

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**ANÁLISE DO USO DO PENSAMENTO ESTATÍSTICO E
DE TÉCNICAS ESTATÍSTICAS EM EMPRESAS
INDUSTRIAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Heitor Alves dos Santos

SÃO CARLOS

2017

UNIVERSDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**ANÁLISE DO USO DO PENSAMENTO ESTATÍSTICO E
DE TÉCNICAS ESTATÍSTICAS EM EMPRESAS
INDUSTRIAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Heitor Alves dos Santos

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção de São Carlos (UFSCar), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. José Carlos de Toledo

SÃO CARLOS

2017

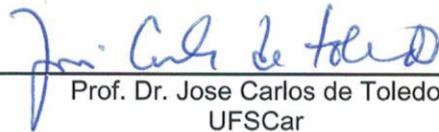


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Heitor Alves dos Santos, realizada em 19/05/2017:


Prof. Dr. Jose Carlos de Toledo
UFSCar


Profa. Dra. Fabiane Letícia Lizarelli
UFSCar


Profa. Dra. Adriana Barboosa Santos
UNESP

“O temor do Senhor é o princípio da sabedoria; e o conhecimento do Santo é o entendimento.”

Salomão

AGRADECIMENTOS

A Deus por ser a razão da minha existência, fonte da minha felicidade e ter me proporcionado esta oportunidade de adquirir conhecimento e oferece-lo em pequena medida para a sociedade.

Ao meu pai, Moacir Teodoro dos Santos, *in memoriam*, minha esposa, Viviane Silva Rocha dos Santos, minha mãe, Helena Alves da Costa e minha avó Conceição Maria de Jesus Santos por serem meus exemplos e a base para minha vida.

Aos meus irmãos, por serem uma fonte de incentivo para que eu realize este trabalho.

À minha família em geral pelo apoio e demonstração de carinho em todos os momentos.

Aos meus amigos da família Zanata em São Carlos, pelo apoio e amizade em tempos de alegrias e tristezas.

Ao meu orientador Prof. Dr. José Carlos de Toledo pelos conhecimentos transmitidos durante a graduação e pós-graduação, paciência na minha orientação e fornecimento dos dados para esta pesquisa.

Aos professores que participarem da banca, Profa. Dra. Fabiane Letícia Lizarelli e Profa. Dra. Adriana Barbosa Santos pelas contribuições e disponibilidade.

Aos professores do programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia de Produção (DEP) da UFSCar e a todos os profissionais que trabalham ali, apoiando os alunos em todas as atividades acadêmicas.

A todos os trabalhadores da UFSCar, principalmente os que exercem as atividades mais humildes, os quais foram um exemplo de simplicidade para mim todos os dias.

Aos membros e pastores das Igrejas Adventistas do Sétimo Dia (IASD), que eu frequentei e principalmente a de Vila São José em São Carlos, pelos ensinamentos e apoio durante este período.

Aos amigos e colegas de pós-graduação, pelo compartilhamento de conhecimento em todos os momentos.

Aos amigos e companheiros de trabalho, Agentes Locais de Inovação em São Carlos, pelas conversas, momentos de descontração e incentivo para a realização deste trabalho.

Aos meus professores, de graduação, ensino médio, fundamental e primário, por ter transmitido seus conhecimentos e serem em diversos casos, exemplo de profissionalismo e dedicação.

RESUMO

Com o objetivo de diminuir a variabilidade e melhorar o desempenho dos sistemas produtivos, as empresas buscam aplicar programas de melhoria como a Produção Enxuta (*Lean Manufacturing* - LM), Gestão da Qualidade Total (*Total Quality Management* - TQM), Seis Sigma (SS), *Lean Seis Sigma* (LSS) e TPM (*Total Productive Maintenance*), entre outros. De acordo com Makrymichalos et al. (2005) é necessário verificar os fundamentos teóricos que servem de base para esses programas, a fim de serem utilizados de forma mais eficiente e conseqüentemente as empresas alcancem resultados aceitáveis. Esses programas, em diferentes níveis, são fundamentados no Pensamento Estatístico (PE) e em Técnicas Estatísticas (TE). Esta dissertação apresenta os resultados de uma pesquisa *survey*, com 243 empresas industriais do Estado de São Paulo, com o objetivo de analisar o nível de presença do PE e das TE em empresas que adotam programas de melhoria e os resultados percebidos com o seu uso. Identificou-se um grupo denominado, na análise estatística realizada, de “Empresas Avançadas”, representando 16,9% da amostra. As empresas deste grupo são as mais fundamentadas no uso do PE e TE, além disso, 29,26% delas conseguiram obter melhores resultados operacionais, 26,82% obtiveram benefícios subjetivos percebidos com a aplicação das TE e princípios do PE e 17,07% obtiveram tanto resultados operacionais percebidos quanto benefícios subjetivos com o uso do PE e TE. As empresas deste grupo obtiveram estes resultados devido, principalmente, ao uso do SS e do LSS há mais de 5 anos. Esses programas incorporam mais intensamente os princípios do PE e usam as TE básicas, intermediárias e avançadas.

Palavras chave: Uso de Pensamento Estatístico, Uso de Técnicas Estatísticas, Programas de Melhoria, Benefícios Percebidos

ABSTRACT

In order to reduce variability and improve the performance of production systems, companies seek to apply improvement programs such as Lean Manufacturing (LM), Total Quality Management (TQM), Six Sigma (SS) , Lean Six Sigma (LSS) and TPM (Total Productive Maintenance), among others. According to Makrymichalos et al. (2005) it is necessary to verify the theoretical foundations that underlie these programs in order to be used more efficiently and consequently the companies achieve acceptