizados. Bloom identificou seis níveis para este domínio que vão desde a simples recordação ou reconhecimento dos fatos, nível mais baixo, passando por níveis progressivamente mais complexos e abstratos até chegar a ao mais alto nível de aprendizado denominado avaliação.

Este domínio, por ser o mais utilizado e atender aos requisitos de avaliação necessários, é empregado na avaliação de Green Belts e Black Belts através do modelo de avaliação e será detalhado em um tópico posterior. A **Figura 3.1** apresenta os níveis da taxonomia de domínio cognitivo, bem como a relação hierárquica entre eles.



Figura 3.1 – Níveis da Taxonomia de Bloom de Domínio Cognitivo

Domínio Afetivo: este domínio inclui a maneira na qual o aluno se envolve emocionalmente (sentimento, entusiasmo, motivação, etc.) nas mais diversas atividades. Dessa maneira, este domínio é demonstrado através de comportamentos indicando atitudes de consciência, interesse, atenção, preocupação, responsabilidade, habilidades para ouvir e interagir com outras pessoas e habilidades para demonstrar as atitudes ou valores adequados à situação proposta.

Este domínio está relacionado com emoções, atitudes, apreços e valores. Os cinco níveis desse domínio vão desde a recepção, nível mais baixo, passando por reação, avaliação, organização e finalmente a caracterização de valores ou valores complexos. A **Figura 3.2** apresenta os níveis da taxonomia de domínio afetivo, bem como a relação hierárquica entre eles.



Figura 3.2 – Níveis da Taxonomia de Bloom de Domínio Afetivo

Domínio Psicomotor: este domínio envolve movimentos físicos, coordenação, uso de habilidades motoras em diversas áreas e sobretudo automatismos mentais. Portanto, o estudo psicomotor é demonstrado por habilidades físicas: coordenação, destreza, manipulação, força, velocidade, ações que demonstrem perfeitamente as habilidades motoras tais como a utilização de instrumentos ou ferramentas de precisão ou ainda ações que demonstrem uma habilidade motora bruta como dança ou desempenho atlético.

Bloom nunca chegou a finalizar seu trabalho neste domínio e houve muitas tentativas para concluir os estudos sobre o domínio psicomotor. Assim, Dave (1975), sugere uma classificação mais simples dos níveis deste domínio, este trabalho considera esta classificação de níveis para o domínio psicomotor. A **Figura 3.3** apresenta os níveis da taxonomia de domínio psicomotor, bem como a relação hierárquica entre eles.



Figura 3.3 – Níveis da Taxonomia de Bloom de Domínio Psicomotor

3.7 – DEFINIÇÃO DA TAXONOMIA DE BLOOM

Conforme salientado no tópico anterior, o domínio a ser empregado pelo modelo de avaliação é o domínio cognitivo, assim, este tópico complementarará as informações fornecidas no tópico anterior sobre este domínio. Dessa forma, a Taxonomia de Bloom de domínio cognitivo é um sistema de classificação de seis níveis que utiliza o comportamento observado de estudantes para supor o nível de cada estudante. Movendo-se dos níveis mais simples para os mais complexos, os níveis da taxonomia incluem, conforme apresentado no tópico anterior: Conhecimento, Compreensão, Aplicação, Análise, Síntese e Avaliação. Portanto, de acordo com Athanassiou et al (2003), a Taxonomia de Bloom é uma estrutura hierárquica e não apenas um modelo prescritivo.

Segundo Revill (2001), a Taxonomia de Bloom oferece os meios de classificação de objetivos educacionais para a proposta de se identificar de maneira mais significativa as finalidades do que simplesmente as de conhecimento e compreensão. Bloom assegurou que a mais alta ordem de conhecimento ocorre com a utilização dos mais altos níveis de habilidades, que são geralmente definidos como Habilidades de Pensamento Crítico (Reinstein e Bayou, 1997).

Várias foram as contribuições da Taxonomia de Bloom, porém Maciel (2003) cita a principal contribuição da taxonomia de forma objetiva afirmando que: “a Taxonomia de Bloom teve uma importante contribuição no sentido de permitir um sistema coerente de ensino e avaliação”.

JUSTIFICATIVAS PARA UTILIZAÇÃO DA TAXONOMIA DE BLOOM

Dentre as várias justificativas para a utilização da Taxonomia de Bloom no modelo de avaliação, além das citadas anteriormente, estão:

- É um sistema de classificação de objetivos educacionais conhecido e aceito pela comunidade acadêmica;
- Assegura níveis hierárquicos evolutivos para serem alcançados, auxiliando o aluno a avançar em graus de complexidade e observar como e de que modo ele consegue evoluir.
- Avalia as características intelectuais necessárias a Green Belts e Black Belts;
- Permite uma clara definição de cada tipo de questão abordada durante a avaliação;

NÍVEIS DA TAXONOMIA DE BLOOM – DOMÍNIO COGNITIVO

Conforme descrito nos tópicos anteriores, a Taxonomia de Bloom de domínio cognitivo possui seis níveis estruturados de forma hierárquica que avaliam as habilidades intelectuais do estudante desde o nível mais simples (conhecimento) até o nível mais complexo (avaliação). O objetivo deste tópico é apresentar e definir de forma detalhada as características de cada nível da taxonomia, bem como apresentar um exemplo de questão referente a cada nível.

A **Figura 3.4** mostra a relação hierárquica existente entre os níveis da Taxonomia de Bloom de domínio cognitivo. É importante ressaltar que para progredir a um nível superior o aluno deve superar o nível anterior assim, para o aluno ser avaliado em análise ele deve ter passado pelo nível aplicação.

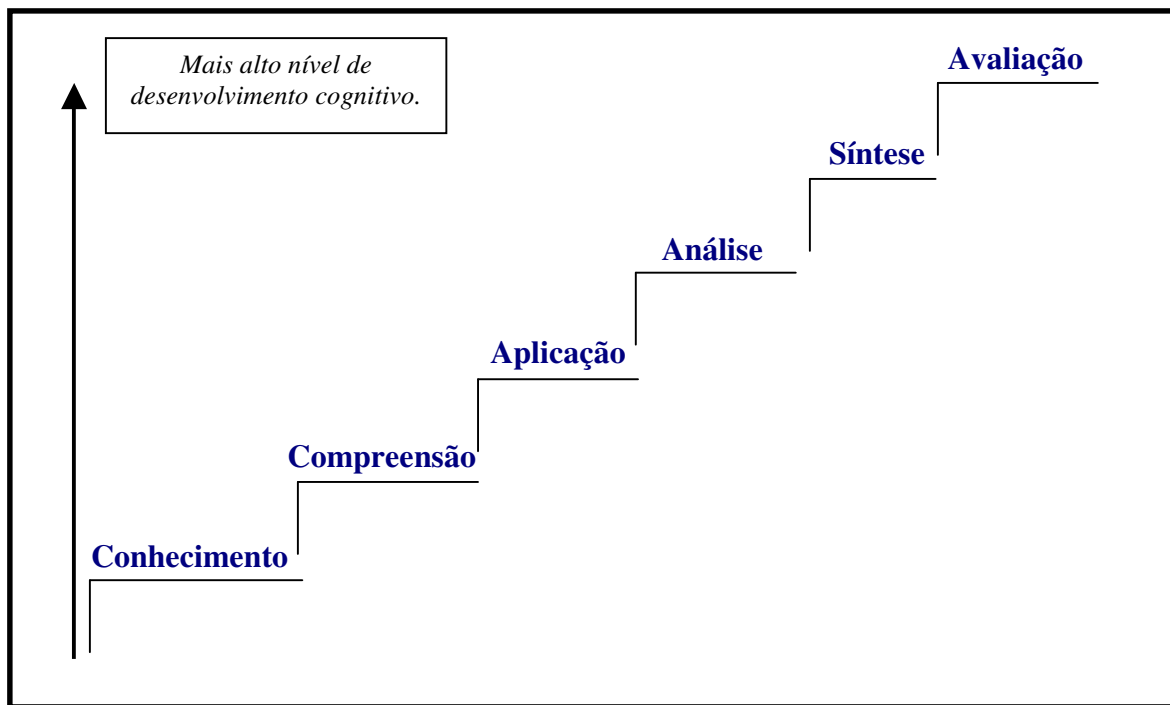


Figura 3.4 – Hierarquia dos níveis da Taxonomia de Bloom
Fonte: adaptado de Bloom et al (1976).

CONHECIMENTO

De acordo com Bloom et al (1976), o nível de conhecimento inclui comportamentos e situações de verificação, na qual se salientam evocação por reconhecimento ou memória de idéias, materiais ou fenômenos. O comportamento que se espera do aluno em tal situação assemelha-se muito ao comportamento que se apresenta em fase inicial de aprendizagem, visto que este nível é o mais baixo nível de desenvolvimento cognitivo.

Neste nível, o aluno adquire e armazena informações que mais tarde necessita relembrar. Ainda que algumas alterações venham a ocorrer em relação ao material evocado, estas representam a menor parte da situação comportamental e da verificação.

As expressões mais utilizadas para esse nível são: explicar, relatar, entender, descrever, reorganizar e identificar. Essas expressões ilustram a forma com que as questões para esse nível são baseadas.

De maneira sucinta, podem-se descrever as principais atribuições de um aluno neste nível como sendo: observação e recolha de informação, conhecimento de datas, eventos, lugares, idéias gerais e finalmente o domínio dos assuntos de uma pesquisa.

Exemplo e interpretação de questão para o nível Conhecimento

A seguir é apresentado um modelo de questão que avalia um aluno no nível Conhecimento da Taxonomia de Bloom de domínio cognitivo.

Sobre Erros e Defeitos é correto afirmar:

- a) Defeitos são resultados de erros
- b) Endereço incorreto é um defeito e cobrança não recebida é um erro
- c) Erro é a causa de um defeito
- d) Estimativa incorreta de custo é um erro e contrato perdido é um defeito

Resolução:

Para resolver esta questão o aluno deve saber que: Defeitos são resultados de erros, Erro é a causa de um defeito, Estimativa incorreta de custo é um erro e contrato perdido é um defeito e Endereço incorreto é um erro e cobrança não recebida é um defeito. Alternativas corretas: **a, c e d**

Nota-se que a condição para que o aluno consiga responder a questão acima é a recordação do conceito exigido na questão. As respostas são reproduzidas da mesma forma que se encontram no material adotado durante o treinamento, dessa forma, avalia-se a capacidade de recordação do aluno. É válido ressaltar ainda, que este é o nível mais baixo da taxonomia e algumas instituições e organizações aplicam provas baseadas apenas em questões desse modelo.

COMPREENSÃO

Este nível juntamente com o nível conhecimento talvez sejam os mais difundidos e enfatizados nas avaliações escolares. A partir desse nível, espera-se que o aluno seja capaz de entender o conteúdo apresentado e de fazer algum uso dos materiais ou idéias abrangidos neste conteúdo. Ainda que o termo compreensão esteja mais relacionado à leitura, neste nível ele é empregado de uma forma mais ampla, pois está relacionado a uma variedade de comunicações. Os níveis de compreensão e conhecimento são responsáveis pelos mais baixos níveis de atividade estudantil ou desenvolvimento cognitivo.

Na taxonomia, o nível compreensão refere-se aos objetivos, comportamentos ou respostas que representam um entendimento do conteúdo apresentado. Bloom et al (1976) enumera três comportamentos de compreensão. A translação em que a pessoa pode organizar uma comunicação em outra linguagem, termo ou ainda em outra forma de comunicação. A interpretação em que a compreensão pode exigir uma reordenação das idéias em uma nova configuração. E por fim, a extrapolação que incluem estimativas ou previsões baseadas na compreensão de tendências, direções ou condições descritas na comunicação.

As expressões mais utilizadas para esse nível são: identificar, discutir, explicar, descrever e interpretar. A apresentação dessas expressões ilustra a maneira com que as questões são formuladas.

De maneira sucinta, podem-se descrever as principais atribuições de um aluno neste nível como sendo: interpretação, comparação e contraste de fatos, ordenação, agrupamento e implicações de causas, previsão de conseqüências, entendimento da informação e significado, aplicação do conhecimento em um outro contexto.

Exemplo e interpretação de questão para o nível Compreensão

A seguir é apresentado um modelo de questão que avalia um aluno no nível Compreensão da Taxonomia de Bloom de domínio cognitivo.

Quantos cubos (Cube Plot) são necessários para representar o espaço de um DOE fatorial com 4 fatores?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4

Resolução:

Para resolver esta questão o aluno deve saber que: 1 cubo representa 3 fatores, 2 cubos representam 4 fatores e 4 cubos representam 5 fatores e que não há representação de um espaço DOE para 3 cubos. Alternativa correta: **b**

Observa-se que para que o aluno tenha condições de responder a questão ele necessita da familiarização com alguns conceitos, nesse caso com os conceitos de Cube Plot, DOE fatorial e fatores. De posse de tais conceitos o aluno pode interpretar o que o enunciado da questão efetivamente deseja e respondê-lo. Portanto, não é suficiente a recordação da informação, neste nível o aluno começa a interpretar e compreender o que foi apresentado no treinamento.

APLICAÇÃO

É comum que algumas pessoas confundam os níveis de aplicação e compreensão, porém para que o aluno resolva uma questão de aplicação ele deve primeiramente compreender o assunto para só então aplicá-lo. Dessa forma, a aplicação é um nível médio de desenvolvimento cognitivo que utiliza abstrações (teorias, idéias, princípios, etc.) em situações concretas, este nível requer que o estudante conheça suficientemente a teoria para aplicá-la.

A **Figura 3.5** é um organograma que auxilia o aluno na resolução de questões de aplicação.

As expressões mais utilizadas para esse nível são: utilizar, aplicar, comunicar, desenvolver, construir, apresentar e organizar. A apresentação dessas expressões ilustra a maneira com que as questões são formuladas

De maneira sucinta, podem-se descrever as principais atribuições de um aluno neste nível como sendo: utilização da informação, métodos, conceitos e teorias em novas situações, resolução de problemas utilizando competências ou conhecimentos necessários.

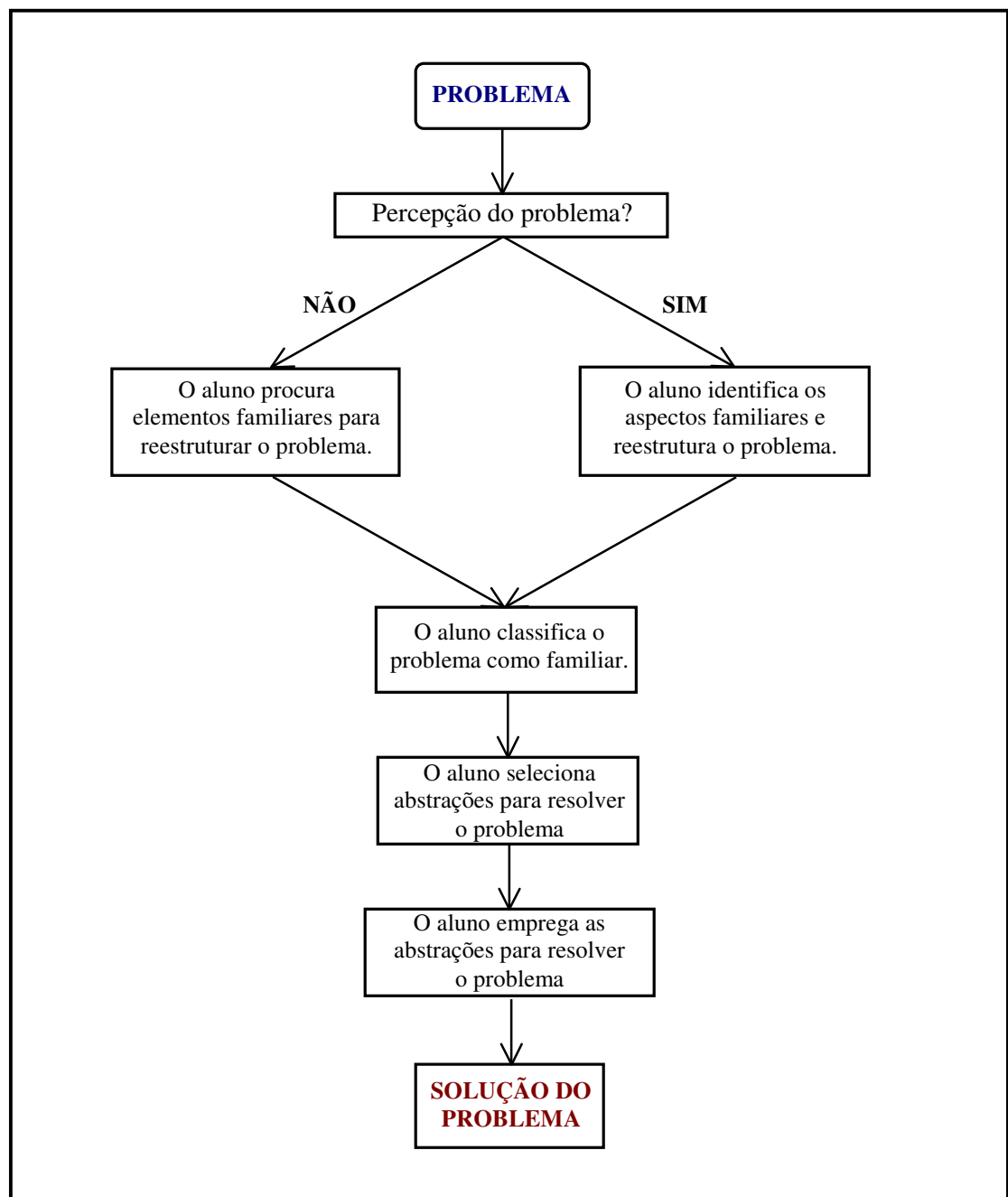


Figura 3.5 – Solução de problemas do nível Aplicação
Fonte: Bloom et al (1976).

Exemplo e interpretação de questão para o nível Aplicação

A seguir é apresentado um modelo de questão que avalia um aluno no nível Aplicação da Taxonomia de Bloom de domínio cognitivo.

Qual a maior interação existente na análise do DOE da planilha Yield.mtw?

- a) Temp x Time x Catalyst
- b) Catalyst x Time
- c) Temp x Time
- d) Temp x Catalyst

Resolução:

Para resolver esta questão o aluno deve abrir a planilha Yield.mtw no software estatístico Minitab®, acessar a opção Stat>DOE>Factorial>Analyze Factorial Design, selecionar a coluna resposta Yield e na opção Graphs selecionar Pareto em Effects Plots. Após confirmar essas configurações o aluno terá como resultado o gráfico dos efeitos das variáveis. Nota-se neste gráfico que a interação AxB (A:Time e B:Temp) é a interação com maior efeito nos resultados. Dessa maneira, a alternativa correta é a letra **c**.

Para que o aluno possa resolver esta questão, ele necessita compreender alguns conceitos, tais como: interação, DOE e como utilizar o software estatístico. Dessa forma, o aluno deve interpretar o enunciado, aplicar seus conhecimentos na resolução do problema e encontrar a alternativa correta apresentada. Na maioria dos casos, as questões do nível de aplicação são questões práticas, em que o aluno deve utilizar seus conhecimentos e desenvolver a solução da questão.

ANÁLISE

O nível Análise foca no desdobramento do material em suas partes construtivas, na percepção de suas inter-relações e nos modos de organização. Juntamente com o nível aplicação, o nível análise completa o nível médio de desenvolvimento cognitivo.

A análise em termos de objetivo pode ser considerada em três tipos ou níveis. A um determinado nível, espera-se que o aluno desdobre o material em suas partes construtivas, a fim de identificar ou classificar os elementos da comunicação. Em outro nível, há a exigência de que ele torne explícitas as relações entre os elementos para determinar suas conexões e interações. Um terceiro nível abrange o reconhecimento dos princípios de organização, a configuração e a estrutura que unificam a comunicação total (Bloom et al, 1976).

As expressões mais utilizadas para esse nível são: analisar, examinar, distinguir, estabelecer, investigar, explorar e pesquisar. A apresentação dessas expressões ilustra a maneira com que as questões são formuladas

De maneira sucinta, podem-se descrever as principais atribuições de um aluno neste nível como sendo: visão de padrões, organização de partes, reconhecimento de significados “escondidos” e identificação de componentes.

Exemplo e interpretação de questão para o nível Análise

A seguir é apresentado um modelo de questão que avalia um aluno no nível Análise da Taxonomia de Bloom de domínio cognitivo.

Analisando os resultados da figura runchart.jpg pode-se dizer que:

- a) Os subgrupos são unitários
- b) Os subgrupos não são unitários
- c) O valor de P-value indica que existe um problema de oscilação
- d) O valor de P-value indica que existe um problema de tendência
- e) Tal gráfico é uma carta de controle

Resolução:

Para resolver esta questão o aluno deve abrir a figura runchart.jpg e a partir de uma análise, observar que: Os subgrupos são unitários, o valor de P-value indica que há um problema de oscilação ($P\text{-value} < 0,05$) e não de tendência ($P\text{-value} > 0,05$) e que tal gráfico não representa uma carta de controle. Alternativas corretas: **a e c**.

Este tipo de questão é baseado na interpretação por parte do aluno de alguma informação, tais como figuras, planilhas, gráficos, conceitos, etc. O aluno deve relembrar os conceitos vistos e compreendidos e desdobrar a informação disponível para que possa interpretá-la. Na maioria dos casos, as questões de análise trarão algum tipo de informação, seja ela ilustrativa ou não, para que o aluno possa desdobrá-la e interpretá-la da melhor maneira possível para responder a questão.

SÍNTESE

Entende-se por Síntese a união de elementos e partes, de modo a formar um todo. É um processo de trabalhar com elementos, partes, etc. e combiná-los de tal forma que constituam uma configuração ou estrutura não claramente percebida anteriormente. Este é um nível do domínio cognitivo em que o aluno possui maiores oportunidades de desenvolver um comportamento criativo. No entanto, é essencial que o aluno trabalhe dentro de limites impostos por determinados problemas, materiais ou estruturas teóricas e metodológicas. A síntese juntamente com a avaliação (próximo nível) são os altos níveis de desenvolvimento cognitivo.

As expressões mais utilizadas para esse nível são: sintetizar, formular, melhorar, adaptar, desenvolver e estruturar. A apresentação dessas expressões ilustra a maneira com que as questões são formuladas

De maneira sucinta, podem-se descrever as principais atribuições de um aluno neste nível como sendo: generalização a partir de dados fornecidos, estabelecimento de relações entre conhecimentos de várias áreas, previsão e definição de conclusões e por fim, a utilização de idéias velhas para criar novas.

É importante ressaltar que em função das características deste nível de taxonomia, em que o aluno deve criar novas idéias trabalhando com as já existentes, a formulação de questões de múltipla escolha é inviável. Dessa maneira, optou-se por não incluir questões do nível síntese no modelo de avaliação o que impossibilitaria a correção automática pelo modelo.

Exemplo e interpretação de questão para o nível Síntese

A seguir é apresentado um modelo de questão ilustrativo que avalia um aluno no nível Síntese da Taxonomia de Bloom de domínio cognitivo.

Vários analistas aparentemente estão avaliando contratos segundo diferentes critérios. Proponha um procedimento para investigar a situação atual e padronizar tal avaliação usando ferramentas da metodologia Seis Sigma.

Resolução:

Para resolver esta questão é necessário que o aluno conheça a ferramenta ANOVA da fase de Análise do DMAIC. Assim, a ferramenta a ser utilizada é o Balanced Anova, para acessar esta ferramenta no software Minitab®, o aluno deve ir em Stat>ANOVA>Balanced Anova, escolher como resposta o resultado da análise, selecionar os critérios em Model. Na opção Results,

selecionar a opção para mostrar os componentes da média e variância e selecionar os critérios em que as médias serão mostradas.

Após esta etapa, o software apresentará um relatório, em que através da análise do valor de P-value o aluno determinará quais as formas com que os critérios estão sendo analisados e como devem ser analisados, padronizando a avaliação dos contratos.

Observa-se que para responder a questão o aluno deve combinar alguns elementos, neste caso específico as ferramentas da metodologia Seis Sigma, analisá-los e só então propor uma solução. Nota-se claramente, que nas questões do nível síntese as questões de múltipla escolha, foco do modelo de avaliação, não são recomendadas.

AVALIAÇÃO

Define-se avaliação como o processo de julgamento acerca do valor de idéias, trabalhos, soluções, métodos, materiais, etc. realizados com um determinado propósito. O nível de avaliação implica na utilização de critérios e padrões que permitem avaliar o grau de precisão, efetividade, economia ou suficiência de informações. Este nível de taxonomia é considerado um estágio final de desenvolvimento cognitivo, uma vez que envolve todos os comportamentos (níveis) da taxonomia.

Apesar de o nível avaliação ser colocado ao final, ou no limite superior do domínio cognitivo, este não é necessariamente o último estágio do pensamento ou solução de problemas. É possível que o processo de avaliação seja em alguns casos, o início da aquisição de um novo conhecimento, de um novo esforço de compreensão, de aplicação ou de uma nova síntese (Bloom et al, 1976).

As expressões mais utilizadas para esse nível são: avaliar, rever, refletir sobre, discutir, criticar, validar e discriminar. A apresentação dessas expressões ilustra a maneira com que as questões são formuladas

De maneira sucinta, podem-se descrever as principais atribuições de um aluno neste nível como sendo: estabelecimento do valor de teorias, poder de decisão com base em argumentos racionais, verificação dos valores de evidência, reconhecimento subjetivo, comparação e discriminação entre idéias.

Exemplo e interpretação de questão para o nível Avaliação

A seguir é apresentado um modelo de questão ilustrativo que avalia um aluno no nível Avaliação de da Taxonomia de Bloom de domínio cognitivo.

Ao estimar a capacidade de um processo é vital que:

- a) No mínimo 200 itens sejam medidos
- b) A sequência de produção seja conhecida
- c) O gráfico X-bar/R seja utilizado
- d) Cpk seja computado

Resolução:

Para resolver esta questão o aluno deve conhecer os conceitos de capacidade e julgar que para se estimar a capacidade é necessário que a sequência de produção seja conhecida, as alternativas restantes não são vitais para se estimar a capacidade de um processo. Alternativa correta: **b**.

Observa-se que para solucionar esta questão, o aluno necessita conhecer e compreender o conceito de capacidade, é essencial também que ele saiba como aplicar seus conhecimentos em capacidade para que combinando todos os elementos referentes ao assunto ele possa executar um julgamento eficiente. As questões de avaliação geralmente seguem essa linha de pensamento, por isso são consideradas questões de alto nível de desenvolvimento cognitivo. Percebe-se claramente que, as questões de avaliação envolvem todos os níveis de domínio cognitivo anteriores, o que justifica sua posição de último nível do domínio cognitivo.

4 – MODELO DE AVALIAÇÃO

4.1 – INTRODUÇÃO

Conforme explicitado no *Capítulo 2* (denominado Seis Sigma), os membros da equipe Seis Sigma são os responsáveis diretos pelo sucesso da metodologia dentro da organização. Dentre os membros da equipe, merece especial destaque os Green Belts e Black Belts que são efetivamente os responsáveis pelo desenvolvimento dos projetos de melhorias. Assim, é de suma importância que o treinamento para esses profissionais seja eficiente, bem como a avaliação de tais profissionais ao término do treinamento, ou ainda ao término de cada etapa deste treinamento.

Existem inúmeros treinamentos em Metodologia Seis Sigma para a formação de Green Belts e Black Belts, porém a maior dificuldade encontrada entre eles é a falta de um modelo de avaliação do conhecimento construído pelos alunos durante o curso. Não são raros os casos em que avaliações mal formuladas dispensaram bons profissionais e admitiram profissionais regulares para suas empresas.

Neste capítulo será exposta a estrutura da prova aplicada em cada etapa do treinamento em metodologia Seis Sigma, bem como o desenvolvimento de um modelo de avaliação criado para avaliar os membros da equipe Seis Sigma nas etapas de treinamento, em especial Green Belts e Black Belts. O modelo considera as fases do DMAIC, assim como os níveis da Taxonomia de Bloom e o grau de dificuldade das questões.

O modelo de avaliação foi desenvolvido em ambiente *Access*[®] em linguagem *Visual Basic*[®] e é composto de tabelas e formulários. Foram desenvolvidos dois modelos computacionais, um (Modelo de Avaliação) referente a avaliação do aluno propriamente dito e o outro (Modelo de Avaliação – Administração) referente ao cadastro dos alunos e acompanhamento de desempenhos, de acesso exclusivo do professor. O modelo de avaliação foi preparado de forma a facilitar sua utilização pelos alunos do treinamento em questão. Após a avaliação, o modelo se propõe a oferecer os gráficos de desempenho do candidato, facilitando a avaliação do mesmo.

É uma importante ferramenta, uma vez que permite ao instrutor avaliar as características do treinamento e como essas características estão sendo aplicadas, pois o modelo de avaliação

fornece o desempenho dos estudantes segundo os níveis da Taxonomia de Bloom, além do desempenho de acordo com as fases do DMAIC.

4.2 – ESTRUTURA DA AVALIAÇÃO

Para cada tipo de treinamento, tanto para Green Belts quanto para Black Belts, existem cinco provas específicas que correspondem às fases do DMAIC, de acordo com o Roadmap da GE (base para as formulações das questões). Assim, ao término de cada módulo, o instrutor pode aplicar a prova correspondente a esse módulo e determinar uma nota mínima para que o estudante prossiga no treinamento ou refaça o mesmo módulo. Por exemplo, ao término do módulo correspondente a fase de Definição, o instrutor pode aplicar a prova de Definição do treinamento correspondente (Green Belt ou Black Belt) e determinar quais estudantes estão aptos a prosseguirem aos módulos posteriores ou quais estudantes deverão refazer o módulo, já que não obtiveram um resultado satisfatório.

As avaliações são compostas de vinte questões de múltipla escolha, sendo que as questões possuem de quatro a seis alternativas. Cabe ao estudante julgar quais as alternativas corretas segundo o enunciado, uma vez que a quantidade de alternativas corretas não é divulgada. Além disso, o estudante tem que finalizar a avaliação dentro de um tempo preestabelecido (uma hora por prova de cada etapa do DMAIC). Essas características tornam a avaliação mais complexa, mas avalia o que o estudante realmente absorveu durante o módulo apresentado.

Cada uma das provas possui questões classificadas de acordo com os níveis da Taxonomia de Bloom e com os graus de dificuldade. Assim, cada nível da Taxonomia de Bloom corresponde a 20% das questões, uma vez que o nível Síntese não é aplicado a questões de múltipla escolha, conforme relatado no **Capítulo 3**. Com relação ao grau de dificuldade, para o treinamento de Green Belts a relação é 50% de questões fáceis, 25% médias e 25% difíceis, já para o treinamento de Black Belts a proporção quanto ao grau de dificuldade se altera para 25% de questões fáceis, 25% médias e 50% difíceis. A **Figura 4.1** ilustra a estrutura da avaliação com as devidas proporções para um treinamento de Black Belts.

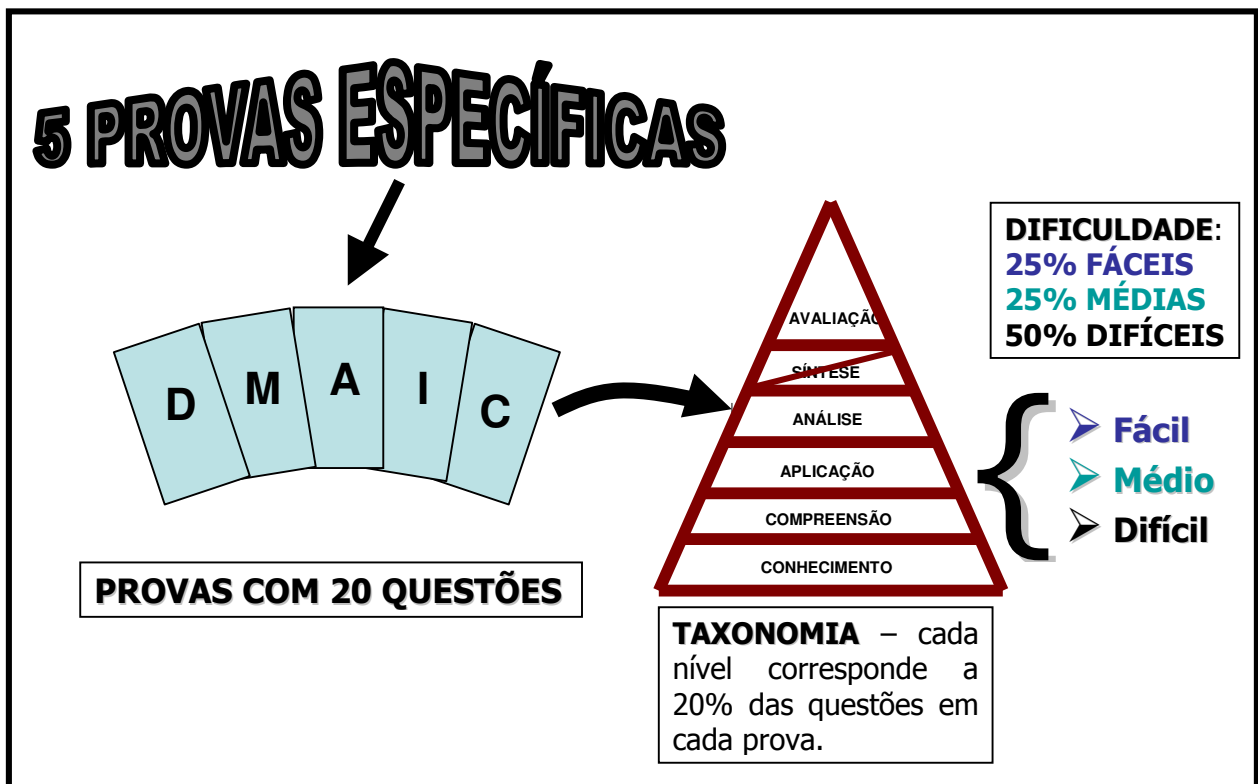


Figura 4.1 – Estrutura da avaliação em um treinamento de Black Belt

É válido ressaltar que para cada prova realizada, o conjunto de questões é diferente, uma vez que o modelo de avaliação seleciona aleatoriamente as questões de acordo com uma pré-classificação estabelecida em um banco de dados com aproximadamente 280 questões.

4.3 – BANCO DE DADOS DO MODELO DE AVALIAÇÃO

Como citado anteriormente, o modelo de avaliação é um modelo computacional desenvolvido em ambiente Access composto de dois programas, sendo os modelos então baseados em tabelas e formulários e programação em linguagem Visual Basic. As tabelas são os locais em que são armazenados os bancos de dados, enquanto que os formulários possibilitam a entrada de dados.

Este tópico ilustra a estrutura do banco de dados do modelo de avaliação no *Microsoft Access*® segundo a apresentação de tabelas e formulários.

TABELAS

As tabelas são conjuntos de dados com uma mesma estrutura, assim, as tabelas no *Microsoft Access*[®] são matrizes nas quais as linhas correspondem a registros e as colunas correspondem a campos de dados. O modelo de avaliação é composto basicamente por cinco tabelas principais (Questão, Alternativas, Aluno, Aluno_Prova e Prova_Questão). A descrição de cada uma das tabelas é apresentada a seguir:

Questão: é uma das principais tabelas do modelo de avaliação, é nesta tabela que serão armazenados os dados correspondentes às questões, assim, esta tabela possui oito campos de dados:

- QuestãoId: é um campo de identificação da tabela *Questão* e é utilizado para relacionar esta tabela com outras tabelas. Este campo é numerado de acordo com um código que identifica a questão.

- Sequencial: é um campo numérico que identifica a numeração de cada questão cadastrada de forma sequencial, este campo é enumerado automaticamente pelo *Microsoft Access*[®].

- Enunciado: é um campo de texto em que é inserido o enunciado da questão.

- Dificuldade: é um campo de seleção, na qual se define o grau de dificuldade (Fácil, Médio e Difícil) da questão cadastrada.

- DMAIC: é um campo de seleção, na qual se define a fase do DMAIC (Define, Measure, Analysis, Improve e Control) a que pertence a questão cadastrada.

- Taxonomia: é um campo de seleção, na qual se define o nível da Taxonomia de Bloom (Conhecimento, Compreensão, Aplicação, Análise e Avaliação) a que pertence a questão cadastrada.

- Anexo: é um campo no qual são inseridos arquivos (figuras, gráficos, planilhas, etc.) que auxiliam na resolução da questão.

- Alternativa: é um campo numérico que indica qual é a resposta da questão cadastrada. O programa adota um número para cada alternativa e soma as corretas, neste campo são armazenados o resultado desta soma.

Alternativas: é uma tabela que está diretamente relacionada a tabela *Questão*, nesta tabela estão armazenadas as alternativas correspondentes às questões cadastradas, assim, esta tabela possui quatro campos de dados:

- **QuestãoId:** é um campo de identificação e tem como função relacionar a tabela *Alternativas* à tabela *Questão*.
- **Sequencial:** é um campo numérico que identifica a numeração de cada questão cadastrada de forma sequencial, este campo é enumerado automaticamente pelo *Microsoft Access*[®].
- **Alternativa:** é um campo de texto no qual são inseridas as informações correspondentes a cada alternativa de uma determinada questão.
- **Correta:** é um campo de seleção, no qual se define a alternativa correta de cada questão.

Aluno: nesta tabela estão armazenadas as informações referentes aos alunos submetidos à avaliação, desta forma, esta tabela possui nove campos de dados:

- **AlunoId:** é um campo de identificação da tabela *Aluno* e é utilizado para relacionar esta tabela com outras tabelas. Este campo é numerado automaticamente pelo *Microsoft Access*[®].
- **ProvaId:** é um campo de identificação das questões a serem respondidas pelo aluno durante sua avaliação.
- **Aluno:** é um campo de texto em que é inserido o nome completo do aluno que será submetido à avaliação.
- **Responsável:** é um campo de texto em que é inserido o nome do responsável que receberá as informações sobre a avaliação de determinado aluno.
- **Cargo:** é um campo de texto no qual é inserido o cargo do responsável, como por exemplo, Black Belt, Master Black Belt, etc.
- **Prova:** é um campo de texto que identifica qual prova do método DMAIC o aluno está apto a realizar, esta informação é definida pelo responsável pelo treinamento.
- **Treinamento:** é um campo de texto que identifica qual treinamento o aluno está cursando (Green Belt ou Black Belt).
- **Questão:** é um campo numérico que identifica o número da questão a ser respondida pelo aluno, este campo é útil em casos de pontos de energia elétrica durante a realização da avaliação.

- Tempo: é um campo numérico que identifica o tempo total de realização da avaliação. O tempo padrão é de uma hora, mas este tempo pode ser alterado de acordo com as necessidades do professor ou do aluno.

Aluno_Prova: nesta tabela estão armazenadas as informações referentes a avaliação realizada por um determinado aluno, assim, esta tabela possui quatro campos de dados:

- AlunoId: é um campo de identificação e tem como função relacionar a tabela *Aluno* à tabela *Aluno_Prova*.

- Treinamento: é um campo de texto que identifica qual treinamento o aluno está cursando (Green Belt ou Black Belt).

- Prova: é um campo de texto que identifica qual prova do método DMAIC o aluno está apto a realizar, esta informação é definida pelo responsável pelo treinamento.

- Data: é um campo de Data/Hora na qual é inserida a data de realização da avaliação.

Prova_Questão: nesta tabela estão armazenadas as respostas dos alunos para todas as questões, dessa forma, esta tabela possui cinco campos de dados:

- ProvaId: é um campo de identificação das questões a serem respondidas pelo aluno durante sua avaliação.

- Sequencial: é um campo numérico que identifica a numeração de cada questão cadastrada de forma sequencial, este campo é enumerado automaticamente pelo *Microsoft Access*®.

- AlunoId: é um campo de identificação e tem como função relacionar a tabela *Aluno* à tabela *Aluno_Prova*.

- QuestãoId: é um campo de identificação e tem como função relacionar a tabela *Alternativa* à tabela *Questão*.

- Resposta: é um campo numérico que indica qual é a resposta do aluno para a questão.

FORMULÁRIOS

Os formulários são ferramentas essenciais no desenvolvimento do modelo de avaliação, pois constituem uma forma de melhorar a apresentação dos dados provenientes das tabelas. Os formulários permitem efetuar diversas operações, dentre elas adicionar, eliminar e atualizar os

dados das tabelas. Podem ser criados a partir de apenas uma tabela, ou ainda a partir de várias tabelas.

FORMULÁRIO DE QUESTÕES

O formulário de questões é utilizado basicamente para o cadastro de questões no modelo de avaliação constituindo assim, um amplo banco de dados de questões. Os dados inseridos neste formulário são armazenados em duas tabelas, a tabela *Questão* e a tabela *Alternativas* que estão relacionadas entre si. Portanto, os campos a serem preenchidos neste formulário correspondem aos campos de dados das respectivas tabelas.

A **Figura 4.2** mostra o formulário de questões e os respectivos campos a serem preenchidos no cadastro das questões.

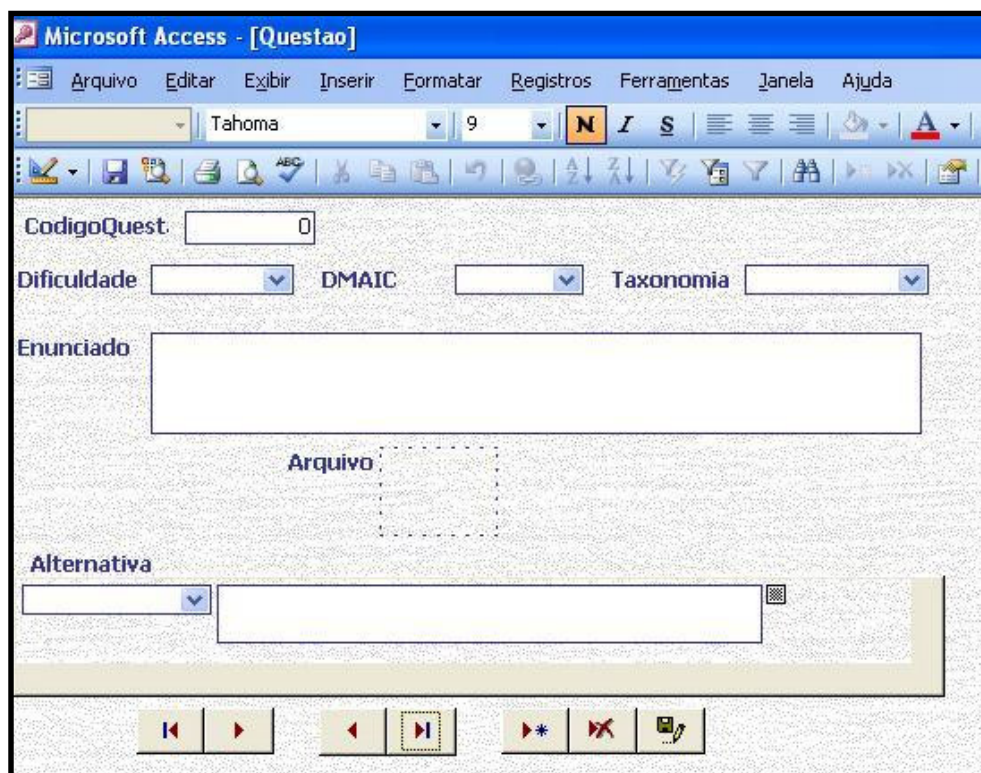


Figura 4.2 – Formulário de Questões

4.4 – MODELO DE AVALIAÇÃO - ADMINISTRAÇÃO

Conforme descrito anteriormente, o modelo computacional está dividido em dois programas: o Modelo de Avaliação - Administração que é responsável pelo cadastro e acompanhamento de desempenhos dos alunos e o Modelo de Avaliação que é o responsável pela elaboração e aplicação das avaliações aos alunos. Dessa forma, neste tópico serão enfatizadas as características do Modelo de Avaliação – Administração.

O Modelo de Avaliação - Administração é um modelo computacional de uso exclusivo dos instrutores/professores para o cadastro de cada aluno que realizará a avaliação. Somente o usuário deste modelo tem acesso ao desempenho de cada aluno com relação aos níveis da Taxonomia de Bloom, estes indicadores mostram como o treinamento foi aplicado de acordo com os níveis da taxonomia, ou seja, se os alunos apresentarem um baixo desempenho em aplicação, o treinamento precisa enfatizar mais suas aulas na aplicação da teoria em softwares estatísticos (para treinamentos da Metodologia Seis Sigma). A **Figura 4.3** mostra a tela inicial do Modelo de Avaliação – Administração.



Figura 4.3 – Tela inicial do Modelo de Avaliação - Administração

Após a tela inicial, o modelo apresenta uma tela para o cadastro dos alunos, a partir desse momento o instrutor cadastra os alunos que estão aptos a realizar a avaliação. O cadastro é composto de oito campos a serem preenchidos, sendo o código do aluno gerado automaticamente pelo modelo.

Dessa maneira, o instrutor digita o nome do aluno, o responsável que ira receber as informações sobre a avaliação do aluno, bem como o cargo deste responsável na empresa ou na instituição. Os próximos campos a serem cadastrados são referentes à execução da avaliação, assim, o instrutor deve informar qual prova do método DMAIC o aluno irá fazer, informando ainda a qual treinamento este aluno pertence (Green Belt ou Black Belt).

Os últimos campos podem ser preenchidos ou não, pois se referem a questão que o aluno irá começar a responder e o tempo de prova. Assim, se este campo não for preenchido o aluno terá uma hora para realizar a avaliação iniciando-a na primeira questão. Estes dois últimos campos são úteis em uma provável queda de energia elétrica, em que o instrutor pode determinar a questão a ser respondida e o tempo restante sem prejuízo ao aluno. A **Figura 4.4** mostra a tela para cadastro de alunos. É possível notar os botões que permitem a inclusão, a atualização e a exclusão de alunos, nota-se também que cada aluno cadastrado é mostrado em uma listagem superior aos campos de cadastros, em que se pode realizar uma busca pelo nome do aluno ou pelo seu código.

Pesquisa

COD.	ALUNO	PROVA	TREINAM.	QUESTÃO	TEMPO

Cadastro de Alunos

Cod. Aluno:

Aluno:

Responsável:

Cargo:

Prova:

Treinamento:

Questao:

Tempo:

Figura 4.4 – Cadastro de Alunos do Modelo de Avaliação.

A partir da escolha de um aluno na listagem dos alunos cadastrados, pode-se observar o desempenho deste aluno. Ao clicar no botão desempenho o instrutor tem acesso ao desempenho do aluno selecionado em todas as avaliações realizadas por este aluno em treinamentos de Green Belt e Black Belt. O desempenho exibido é mais detalhado do que o desempenho exibido ao aluno no Modelo de Avaliação, uma vez que mostra os desempenhos não só através das etapas do método DMAIC, mas também através dos níveis da Taxonomia de Bloom.

Com a utilização dessa ferramenta, o instrutor tem um “feedback” de como seu treinamento foi aplicado e em quais aspectos pode ser aperfeiçoado, pois a Taxonomia de Bloom evidencia os pontos altos e baixos do treinamento através de seus níveis de domínio cognitivo.

A **Figura 4.5** mostra a tela de desempenho do aluno selecionado na listagem da tela de cadastro. Neste caso em específico o aluno somente realizou uma prova de Definição do treinamento Green Belt, tendo um desempenho de apenas 35% das questões, o que corresponde a 7 questões corretas. No entanto, é interessante notar os desempenhos relacionados aos níveis da Taxonomia de Bloom apresentados em que o aluno não acertou nenhuma questão de avaliação (o

nível mais complexo). É importante ressaltar ainda que, após concluir a prova o modelo gera um arquivo que deve ser importado pelo Modelo de Avaliação - Administração, este recurso foi assim definido considerando-se lugares em que não há internet ou intranet disponível.

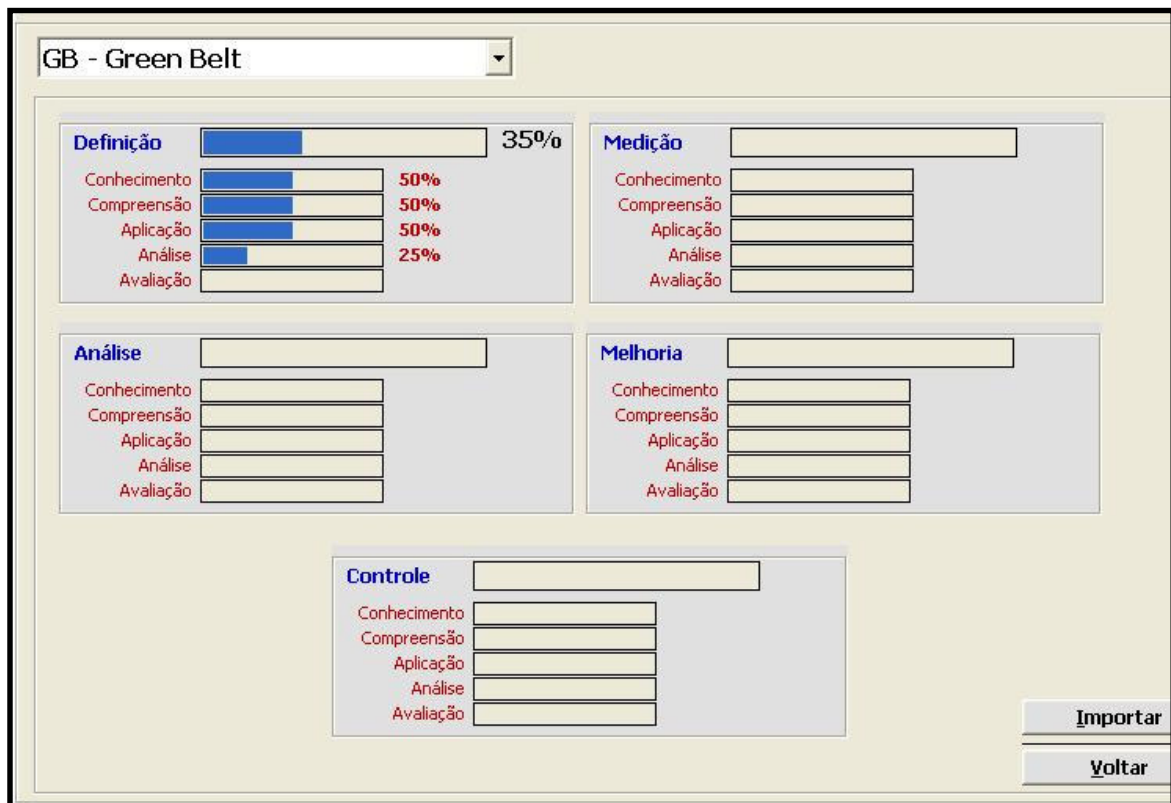


Figura 4.5 – Desempenho detalhado de aluno.

Para que o instrutor tenha acesso ao desempenho do aluno em outro treinamento, basta selecionar o treinamento desejado na janela de seleção situada na parte superior da tela de desempenhos.

O Modelo de Avaliação - Administração foi desenvolvido de forma independente do Modelo de Avaliação para que somente pessoas autorizadas, como instrutores e professores, tenham acesso aos dados cadastrados dos alunos, bem como a seu desempenho detalhado. Assim, pode-se assegurar a discricção das informações fornecidas ao modelo computacional, além de garantir que somente pessoas autorizadas possam alterar o tempo de duração da avaliação e voltar a uma questão já respondida.

4.5 – MODELO DE AVALIAÇÃO

O modelo de avaliação é um modelo computacional desenvolvido para a aplicação das avaliações aos alunos de treinamentos de Green Belts e Black Belts. Através deste modelo os alunos respondem as perguntas da avaliação e ao final da mesma conferem o desempenho na avaliação em questão e em outras avaliações anteriores que o aluno possa ter realizado. A **Figura 4.6** mostra a tela inicial do modelo de avaliação.



Figura 4.6 – Tela inicial do Modelo de Avaliação.

Após a tela inicial, clicando sobre o botão “INICIAR” o modelo apresenta uma tela para a entrada do código do aluno que irá realizar a avaliação, após digitar o código, o aluno poderá conferir seus dados e as informações sobre a avaliação que irá realizar. A **Figura 4.7** ilustra a entrada do código do aluno que irá realizar a avaliação.

GREEN BELT

Cod. Aluno: 1

Aluno: Daniel Detoni

Responsável: Pedro Paulo

Cargo: Orientador

CONFIRMA ➡

PROVA DE DEFINIÇÃO

Figura 4.7 – Tela de entrada de código do aluno.

Nota-se na **Figura 4.7** que, a partir da entrada do código do aluno, algumas informações referentes ao aluno são mostradas além do tipo de treinamento que o aluno está cursando (Treinamento Green Belt para a figura em questão) e a avaliação que será realizada pelo aluno (Prova de Definição para este caso em específico). Após conferir suas informações o aluno clica no botão “CONFIRMA” para prosseguir para as próximas telas da avaliação.

A próxima tela do Modelo de Avaliação já se refere à avaliação em si, dessa forma, esta tela apresenta as instruções para a realização da avaliação. O aluno tem acesso as instruções referentes a procedimentos para responder às questões, bem como características da avaliação que será realizada pelo aluno. A **Figura 4.8** apresenta a tela de instruções do Modelo de Avaliação. Nota-se ainda, na **Figura 4.8**, que as informações referentes a pessoa que realiza a avaliação são apresentadas no lado direito da tela e lá permanecem durante toda a realização da avaliação, bem como o tipo de treinamento e a prova realizada, para que o aluno e o instrutor tenham a sua disposição todas as informações necessárias.

GREEN BELT	
INSTRUÇÕES » Esta prova é composta de 20 questões. » Após clicar na opção CONFIRMA da questão não será permitido voltar a esta questão. » Após clicar na opção CONFIRMA sem selecionar qualquer alternativa, a questão será considerada NÃO RESPONDIDA. » As questões podem ter várias alternativas corretas. » O tempo total de realização da prova é de 1 hora. » Para iniciar clique na opção PROVA abaixo.	Cod. Aluno: 1 Aluno: Daniel Detoni Responsável: Pedro Paulo Cargo: Orientador PROVA DE DEFINIÇÃO
PROVA 	

Figura 4.8 – Tela de instruções do Modelo de Avaliação.

Ao ler as instruções, o aluno clica no botão “PROVA” e inicia a avaliação a partir da primeira questão, é importante ressaltar que o tempo de duração da avaliação só inicia a contagem regressiva a partir desta nova etapa em que se realiza a avaliação. Nas telas de questões, são apresentados o enunciado da questão, as alternativas (que podem variar de quatro a seis alternativas) e se necessário arquivos em anexo para auxiliar na resolução de determinada questão. A **Figura 4.9** apresenta um modelo da tela de questões na qual o aluno é submetido.

GREEN BELT	10/20	00:58:25
» Qual o valor principal para a análise do teste de normalidade da planilha analysis.mtw (coluna X) e o que ele significa?  Analysis.MTW ☐ A) P value=0,003 e a distribuição não pode ser considerada normal ☐ B) Pvalue=0,216 e a distribuição pode ser considerada normal ☐ C) A=0,49 e a distribuição não pode ser considerada normal ☐ D) A=3,75 e a distribuição pode ser considerada normal		Cod. Aluno: 1 Aluno: Daniel Detoni Responsável: Pedro Paulo Cargo: Orientador
CONFIRMA 		PROVA DE DEFINIÇÃO

Figura 4.9 – Tela de questões do Modelo de Avaliação.

A tela de questões apresenta o número da questão que está sendo respondida em relação ao número total de questões que possui a prova (20 questões), o aluno deve ler o enunciado, utilizar o arquivo em anexo (se disponível) e escolher dentre as alternativas a(s) resposta(s) correta(s). Para responder a próxima questão o aluno deve confirmar sua resposta através do botão “CONFIRMA”. Porém, uma vez respondida uma questão, não é possível retornar a mesma para respondê-la novamente.

É importante ressaltar que as provas, geralmente, têm duração de uma hora para sua conclusão, após este tempo um aviso é apresentado alertando o aluno que o tempo se esgotou e que será apresentado desempenho do aluno na avaliação, as questões não respondidas são consideradas incorretas e computadas no cálculo do desempenho do aluno.

A tela de desempenho mostra o aproveitamento do aluno na avaliação realizada, caso o aluno já tenha feito alguma outra avaliação utilizando o Modelo de Avaliação, o aproveitamento em avaliações anteriores também é apresentado. Por exemplo, caso o aluno tenha concluído a avaliação de análise do treinamento de Black Belt e tenha feito as avaliações anteriores no Modelo de Avaliação, a tela de desempenho apresentará os aproveitamentos de todas as provas anteriores, bem como a da última realizada. A tela de desempenho é semelhante a exibida no Modelo de Avaliação – Administração, Figura 4.5.

Ao clicar no botão “FECHAR”, o aluno encerra sua avaliação e o Modelo de Avaliação é finalizado concluindo a avaliação do aluno. Para ter acesso ao aproveitamento detalhado do aluno, o instrutor deve utilizar o Modelo de Avaliação – Administração conforme explicitado em tópicos anteriores neste capítulo.

5 – APLICAÇÃO DO MODELO

5.1 – INTRODUÇÃO

Após a conclusão do desenvolvimento do Modelo de Avaliação, fez-se necessário realizar algumas aplicações para comprovar a eficácia de tal modelo para que o mesmo estivesse apto a aplicações em treinamentos da metodologia Seis Sigma. A fim de se obter resultados satisfatórios quanto ao funcionamento e eficiência do modelo, foi essencial sua aplicação tanto em Green Belts quanto Black Belts em formação.

Dessa maneira, o Modelo de Avaliação foi aplicado a estudantes Green Belts e Black Belts a partir de um treinamento da metodologia Seis Sigma em uma grande empresa. Os alunos realizaram todas as provas das fases do método DMAIC em seus respectivos níveis de formação.

As provas foram realizadas de forma individual (um computador por pessoa), com tempo limite de uma hora por prova e sem qualquer auxílio do instrutor ou do responsável pela aplicação das avaliações. Como o treinamento encontrava-se em sua fase final, os alunos realizaram todas as avaliações sem a necessidade de uma nota mínima para a realização da prova da fase seguinte. Assim, alguns alunos, mesmo com nota inferior a 75% de aproveitamento (nota mínima para a aprovação para a próxima fase do DMAIC para este treinamento em particular), realizaram todas as provas do método DMAIC. Portanto, a análise dos resultados da aplicação não considera uma nota mínima de aprovação ou reprovação, uma vez que esta característica é um critério de cada treinamento em particular.

O critério para a escolha da empresa na qual foi aplicado o Modelo de Avaliação teve como considerações as empresas com treinamentos em andamento para Green Belts e Black Belts, e estes em fase final, dessa forma os estudantes já teriam visto grande parte do conteúdo da avaliação. A seguir serão apresentadas as análises dos resultados da aplicação do Modelo de Avaliação para cada tipo de treinamento, Green Belt e Black Belt.

5.2 – APLICAÇÃO A GREEN BELTS

O Modelo de Avaliação foi aplicado a 18 estudantes de um treinamento de Green Belts em fase final de conclusão. A aplicação ocorreu durante cinco dias, sendo um dia para cada avaliação, sem uma nota mínima de aprovação para a fase seguinte, dessa maneira, todos os estudantes realizaram todas as avaliações.

O gráfico da **Figura 5.1** mostra o aproveitamento geral dos Green Belts nas avaliações, nota-se que mais de 60% dos alunos avaliados obtiveram aproveitamento superior a 80%, porém aproximadamente 40% dos alunos obtiveram aproveitamento inferior a 80%, sendo que aproximadamente 23 % obtiveram nota igual ou menor que 70%, o que em alguns treinamentos é considerado um baixo aproveitamento, uma vez que o Green Belt deverá aplicar os conhecimentos construídos em projetos de melhoria.

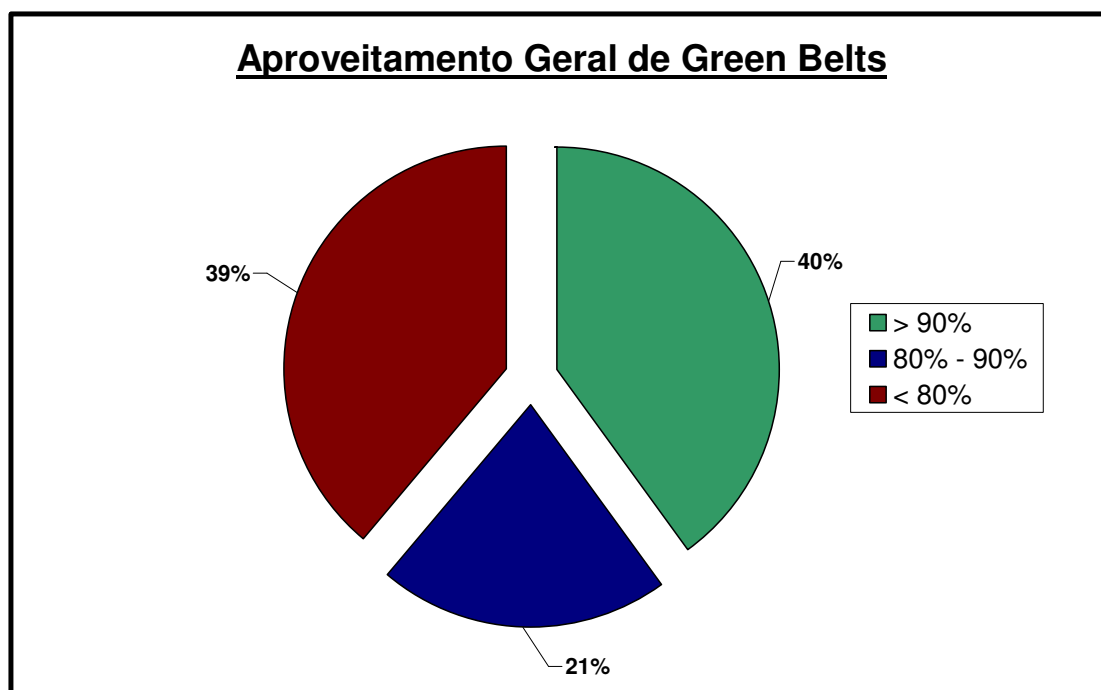


Figura 5.1 – Aproveitamento Geral de Green Belts.

No entanto, as melhores notas foram obtidas nas avaliações de Definição e Melhoria, enquanto que as piores notas foram obtidas nas avaliações de Análise e Controle, conforme pode ser visto no gráfico de boxplot da **Figura 5.2**. A partir desta análise, conclui-se que a apresentação do conteúdo nos módulos Definição e Melhoria foi mais bem absorvido pelos

alunos, enquanto que os módulos de Análise e Controle não foram bem compreendidos pelos alunos.

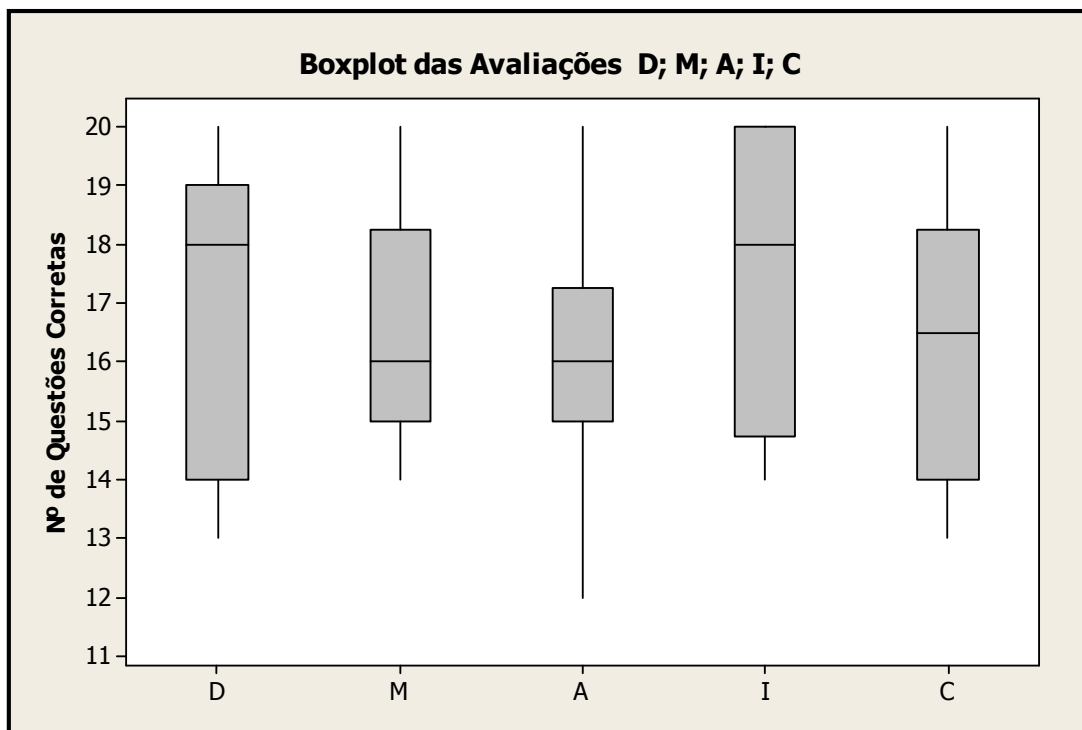


Figura 5.2 – Gráfico de Boxplot dos aproveitamentos dos Green Belts.

Análises sobre o aproveitamento geral de cada avaliação dos Green Belts são muito superficiais para que se conclua algo a respeito dos módulos aplicados durante o treinamento. A fim de se caracterizar melhor cada uma das fases do DMAIC, realizou-se a análise de cada módulo através dos níveis da Taxonomia de Bloom.

AVALIAÇÃO DE DEFINIÇÃO – GREEN BELT

Na avaliação de Definição, os Green Belts obtiveram um bom aproveitamento, conforme citado anteriormente, nota-se a partir do gráfico de boxplot da **Figura 5.3** que nos quatro primeiros níveis da taxonomia (Conhecimento, Compreensão, Aplicação e Análise) a grande maioria dos alunos acertou 3 ou 4 questões desses níveis. É válido ressaltar que cada nível é composto por quatro questões por avaliação. Assim, o aproveitamento dos alunos nesses níveis

foi entre 85% e 90%, o que mostra que o curso de Definição foi aplicado de forma satisfatória, considerando-se os níveis da Taxonomia de Bloom.

Quanto ao nível Avaliação, o aproveitamento dos alunos foi em torno de 70%, porém deve-se levar em consideração que este é o nível mais complexo da taxonomia e, portanto a dificuldade em suas questões é maior. Apesar do aproveitamento inferior com relação aos outros níveis, os aproveitamentos de Avaliação nas avaliações de Definição e de Melhoria foram as melhores avaliações realizadas pelos Green Belts em formação. Dessa maneira, conclui-se que o módulo de Definição foi bem absorvido pelos estudantes, que de forma geral estavam aptos a ingressar no módulo Medição.

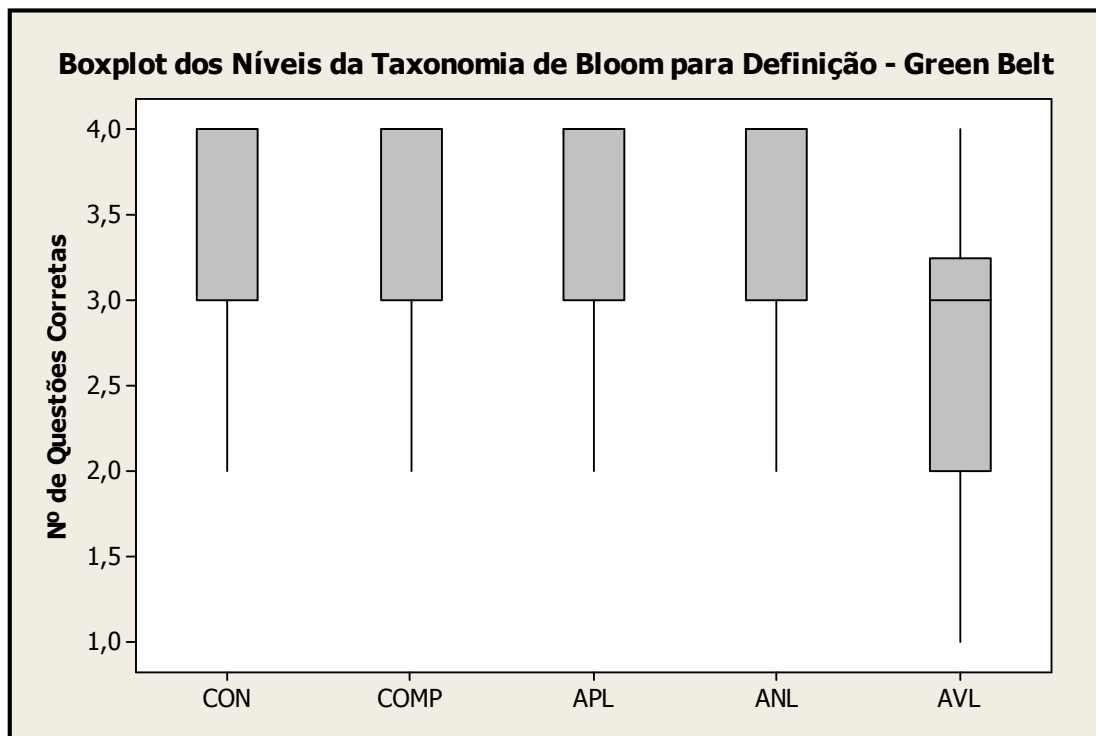


Figura 5.3 – Gráfico de Boxplot de Definição dos Green Belts.

AVALIAÇÃO DE MEDIÇÃO – GREEN BELT

Na avaliação de Medição, de maneira geral, os Green Belts tiveram um bom aproveitamento nos níveis da Taxonomia de Bloom. Destaque para os níveis de Conhecimento e Aplicação que tiveram mais de 90% de aproveitamento. Isso se deve ao fato de que o nível Conhecimento é o mais simples do domínio cognitivo o que implica em questões mais fáceis, já o nível Aplicação teve um bom aproveitamento devido ao módulo de Medição explorar a utilização do software estatístico na aplicação das ferramentas da Metodologia Seis Sigma durante o treinamento.

Os piores desempenhos foram nos níveis de Análise e Avaliação, sendo este último o com pior aproveitamento, pouco mais de 68%. Nota-se no gráfico da **Figura 5.4** que estes níveis apresentam uma grande dispersão do número de questões corretas, em que há estudantes com apenas 25% de acerto, enquanto outros correspondem a 100% de acertos. No entanto estes são níveis de complexidade considerada alta e o desempenho pode ser considerado normal, não comprometendo o aproveitamento dos estudantes e a avaliação do treinamento em si. O nível de Compreensão, apesar de não figurar entre os maiores aproveitamentos, apresentou um bom nível de absorção pelos estudantes, com pouco mais de 85% de aproveitamento.

De maneira geral, pode-se dizer que o módulo de Medição no treinamento para Green Belts foi bem assimilado pelos estudantes, uma vez que estes demonstraram conhecimento e compreensão do conteúdo e souberam aplicar esses conhecimentos em situações práticas com a correta utilização do software estatístico. É válido ressaltar também, a interpretação e senso de julgamento que os estudantes apresentaram nas avaliações dos níveis de Análise e Avaliação.

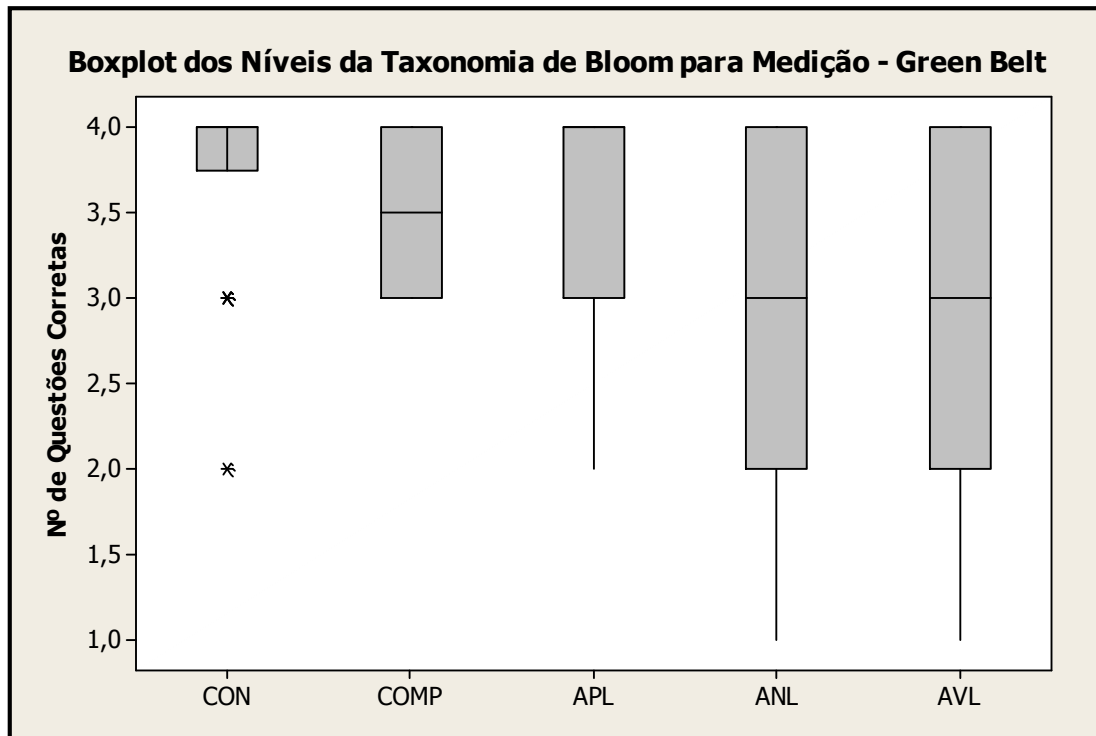


Figura 5.4 – Gráfico de Boxplot de Medição dos Green Belts.

AVALIAÇÃO DE ANÁLISE – GREEN BELT

Na avaliação de Análise, o nível da Taxonomia de Bloom com melhor aproveitamento foi o nível Conhecimento, com aproveitamento superior a 90%, porém como descrito anteriormente, este é o nível mais simples do domínio cognitivo, assim é esperado um bom desempenho em suas questões.

Os níveis de Compreensão, Aplicação e Análise, tiveram um bom aproveitamento, destacando-se o nível de Aplicação que em mais uma avaliação obteve aproveitamento próximo de 90%. Devido a extensiva utilização do software estatístico durante as aulas deste módulo, o nível de Aplicação foi bem absorvido pelos alunos. No entanto, nota-se no gráfico da **Figura 5.5** que a diferença de aproveitamento estes quatro níveis da taxonomia é muito pequena, o que leva a conclusão de que o desempenho nesses níveis é bem próximo uns dos outros, constatando o entendimento dos alunos neste módulo.

Porém, o nível de Avaliação obteve um aproveitamento próximo de 58% (o menor entre as avaliações de Green Belts), o que classificou o módulo juntamente com o de Controle como um dos piores desempenhos dentre as avaliações realizadas pelos Green Belts. Nota-se ainda na

Figura 5.5 que alguns alunos acertaram todas as questões de Avaliação, enquanto outros não acertaram nenhuma. Presume-se, que na apresentação do conteúdo deste módulo, faltou discussão sobre o tema o que possibilitaria o desenvolvimento de julgamento e avaliação dos alunos ao conteúdo referente à fase de Análise do DMAIC.

Dessa maneira, sugere-se ao instrutor a utilização de casos envolvendo o conteúdo deste módulo a fim de que os estudantes possam discutir em sala de aula e desenvolvam o senso crítico que os permitirá estabelecer julgamentos e avaliações sobre o assunto abordado.

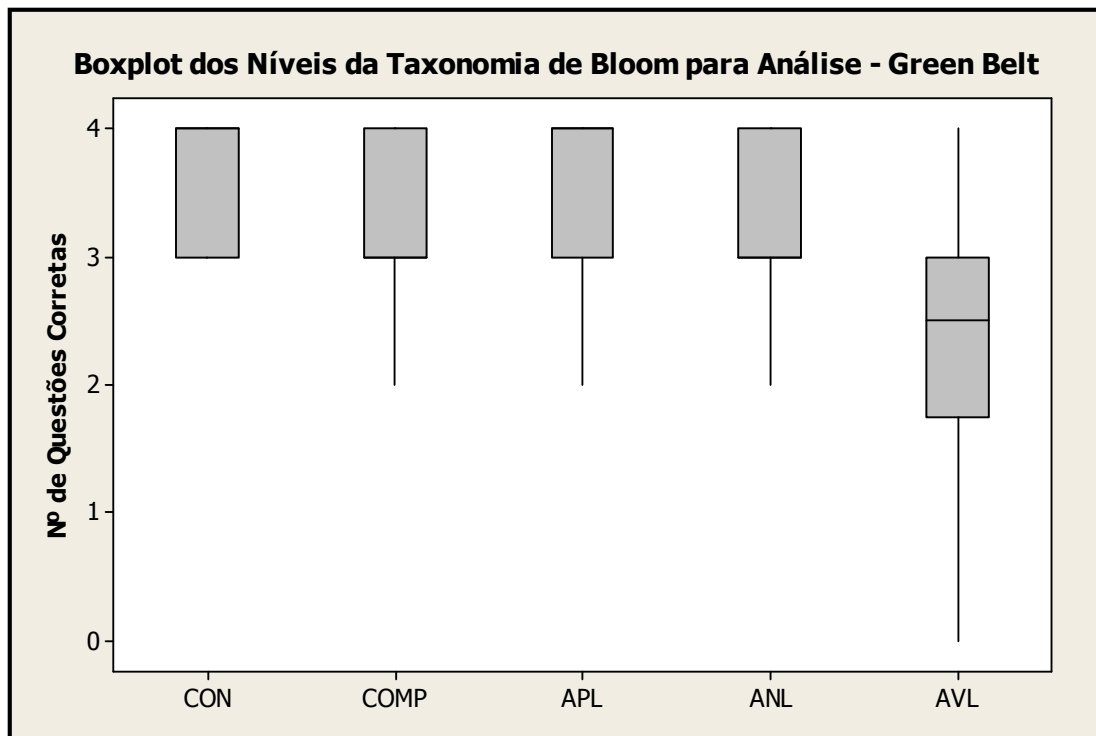


Figura 5.5 – Gráfico de Boxplot de Análise dos Green Belts.

AVALIAÇÃO DE MELHORIA – GREEN BELT

A avaliação de Melhoria juntamente com a de Definição foram as avaliações com melhor aproveitamento pelos estudantes de Green Belt. Os níveis da Taxonomia de Bloom com melhor aproveitamento foram: Conhecimento, Compreensão e Aplicação; todos esses níveis com desempenho superior a 90%. Isto demonstra que os estudantes conhecem, compreendem e sabem aplicar a teoria em casos práticos de forma satisfatória.

Nota-se na **Figura 5.6** a concentração das respostas em 3 e 4 questões corretas, destacando-se o nível de Conhecimento com grande número das avaliações com 100% de aproveitamento neste nível.

Apesar de não figurarem entre os maiores aproveitamentos, os níveis de Análise e Avaliação obtiveram bons índices de desempenho, 80% e 73,5% respectivamente. Dessa maneira, pode-se considerar um desempenho satisfatório dos níveis nesse módulo do treinamento. Assim, conclui-se que o módulo de Melhoria foi bem absorvido pelos estudantes, que de forma geral estavam aptos a ingressar no módulo de Controle.

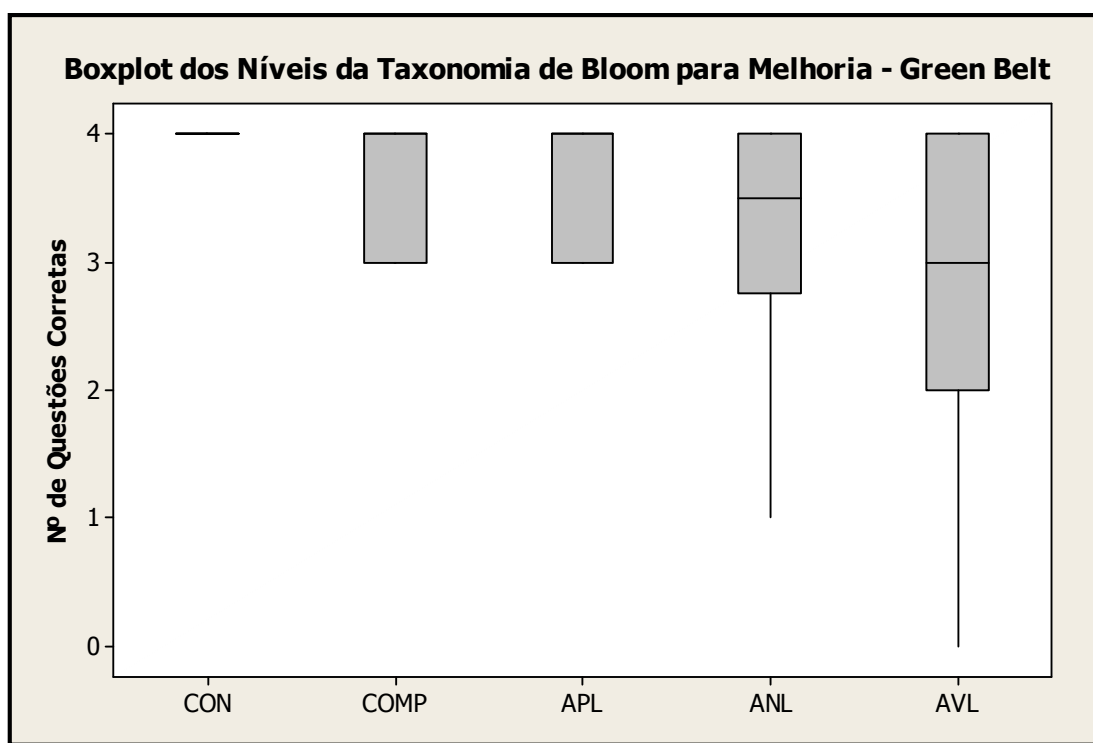


Figura 5.6 – Gráfico de Boxplot de Melhoria dos Green Belts.

AVALIAÇÃO DE CONTROLE – GREEN BELT

Conforme mencionado anteriormente, a avaliação de Controle juntamente com a de Análise foram as avaliações com os piores índices de aproveitamento pelos estudantes do treinamento de Green Belt. Porém, nos níveis de Conhecimento e Compreensão o índice de aproveitamento foi superior a 90%, o que já era esperado uma vez que estes são os níveis mais

simples do domínio cognitivo da Taxonomia de Bloom, é possível notar no gráfico da **Figura 5.7** que a grande maioria dos alunos acertou as quatro questões de Conhecimento.

Os alunos também se destacaram no nível de Aplicação, uma vez que obtiveram aproveitamento acima de 85%, o que demonstra que os alunos conseguiram assimilar o conteúdo apresentado a ponto de aplicá-lo em situações práticas, utilizando o software estatístico adotado pelo treinamento.

No entanto, nos níveis de Análise e Avaliação o índice de aproveitamento foi ruim, especialmente o nível de Avaliação que apresentou desempenho inferior a 60%. Nota-se ainda no gráfico da **Figura 5.7** a grande dispersão no número de questões corretas, em que alguns alunos acertaram todas as questões destes níveis e alguns não acertaram nenhuma de Avaliação e apenas uma de Análise.

Dessa maneira, presume-se que na apresentação do conteúdo deste módulo, faltou discussão sobre o tema e a apresentação de casos relacionados ao módulo de Controle, que possibilitaria o desenvolvimento de julgamento, análise e avaliação dos alunos ao conteúdo referente esta fase do DMAIC. Assim, sugere-se ao instrutor a utilização de casos que possam gerar discussões e apresentação de resultados para a análise dos dados.

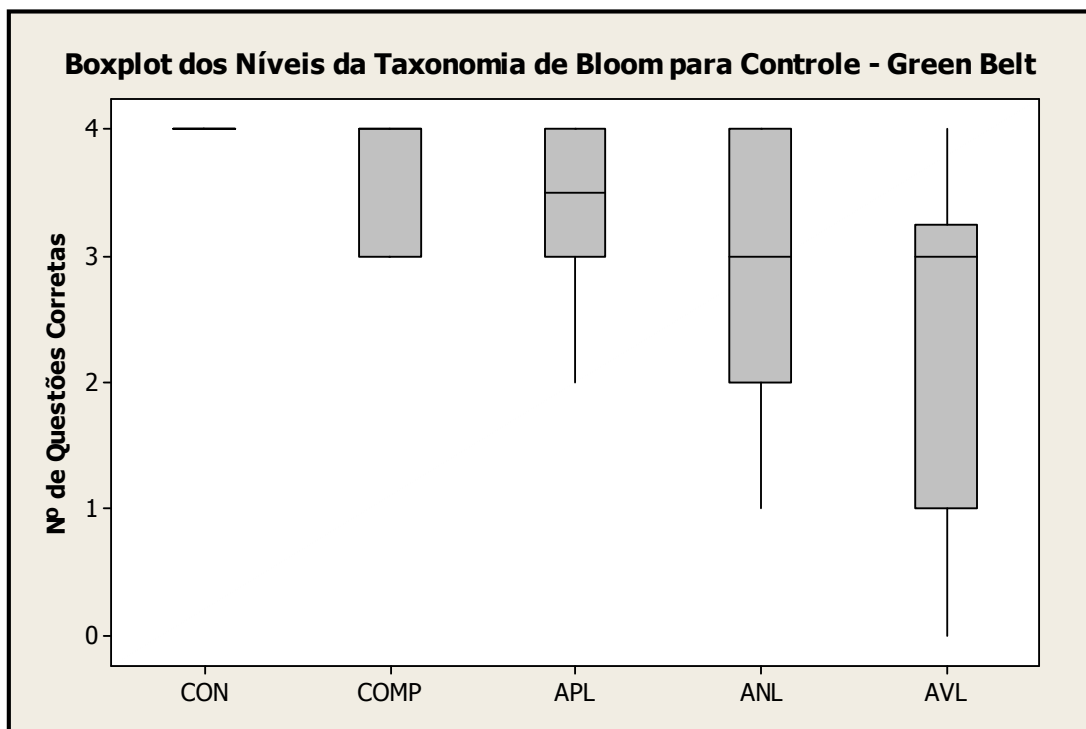


Figura 5.7 – Gráfico de Boxplot de Controle dos Green Belts.

5.3 – APLICAÇÃO A BLACK BELTS

O Modelo de Avaliação foi aplicado a apenas 6 estudantes de um treinamento de Black Belts em fase final de conclusão. A aplicação ocorreu durante cinco dias, sendo um dia para cada avaliação, sem uma nota mínima de aprovação para a fase seguinte, dessa maneira, todos os estudantes realizaram todas as avaliações.

O gráfico da **Figura 5.8** mostra o aproveitamento geral dos Black Belts nas avaliações, nota-se que mais de 70% dos alunos avaliados obtiveram aproveitamento superior a 80%, enquanto que aproximadamente 30% dos alunos obtiveram aproveitamento inferior a 80%, sendo que aproximadamente 17 % obtiveram nota igual ou menor que 70%, o que em alguns treinamentos é considerado um baixo aproveitamento, uma vez que o Black Belt deverá muitas vezes aplicar os conhecimentos construídos na elaboração e desenvolvimento de projetos de melhoria.

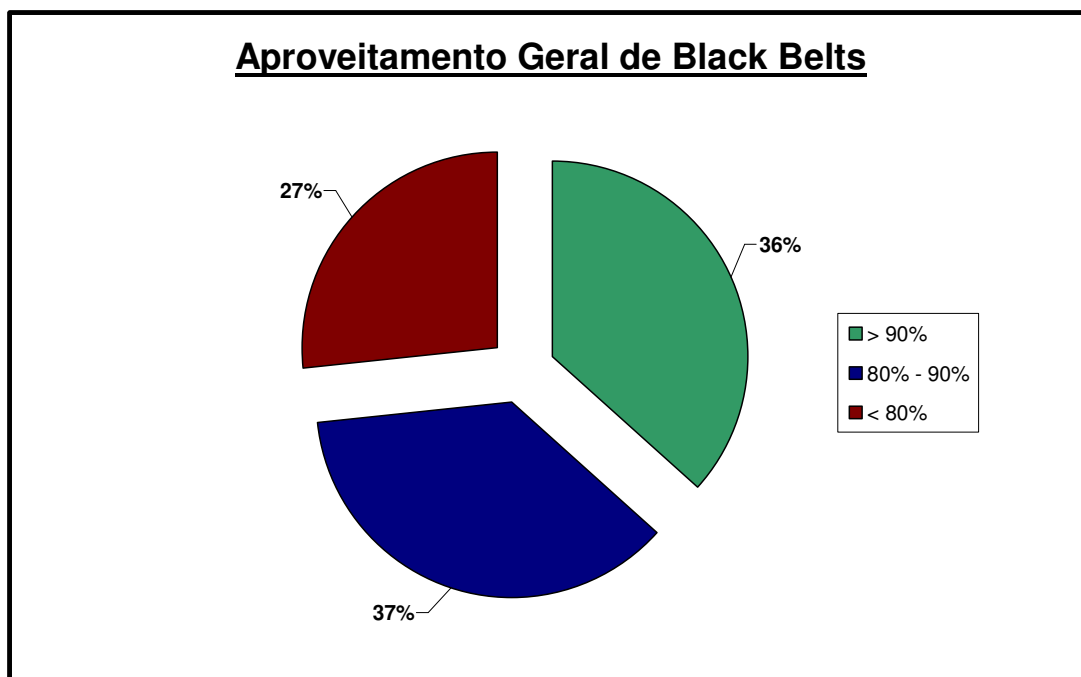


Figura 5.8 – Aproveitamento Geral de Black Belts.

Dentre as avaliações, as melhores notas foram obtidas nas avaliações de Definição e Melhoria, enquanto que as piores foram obtidas na avaliação de Medição, conforme pode ser visto no gráfico de boxplot da **Figura 5.9**. A partir desta análise, conclui-se que a forma de

apresentação do conteúdo nos módulos Definição e Melhoria foi mais bem absorvida pelos alunos, pode-se notar ainda no gráfico da **Figura 5.9** que os valores desses dois módulos estão concentrados acima de 15 questões corretas, enquanto que o módulo de Medição que não foi tão bem absorvido pelos alunos, apresenta valores concentrados entre 12 e 19 questões, apresentando uma grande dispersão entre os dados.

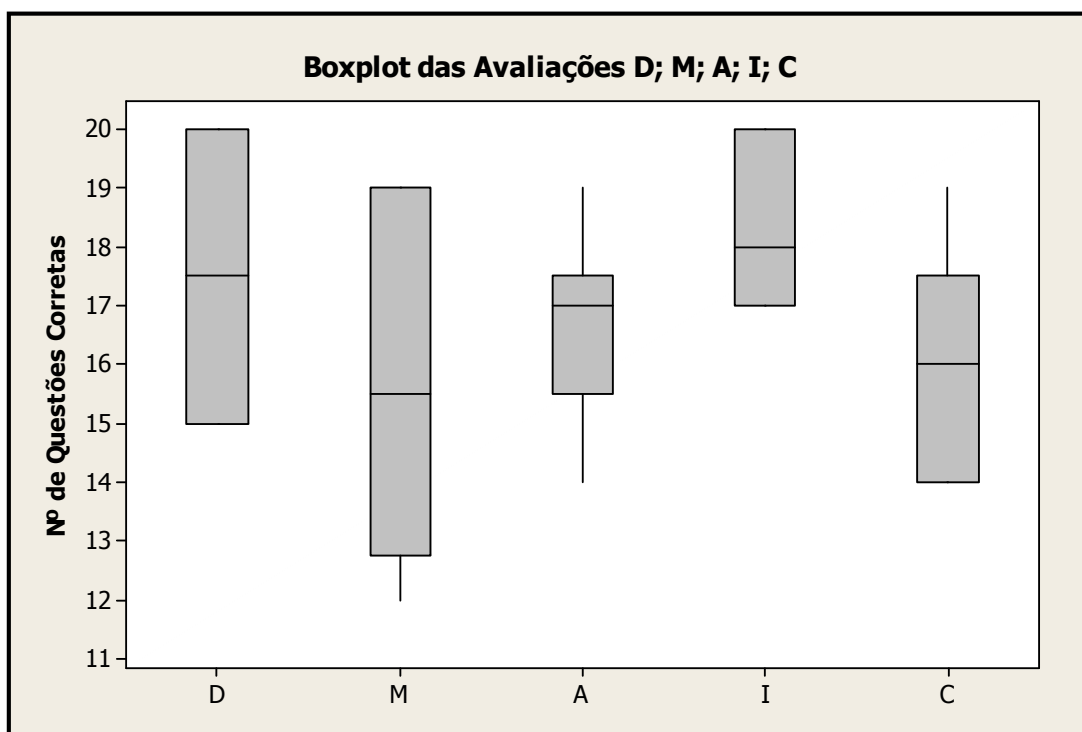


Figura 5.9 – Gráfico de Boxplot dos aproveitamentos dos Black Belts.

Assim como as análises sobre o aproveitamento geral de cada avaliação dos Green Belts são muito superficiais para que se conclua algo a respeito dos módulos, da mesma forma pode-se afirmar sobre a avaliação dos Black Belts. Dessa maneira, para se caracterizar melhor cada um dos módulos, realizou-se a análise de cada módulo através dos níveis da Taxonomia de Bloom.

AVALIAÇÃO DE DEFINIÇÃO – BLACK BELT

A avaliação de Definição realizada pelos estudantes do treinamento de Black Belts obteve um dos melhores aproveitamentos (87,5%) juntamente com a avaliação de Melhoria, esta última com o melhor aproveitamento.

Com relação aos níveis da Taxonomia de Bloom, o nível Conhecimento apresentou avaliações com aproveitamento de 100%, o que de certa forma era de se esperar de estudantes em treinamento de Black Belts. É essencial que os Black Belts conheçam as ferramentas da Metodologia Seis Sigma para a sua utilização em projetos, dessa forma, é esperado um bom desempenho dos estudantes no nível de Conhecimento em todas as avaliações realizadas.

A **Figura 5.10** mostra o desempenho dos alunos nos níveis da taxonomia na avaliação de Definição, e percebe-se que os níveis de Compreensão e Aplicação apresentaram o mesmo aproveitamento, com respostas corretas entre 75% e 100%, o que pode ser considerado um bom desempenho.

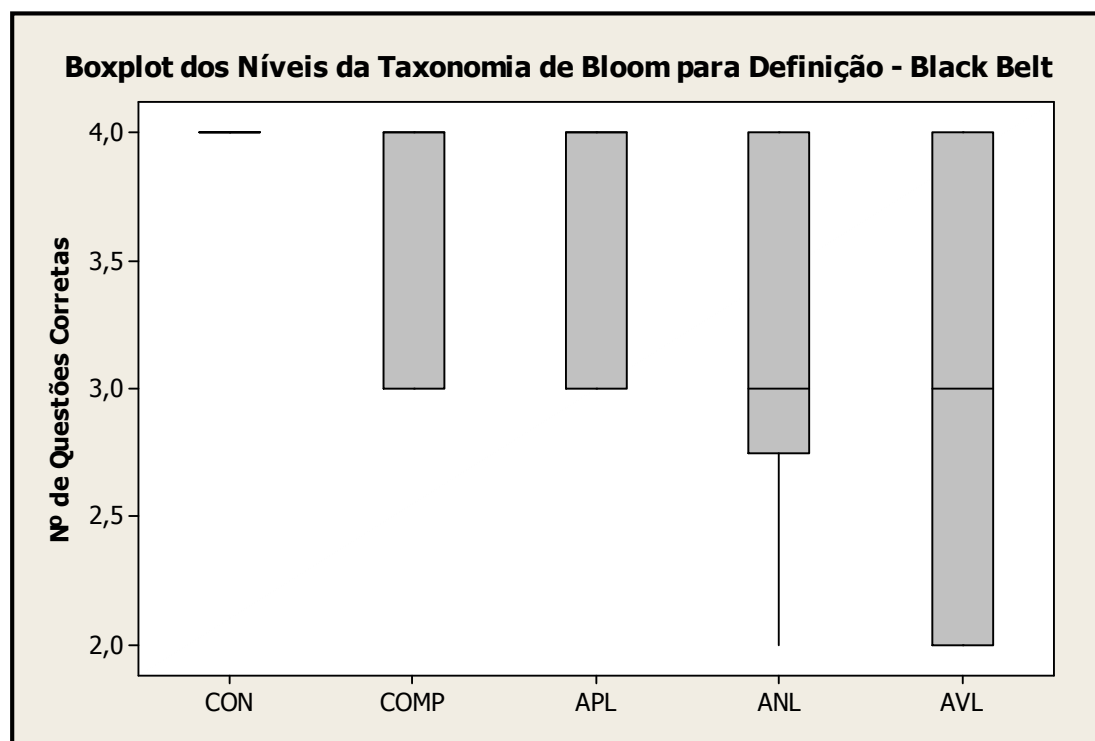


Figura 5.10 – Gráfico de Boxplot de Definição dos Black Belts.

No entanto, os níveis de maior complexidade cognitiva, apresentaram dados dispersos entre 50% e 100%, o que não pode ser considerado um bom desempenho, principalmente no nível de Avaliação que tem uma maior concentração no intervalo mencionado acima. Entretanto, este não pode ser considerado um desempenho ruim, uma vez que se trata de níveis complexos e com maior dificuldade de resolução que os anteriores.

De maneira geral, é considerada satisfatória a avaliação de Definição realizada pelos estudantes do treinamento de Black Belt, o que demonstra que tais estudantes absorveram bem o conteúdo deste módulo e estão aptos a aplicá-los em seus projetos.

AValiação DE MEDIÇÃO – BLACK BELT

A avaliação de Medição foi a avaliação na qual os estudantes obtiveram o pior desempenho, conforme mencionado anteriormente. O aproveitamento geral desta avaliação foi de aproximadamente 78%, em que dois estudantes obtiveram nota inferior a 70%, um índice muito alto tratando-se de Black Belts em formação.

O melhor aproveitamento foi no nível de domínio cognitivo de Conhecimento, os alunos obtiveram aproveitamento superior a 95%, o que já era esperado tratando-se de um nível de baixa complexidade cognitiva. O gráfico da **Figura 5.11** mostra a concentração de questões corretas entre 3,5 e 4, considerado um ótimo índice.

Nos níveis de Compreensão e Aplicação, os aproveitamentos foram praticamente os mesmos, acima de 85%, que pode ser considerado um bom aproveitamento. Mais uma vez, a análise mostra a eficiência do treinamento na aplicação das ferramentas e na utilização do software estatístico.

As piores notas desta avaliação foram nos níveis de Análise e Avaliação, em que nota-se a partir da **Figura 5.11** uma grande dispersão do número de questões corretas, variando entre 1 e 4 para o pior nível, Avaliação, no qual os alunos obtiveram apenas 50% de aproveitamento, o pior aproveitamento em níveis de todas as avaliações tanto para Black Belts quanto para Green Belts.

Conforme mencionado em alguns módulos de Green Belt, falta ao treinamento a apresentação de casos relacionados ao conteúdo que despertem o senso crítico dos alunos e promova discussões e análises sobre o tema. Dessa maneira, o aluno estará apto a analisar melhor

as informações disponíveis e fazer julgamentos de forma coerente, auxiliando-o em tomadas de decisões no desenvolvimento e implantação de projetos de melhoria.

É válido ressaltar também que, por tratar-se de um módulo de Medição, esperava-se um melhor desempenho dos alunos, principalmente em níveis considerados essenciais para esta fase do DMAIC, tais como Aplicação e Análise.

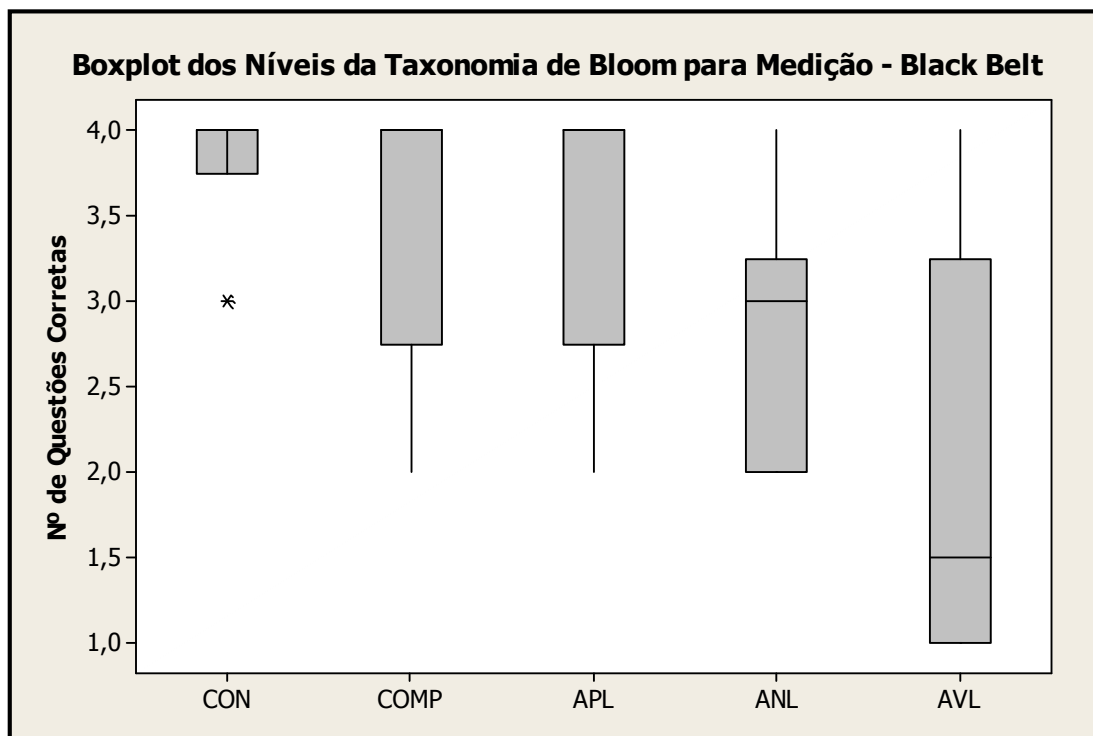


Figura 5.11 – Gráfico de Boxplot de Medição dos Black Belts.

AVALIAÇÃO DE ANÁLISE – BLACK BELT

Apesar de não figurar entre as avaliações com melhor aproveitamento, na avaliação de Análise os estudantes obtiveram um bom desempenho com mais de 80% de aproveitamento neste módulo. Assim, de forma geral, as avaliações foram boas e os estudantes demonstraram um bom grau de entendimento do conteúdo apresentado neste módulo.

Dentre os níveis da Taxonomia de Bloom, dois destacaram-se nos aproveitamentos dos estudantes, nos níveis de Conhecimento e Aplicação o aproveitamento foi cerca de 95%. O desempenho no nível de Conhecimento já era esperado, por tratar-se de um nível de

complexidade baixa, porém o nível de Aplicação é um nível extremamente importante para este módulo e o aproveitamento obtido pelos estudantes demonstra que o instrutor apresentou e aplicou o conteúdo de forma satisfatória. Nota-se no gráfico da **Figura 5.12** que a maioria dos estudantes acertou entre 3,5 e 4 questões em média referente aos dois níveis, o que considera-se um ótimo aproveitamento dos estudantes.

O nível de Compreensão também teve aproveitamento satisfatório, acima de 90%, confirmando o ótimo empenho dos estudantes e do instrutor nos níveis de baixa e média complexidade cognitiva.

Entretanto, nos níveis de Análise e Avaliação, mais uma vez os estudantes obtiveram desempenhos razoáveis, no nível de Análise o aproveitamento foi cerca de 70%, porém no nível de Avaliação o aproveitamento foi abaixo de 65%. O gráfico da **Figura 5.12** mostra a grande dispersão do número de questões corretas, em que poucos alunos acertaram as quatro questões de Análise e nenhum aluno acertou a totalidade das questões de Avaliação. Estes resultados demonstram a carência de senso de análise e julgamento dos estudantes, o que pode ser contornado com a inclusão de temas para discussão em sala de aula, que poderia aumentar o desempenho em níveis de alta complexidade cognitiva.

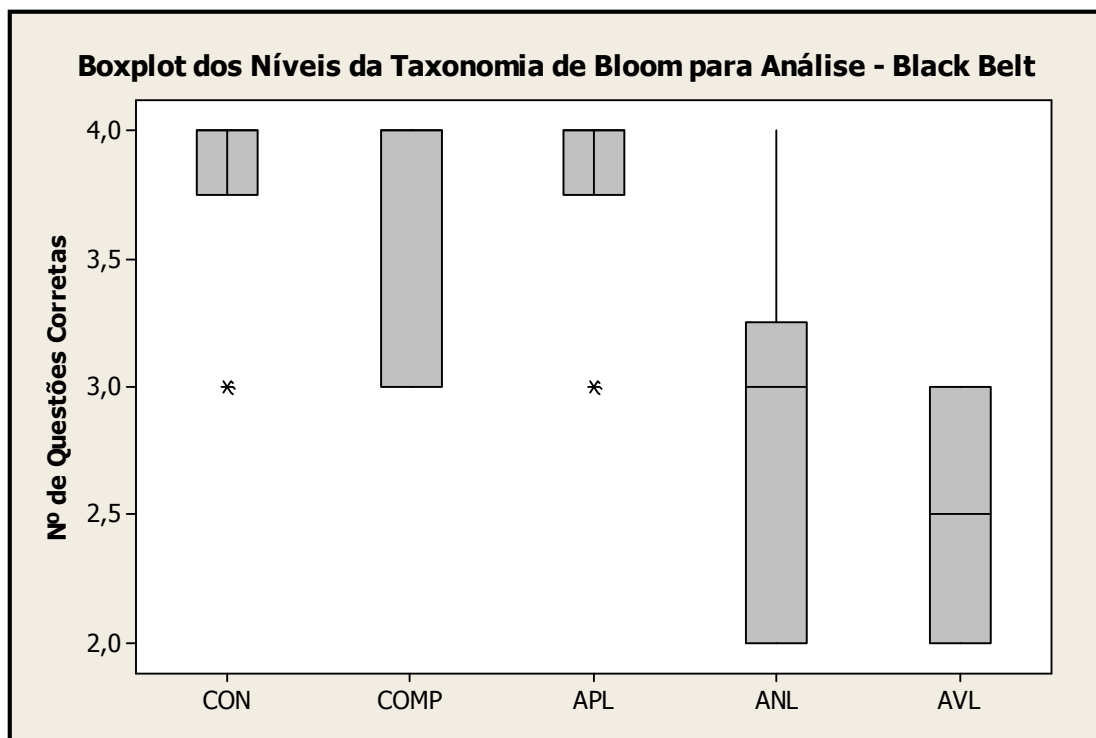


Figura 5.12 – Gráfico de Boxplot de Análise dos Black Belts.

AVALIAÇÃO DE MELHORIA – BLACK BELT

Na avaliação de Melhoria juntamente com a de Definição, os estudantes obtiveram os melhores desempenhos nas avaliações de Black Belts, conforme pode ser visto na **Figura 5.9**. No entanto, o aproveitamento na avaliação de Melhoria foi o melhor, quase 80%.

Dentre os níveis da Taxonomia de Bloom, os estudantes obtiveram 100% de aproveitamento no nível de Aplicação, conforme pode ser observado no gráfico da **Figura 5.13**. Este resultado demonstra que os estudantes sabem aplicar corretamente as ferramentas deste módulo e dominam o software estatístico para essas aplicações.

Nos níveis de Conhecimento e Compreensão, o aproveitamento foi superior a 95%, o que demonstra que os estudantes adquiriram o conhecimento do conteúdo e compreenderam grande parte do que foi apresentado. É necessário destacar também que o instrutor soube transmitir todo o conteúdo do módulo e que o treinamento está bem estruturado nos três primeiros níveis cognitivos.

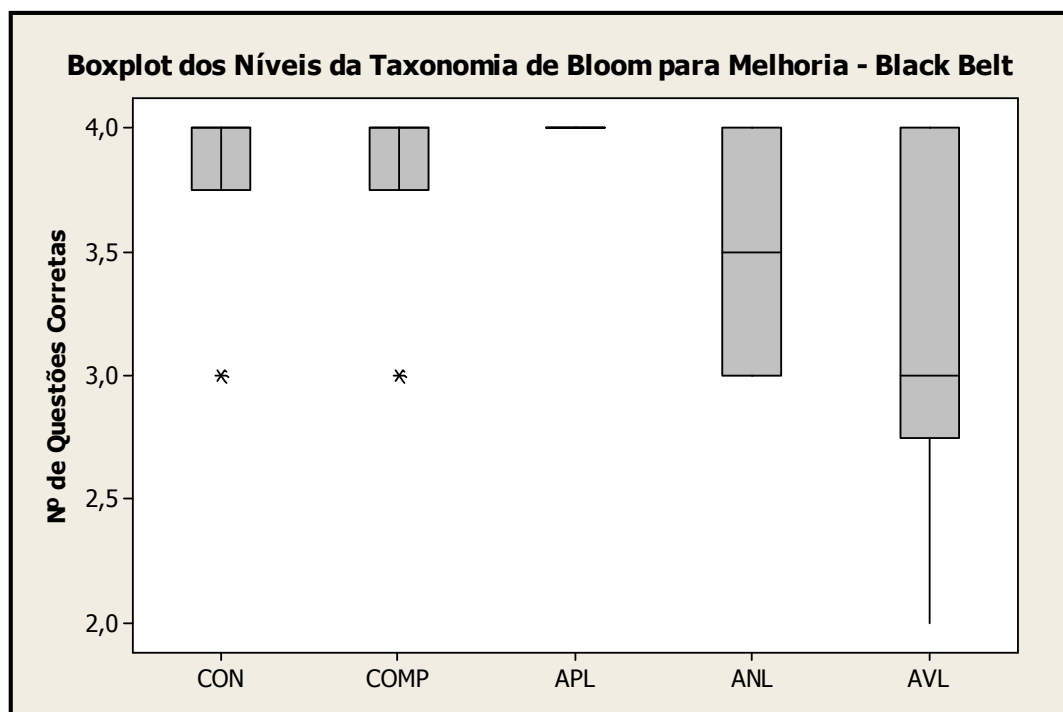


Figura 5.13 – Gráfico de Boxplot de Melhoria dos Black Belts.

Mesmo nos níveis de Análise e Avaliação, níveis de maior complexidade na taxonomia foram apresentados bons aproveitamentos pelos alunos. Nota-se que apesar da grande dispersão do número de questões corretas, a maior concentração está entre 3 e 4 questões corretas nos níveis, o que pode ser considerado um bom desempenho dos alunos.

Observa-se, a partir dos resultados das avaliações que este módulo juntamente com o módulo de Definição possui uma boa estrutura em seu treinamento que permite aos alunos absorverem o conteúdo apresentado, aplicarem a teoria, analisar e julgar temas referentes ao conteúdo. Os estudantes mostraram-se capazes de prosseguir no treinamento e aptos a aplicar os conhecimentos destes módulos no desenvolvimento e implantação de projetos de melhoria.

AValiação de Controle – Black Belt

Na avaliação de Controle, os estudantes obtiveram um desempenho dentro do esperado, ou seja, dentro da média esperada, cerca de 80%. No entanto dois estudantes obtiveram aproveitamento de 70%, o que para alguns treinamentos seriam considerados reprovados e teriam que refazer módulo.

Com relação ao desempenho entre os níveis da taxonomia, os estudantes obtiveram 100% de aproveitamento no nível de Conhecimento, o que apesar de ser um nível de baixa complexidade, este desempenho supera as expectativas, mostrando que os estudantes realmente absorveram o conteúdo do módulo e o conhecem perfeitamente.

Os dois níveis seguintes da Taxonomia de Bloom também apresentaram um bom aproveitamento, com cerca de 90%. Os números de questões corretas nas avaliações concentraram-se entre 3 e 4 questões, conforme mostra o gráfico da **Figura 5.14**. O bom desempenho destes níveis vem complementar o aproveitamento no nível de Conhecimento. Assim, pode-se afirmar que o módulo foi bem aproveitado no sentido de que os estudantes conheceram, compreenderam e aplicaram bem o conteúdo deste módulo no treinamento.

No entanto, se por um lado os estudantes obtiveram bons desempenhos nos níveis de média e baixa complexidade, o mesmo não se pode dizer dos últimos dois níveis, em que o aproveitamento foi cerca de 60%, muito abaixo do que espera-se de estudantes de treinamento de Black Belts para o módulo de Controle. Diferentemente do que ocorreu nas avaliações anteriores, o nível com pior desempenho foi o de Análise (aproximadamente 58%), pois apresenta dados

com grande dispersão (**Figura 5.14**), em que há estudantes com 100% de acerto e há estudantes que erraram todas as questões referentes a Análise.

A partir desses resultados, sugere-se a inserção de temas referentes a Controle, com a apresentação de exemplos práticos e a discussão dos temas, de tal forma que gerem opiniões, críticas e julgamentos. Essas atividades irão habilitar os estudantes a adquirirem um senso crítico e a tomar decisões corretas no desenvolvimento de seus projetos.

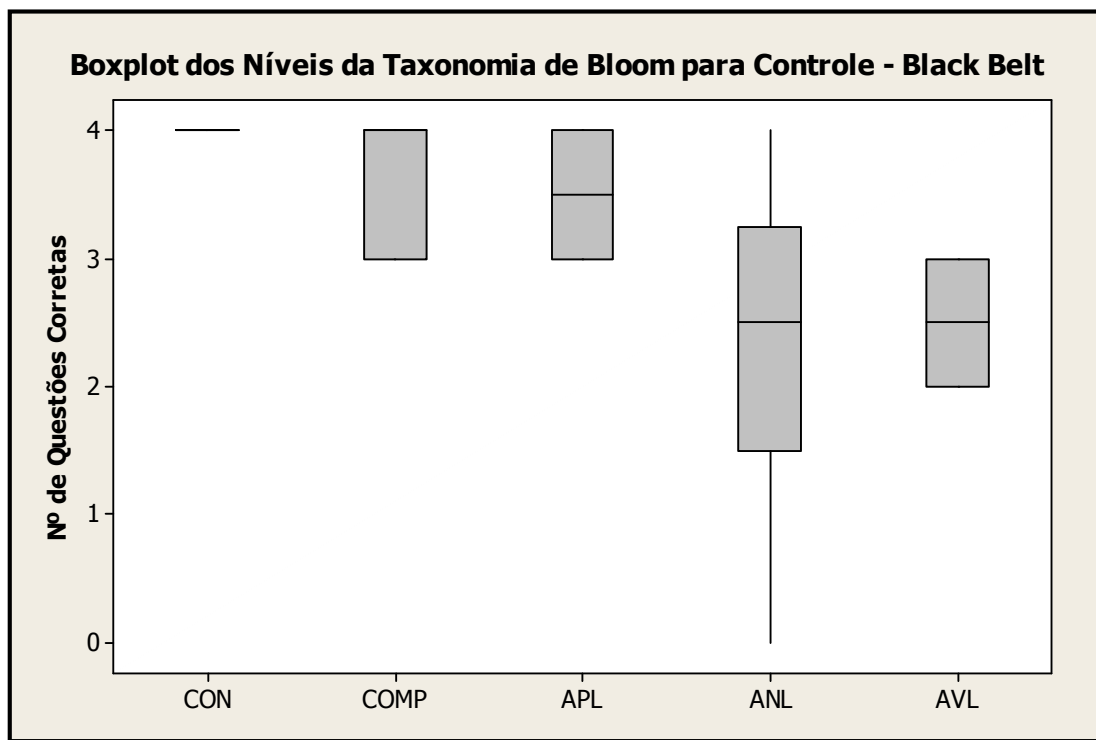


Figura 5.14 – Gráfico de Boxplot de Controle dos Black Belts.

6 - CONCLUSÃO

6.1 – CONCLUSÃO

O objetivo principal deste trabalho de dissertação foi o de avaliar o conhecimento de Green Belts e Black Belts na Metodologia Seis Sigma através do desenvolvimento de um Modelo de Avaliação em ambiente Access contendo questões classificadas de acordo com o método DMAIC e a Taxonomia de Bloom. Para que tal objetivo fosse alcançado, apresentaram-se duas proposições de trabalho.

A primeira mencionava a utilização da Taxonomia de Bloom para avaliar as habilidades intelectuais dos Green Belts e Black Belts. A partir desta proposição, foi apresentado um estudo aprofundado sobre a Taxonomia de Bloom, em especial o domínio cognitivo que é foco deste trabalho. Neste estudo observou-se a dificuldade em se avaliar os estudantes com relação ao nível de Síntese, uma vez que este nível não aceita questões de múltipla escolha, que foram utilizadas para a confecção do modelo. No entanto, os níveis da Taxonomia de Bloom se mostraram extremamente eficazes na avaliação de Green Belts e Black Belts, visto que os níveis abrangem de forma satisfatória as principais características cognitivas necessárias aos profissionais da Metodologia Seis Sigma. Assim, estes profissionais necessitam conhecer, compreender e aplicar o conteúdo do treinamento, além de serem capazes de analisar dados referentes a projetos de melhoria e avaliar tais projetos de acordo com as ferramentas apresentadas durante seu treinamento.

A segunda proposição deste trabalho refere-se a análise de desempenho de Green Belts e Black Belts pelo Modelo de Avaliação. Esta é uma das principais contribuições deste modelo, uma vez que ao final da avaliação ele apresenta ao estudante seu desempenho na avaliação e os desempenhos de avaliações anteriores que o estudante porventura possa ter realizado. Esta característica auxilia na rapidez e clareza da avaliação final do estudante, que sabe logo após o término da avaliação se foi aprovado ou reprovado no módulo, sabendo-se previamente da nota mínima exigida que é definida pelo instrutor do treinamento.

Além de auxiliar na avaliação de alunos, o Modelo de Avaliação permite a análise do treinamento oferecido, visto que o modelo oferece ao instrutor o desempenho detalhado dos alunos. Este desempenho é apresentado no Modelo de Avaliação – Administração, com relação

aos níveis da Taxonomia de Bloom. Dessa maneira, o instrutor avalia em quais aspectos (níveis), o treinamento precisa ser melhorado. Por exemplo, um aproveitamento ruim dos alunos no nível Aplicação pode ser uma evidência da carência de exemplos práticos durante o treinamento.

A fim de se comprovar a eficácia do Modelo de Avaliação, aplicou-se tal modelo a estudantes de treinamentos de Green Belts e Black Belts que realizaram as avaliações de todas as fases do método DMAIC, conforme pôde ser visto no **capítulo 5**. A aplicação do modelo em Green Belts foi realizada com 18 estudantes que obtiveram um aproveitamento satisfatório de maneira geral, sendo que os índices de desempenho mantiveram-se acima de 80% nas avaliações dos módulos. Os módulos com melhor aproveitamento foram os de Definição e Melhoria e os de pior desempenho foram os de Análise e Controle, porém todos os módulos obtiveram aproveitamentos aceitáveis.

Com base na análise dos níveis da Taxonomia de Bloom, o treinamento de Green Belt destacou-se nos níveis de baixa e média complexidade cognitiva, sendo que estes níveis tiveram bons desempenhos nas avaliações. No entanto, os níveis de Análise e Avaliação, obtiveram aproveitamentos abaixo do esperado, principalmente o nível de Avaliação, o que demonstra a carência de exposição de casos para discussão entre os alunos durante o treinamento. Dessa forma, sugere-se a inserção de casos e exemplos para a análise e discussão dos alunos para que os mesmos desenvolvam características de análise e avaliação.

Com relação à Black Belts, a aplicação do modelo foi feita em 6 estudantes que realizaram todas as avaliações do método DMAIC. De maneira geral, o aproveitamento pôde ser considerado satisfatório, em quase todos os módulos o índice de desempenho foi superior a 80%, com exceção do módulo de Medição que foi o pior avaliado. Os melhores módulos avaliados foram o de Definição e o de Melhoria, este último com aproveitamento acima de 90%. No entanto, os baixos índices de desempenho em alguns níveis explicitaram carências neste treinamento para Black Belts, a maior delas é a falta de casos e exemplos para serem analisados e discutidos em sala de aula, assim como no treinamento de Green Belts, os estudantes demonstraram baixo rendimento em níveis de alta complexidade da taxonomia. Porém, o treinamento de Black Belts apresentou índices menores que o treinamento de Green Belts, o que evidencia a necessidade de reestruturação de alguns aspectos deste treinamento, como a induzir os alunos a discussões e análises que auxiliarão no desenvolvimento de características essenciais a esses profissionais, tais como tomada de decisões e análises de projetos de melhoria.

A partir do atendimento das proposições de trabalho e do sucesso na aplicação do Modelo de Avaliação, pode-se considerar que o objetivo principal foi satisfeito.

Outros objetivos menos específicos propostos inicialmente, também foram satisfeitos, tais como a realização de estudos sobre a Metodologia Seis Sigma e a Taxonomia de Bloom, os quais contribuíram para a formulação das questões e na elaboração do modelo. O desenvolvimento do Modelo de Avaliação em ambiente Access analisando estatisticamente o desempenho dos estudantes e a aplicação do modelo a Green Belts e Black Belts em formação, apresentando também um “feedback” do treinamento apresentado de forma a auxiliar o instrutor na estruturação do mesmo, foi uma característica inovadora em modelos de avaliação.

Muitas foram as dificuldades encontradas neste trabalho, dentre as principais, pode-se destacar o desenvolvimento do Modelo de Avaliação, em que alguns conhecimentos referentes a *Microsoft Access*[®] e linguagem em *Visual Basic*[®] foram necessários para a confecção do modelo para transpor as idéias do modelo planejado para o desenvolvimento do modelo de fato. Outra dificuldade coube a formulação das questões que demandou demasiado tempo, porém gerou um banco de dados com aproximadamente 300 questões seguindo as classificações pré-determinadas.

Finalmente, muito mais que conclusões estatísticas, este trabalho proporcionou a todos aqueles envolvidos na pesquisa, um grande aprendizado sobre todos os assuntos abordados; da Metodologia Seis Sigma à Taxonomia de Bloom; do desenvolvimento à aplicação do Modelo de Avaliação. A vivência do problema, as abordagens propostas para resolvê-lo, as incertezas, as dúvidas e, principalmente as dificuldades encontradas, são legados inegáveis e intangíveis que se ousa deixar como contribuição científica e acadêmica.

6.2 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Conforme descrito inicialmente, esta pesquisa não tencionava esgotar todas as questões sobre o assunto estudado, o que demandaria um período de estudo maior. E para se tornar exeqüível, certos limites precisavam ser fixados. Estes limites servem, em linhas gerais, como sugestão para vários trabalhos futuros nesta área de interesse.

Primeiramente, o único nível da Taxonomia de Bloom de domínio cognitivo que não pôde ser utilizado no Modelo de Avaliação foi a Síntese, sugere-se dessa forma, o desenvolvimento de um novo modelo de avaliação que aceite questões do nível Síntese, o que tornaria a avaliação mais detalhada e completa.

O foco do Modelo de Avaliação foi apenas em Green Belts e Black Belts em formação, sugere-se que este modelo seja estendido a Champions, Executivos Líderes e Master Black Belts, assim, o modelo seria completo podendo ser aplicado em toda a organização. No entanto, para que essa alteração seja possível, será necessária a confecção de novas questões considerando os conhecimentos necessários para cada profissional na Metodologia Seis Sigma. Assim, sugere-se o aumento do banco de dados de questões para as avaliações possam ser as mais variadas possíveis, evitando-se que a coincidência de questões entre avaliações.

Conforme descrito em capítulos anteriores, a Taxonomia de Bloom foi considerada apenas em seu domínio cognitivo, dessa maneira, sugere-se a inserção dos outros domínios (afetivo e psicomotor) na avaliação de Green Belts e Black Belts. Com a inclusão desses domínios, o estudante seria avaliado segundo vários aspectos, o que tornaria a avaliação mais detalhada e precisa.

O trabalho limitou-se à utilizar o roadmap da GE, devido a sua popularização, sugere-se, entretanto que se adapte o banco de questões do Modelo de Avaliação a outros roadmaps utilizados em outros treinamentos da Metodologia Seis Sigma. Essas adaptações tornariam este modelo aplicável a maioria das organizações, facilitando a aceitação do modelo nos mais diversos treinamentos para Green Belts e Black Belts.

Utilizou-se como software estatístico o Minitab®, por tratar-se de um software amplamente difundido em muitas organizações que aplicam a Metodologia Seis Sigma, sugere-se, no entanto, a adaptação de algumas questões para outros softwares estatísticos existentes atualmente, como por exemplo, o Statistica® entre outros.

Finalmente, sugere-se o desenvolvimento do Modelo de Avaliação de tal forma que este possa ser disponibilizado na internet, o que facilitaria a aplicação do modelo em várias localidades. para o desenvolvimento de um modelo para a *web* sugere-se a utilização da linguagem *Java Web*.

APÊNDICE A

BENJAMIN S. BLOOM

Benjamin S. Bloom nasceu no dia 21 de fevereiro de 1913 em Lansford, na Pensilvânia, Estados Unidos e morreu no dia 13 de setembro de 1999. Ele recebeu os títulos de bacharel e mestrado na Universidade Estadual da Pensilvânia em 1935 e um Ph.D. em educação na Universidade de Chicago em 1940. Tornou-se membro da Comissão de Examinadores da Universidade de Chicago em 1940 e serviu nesta posição até 1943, ano no qual se tornou examinador da universidade, posição esta que sustentou até 1959.

A **Figura A.1** mostra uma foto de Benjamin Bloom, que foi professor do Departamento de Educação da Universidade de Chicago e oferecia aos seus alunos o modelo de um pesquisador escolar, alguém que adotou a idéia da educação como um processo e que teve empenho para entender o potencial humano.



Figura A.1 – Benjamin Bloom.

Seu mais importante trabalho focou no que poderia ser chamado de “operalização” dos objetivos educacionais. De acordo com Eisner (2000), quando Bloom foi para Chicago, ele trabalhou com seu mentor, Ralph W. Tyler, no escritório de examinadores e direcionou sua atenção para o desenvolvimento de especificações através das quais os objetivos educacionais poderiam ser organizados de acordo com suas complexidades cognitivas. Este trabalho resultou

em 1956, na publicação do livro “*Taxonomia dos Objetivos Educacionais: Domínio Cognitivo*”, que vem sendo utilizado por todo o mundo para auxiliar a preparação de materiais de avaliação.

A publicação da taxonomia cognitiva foi sucedida pela publicação da taxonomia afetiva. O trabalho de Bloom foi uma contribuição para o mapeamento do terreno que os educadores estavam interessados em explorar.

A sabedoria de Bloom em educação foi complementada por seu ativismo, ou seja, ele teve um papel importante na criação da Associação Internacional para a Realização da Avaliação Educacional (IEA – International Association for the Evaluation of Educational Achievement) e na organização do Seminário Internacional para o Treinamento Avançado no desenvolvimento de Currículo, organizado em Granna na Suécia em 1971. Bloom trabalhou na IEA durante 30 anos desde seu início e teve um importante impacto na melhoria do aprendizado de estudantes em vários países membros da IEA.

LIVROS ESCRITOS OU CO-ESCRITOS POR BLOOM

1948 – *Teaching by discussion*, Chicago, IL, College of the University of Chicago. (com J. Axelrod et al)

1956a – *Methods in personality assessment*, Gleonce, IL, Free Press. (com G. G. Stern e M. I. Stein)

1956b – *Taxonomy of educational objectives: Handbook I, The cognitive domain*. New York, David McKay & Co. (com D. Krathwohl et al.)

1958a – *Evaluation in secondary schools*. New Delhi, All India Council for Secondary Education.

1958b – *Problem-solving process of college students*. Chicago, IL, University of Chicago Press.

1961a – *Evaluation in higher education*. New Delhi, University Grants Commission.

1961b – *Use of academic prediction scales for counseling and selecting college entrants*. Gleonce, IL, Free Press. (com F. Peters)

1964a – *Stability and change in human characteristics*. New York, John Wiley & Sons.

1964b – *Taxonomy of educational objectives: Handbook II, The affective domain*. New York, David McKay & Co. (com B. Masia e D. Krathwohl)

- 1965 – *Compensatory education for cultural deprivation*. New York, Holt, Rinehart & Winston. (com A. Davis e R. Hess)
- 1966 – *International study of achievement in mathematics: a comparison of twelve countries*. Vols. I e II. New York, John Wiley & Sons.
- 1971 – *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. New York, McGraw-Hill. (com J. T. Hastings, G. F. Madaus e outros)
- 1976 – *Human characteristics and school learning*. New York, McGraw-Hill.
- 1980a – *The state of research on selected alterable variables in education*. Chicago, IL, University of Chicago, MESA Publication.
- 1980b – *All our children learning: a primer for parents, teachers and other educators*. New York, McGraw-Hill.
- 1981 – *Evaluation to improve learning*. New York, McGraw-Hill. (com G. F. Madaus e J. T. Hastings)
- 1985 – *Developing talent in young people*. New York, Ballantine. (com L. A. Sosniak et al)
- 1993 – *The home environment and social learning*. San Francisco, Jossey-Bass. (com T. Kellaghan, K. Sloane e B. Alvarez)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMI, V. S. *Estudo da Variabilidade da Viscosidade na Produção de Lotes de Tintas – Um Projeto Seis Sigma*. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

ANTONY, J. e BRUNELAS, R. Key Ingredients for the Effective Implementation of Six Sigma Program, *Measuring Business Excellence*, v. 6, n. 4, p. 20 - 27, 2002.

ATHANASSIOU, N. et al Critical Thinking in the Management Classroom: Bloom's Taxonomy as a Learning Tool, *Journal of Management Education*, v. 27, n. 5, p. 533 - 555, 2003

BAILEY, S. P. Discussão do Artigo Six Sigma Black Belts: What do They Need to Know?, *Journal of Quality Technology*, v. 33 n. 4, p. 426 - 431, 2001.

BARSKERVILLE, R. e WOOD-HARPER, A. T. A Critical Perspective on Action Research as a Method for Information Systems Research, *Journal of Information Technology*, n. 11, p. 235 – 246, 1996.

BEHARA, R. S. e LEMMINK, J. G. A. M. Benchmarking Field Services Using a Zero Defects Approach, *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 14, n. 5, p. 512 - 526, 1997.

BELLIS, I. Skills Development, Knowledge Resources, Randburg, 2000.

BLOOM, B. S. et al Taxonomia de Objetivos Educacionais Livro 1: Domínio Cognitivo, Porto Alegre, Ed. Globo, 1976.

BLOOM, B. S. Human Characteristics and School Learning, London, McGraw-Hill, 1982.

BORUCHOVITCH, E. As Variáveis Psicológicas e o Processo de Aprendizagem: Uma Contribuição para a Psicologia Escolar, *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 10, n. 1, p. 129 - 139, 1994.

BREYFOGLE III, F. W. Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods, New York, John Wiley, 1999.

BREYFOGLE III, F. W.; CUPELLO, J. M. e MEADOWS, B. Managing Six Sigma: a Practical Guide to Understanding, Assessing and Implementing the Strategy that Yields Bottom-line Success, New York, John Wiley, 2001.

BRITTO, S. P. Psicologia da Aprendizagem Centrada no Estudante, 2 Ed., Campinas, Ed. Papirus, 1986.

BRYMAN, A. Research Methods and Organization Studies. London, Unwin Hyman, 1989.

CHASE, N. Six Sigma Black Belts Stamp out Tough Quality Problems, *Quality Magazine*, v. 33, n. 9, p. 32 - 39, 1999.

COUGHLAN, P. e COUGHLAN, D. Action Research for Operations Management, *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n. 2, p. 220 – 240, 2002.

DAVE, R. H. Developing and Writing Behavioral Objectives, Ed. R. J. Armstrong, 1975.

DEPRESBITERIS, L. O desafio da Avaliação da Aprendizagem: dos Fundamentos a uma Proposta Inovadora, São Paulo, Ed. Pedagógica e Universitária Ltda, 1989.

FATT, J. P. T. Understanding the Learning Styles of Students: Implications for Educators, *International Journal of Sociology and Social Policy*, v. 20, n. 11/12, p. 31 - 45, 2000.

FOLARON, J. The Evolution of Six Sigma, *Six Sigma Forum Magazine*, v. 2, n. 4, p. 38 - 44, 2003.

GOLDSTEIN, M. Six Sigma Program Success Factors, *Six Sigma Forum Magazine*, v. 1, n. 1, p. 36 - 45, 2001.

HAHN, G. J., DOGANAKSOY, N. e HOERL, R. The Evolution of Six Sigma, *Quality Engineering*, v. 12, n. 3, p. 317 - 326, 2000.

HARRY, M. J. e SCHROEDER, R. A Breakthrough Strategy for Profitability, *Quality Progress*, v. 1, n. 5, p. 60 - 64, 1998.

HARRY, M. J. e SCHROEDER, R. Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporation. 1 Ed. New York, Currency, 2000.

HENDERSON, K. M. e EVANS, J. R. Successful Implementation of Six Sigma: Benchmarking General Electric Company, *Benchmarking: An International Journal*, v. 7, n. 4, p. 260 - 281, 2000.

HILD, C., SANDERS, D. e COOPER, T. Six Sigma on Continuous Processes: How and Why it Differs, *Quality Engineering*, v. 13, n. 1, p. 1 - 9, 2000.

HOERL, R. W. Six Sigma Black Belts: What do They Need to Know?, *Journal of Quality Technology*, v. 33 n. 4, p. 391 - 403, 2001.

HONEY, P. e MUMFORD, A. The Manual of Learning Styles, United Kingdom, McGraw-Hill, 1986.

INGLE, S. e ROE, W. Six Sigma Black Belt Implementation, *TQM Magazine*, v. 13, n. 4, p. 273 - 280, 2001

ISHIKAWA, K. Controle de Qualidade Total à Maneira Japonesa, Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1993.

KINNEY, W. R. Some Reflections on a Professional Education: it should Have Been More Positive, *Issues in Accounting Education*. Fall, p. 295 - 301, 1990.

LINDERMAN, K. et al Six Sigma: a Goal-Theoretic Perspective, *Journal of Operations Management*, v. 21, n. 2, p. 193 - 203, 2003.

LUCIER, G. T. e SESHADRI, S. GE Takes Six Sigma beyond the Bottom-line, *Strategic Finance*, v. 82, n. 11, p. 40 - 46, 2001.

LUCKESI, C. C. Avaliação Educacional: Pressupostos Educacionais, *Tecnologia Educacional*, v. 07, n. 24, p. 5 - 8, 1978.

MACIEL, D. M. A Avaliação no Processo Ensino-Aprendizagem de Matemática, no Ensino Médio: Uma Abordagem Formativa Sócio-Cognitivista. Dissertação de mestrado. Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas, 2003.

MARTON, F. e SALJO, R. On Qualitative Differences in Learning: I Outcome and Process, *British Journal of Education Psychology*, v. 46, p. 4 - 11, 1976.

MATOS, J. L. e CATEN, C. S. Seis Sigma: Uma Aplicação na Indústria Petroquímica, XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Ouro Preto, 2003.

MOSS, G. D. Effective Training of Trainers: the ATLS Approach, *Education + Training*, v. 39, n. 5, p. 168 - 175, 1997.

NÓBREGA, K. C. *Gestão da Qualidade em Serviços*. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1997.

PANDE, P. S. Estratégia Seis Sigma: Como a GE, a Motorola e Outras Empresas estão Aguçando seu Desempenho, Rio de Janeiro, Ed. Qualitymark, 2001.

PAUL, L. Practice Makes Perfect, *CIO Enterprise*, v. 12, n. 7, seção 2, 1999.

PEREZ-WILSON, M. Seis Sigma: Compreendendo o Conceito, as Implicações e os Desafios, 1 Ed. Rio de Janeiro, Qualitymark, 1999.

REINSTEIN, A. e BAYOU, M. E. Critical Thinking in Accounting Education: Processes, Skills and Applications, *Managerial Auditing Journal*, v. 12, n. 7, p. 336 - 342, 1997.

REIS, D. A. F. *Seis Sigma: Um Estudo Aplicado ao Setor Eletrônico*. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

REVILL, D. Future Teaching Roles for Academic Librarians: a Review, *New Library World*, v. 102, n. 1168, p. 332 - 335, 2001.

ROTONDARO, R. G. et al Seis Sigma: Estratégia Gerencial para Melhoria de Processos, Produtos e Serviços, São Paulo, Atlas, 2002.

SANDERS, D. e HILD, C. A Discussion of Strategies for Six Sigma Implementation, *Quality Engineering*, v. 12, n. 3, p. 303 - 309, 2000.

SANTOS, A. B. e MARTINS, M. F. A Implementação dos Projetos Seis Sigma Contribuindo para o Direcionamento Estratégico e para o Aprimoramento do Sistema de Medição de Desempenho, XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Ouro Preto, 2003.

SLACK, N, CHAMBERS, S. e JOHNSTON, R. Administração da Produção, São Paulo, 2 Ed. Atlas, 2002.

SNEE, R. D. et al What Does it Take to be a Master Black Belt? Part II, *Six Sigma Forum Magazine*, v. 2, n. 4, p. 45 - 49, 2003.

TORRANCE, H. Evaluating Authentic Assessment, Open University, Buckingham, 1995.

VRIES, P. e DOWNIE, N. Ensuring Depth of Learning in Hospitality Management Programmes – Putting a Method into Practice, *International Journal of Hospitality Management*, v. 19, p. 385 - 397, 2000.

WELCH, J. F. et al General Electric, to our Customers, Share Owners and Employees, *Six Sigma Forum Magazine*, v. 1, n. 1, p. 56, 2001.

WESTBROOK, R. Action Research: a New Paradigm for Research in Production and Operations Management, *International Journal of Operations & Production Management*, v. 15, n. 12, p. 6 – 20, 1994.

YIN, R. K. Case Study Research: Design and Methods, New Delhi, Sage, 1984.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ATHERTON J S *Learning and Teaching: Bloom's taxonomy* (rev 2003) [on line [http:// www.dmu.ac.uk/~jamesa/learning/bloomtax.htm](http://www.dmu.ac.uk/~jamesa/learning/bloomtax.htm); capturado em 01/12/2004].

COX, K. e CLARK, D. The Use of Formative Quizzes for Deep Learning, *Computers Educ.*, v. 30, n. 3/4, p. 157 - 167, 1998.

DALTON, J. e SMITH, D. *Extending Children's Special Abilities – Strategies for primary classrooms*, pp36-7, 1986 [on line, <http://www.teachers.ash.org.au/researchskills/dalton.htm>; capturado em 10/out/2004].

EISNER, E. W. Prospects: The Quarterly Review of Comparative Education, *International Bureau of Education*, v. 30, n. 3, p. 1 – 7, 2000.

FALTIN, F. et al The Future of Six Sigma, *Six Sigma Forum Magazine*, v. 3, n. 3, p. 31 - 34, 2003.

HILLS, J. A. Better Teaching with Deming and Bloom, *Quality Progress*, v. 37, n. 3, p. 57 – 64, 2004.

HOLMES, P. Assessment: New Ways of Pupil Evaluation Using Real Data, *Teaching Statistics*, v. 24, n. 3, p. 87 – 89, 2002.

KASAHARA, E. S. e CARVALHO, M. M. Análise dos Modelos TQM e Seis Sigma: Estudo de Múltiplos Casos, XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Ouro Preto, 2003.

Quality Progress, Salary Survey, 2004

WAL, R. J. e WAL, R. Assessing Life Skills in Young Working Adults – Part 1: The Development of an Alternative Instrument, *Education + Training*, v. 45, n. 3, p. 139 – 151, 2003.

WOOLFOLK, A.E. *Educational Psychology* Fourth Edition, New Jersey, USA, Prentice Hall, 1990 [on line <http://www.teachers.ash.org.au/teachereduc/indexTE.html>; capturado em 20/11/2004].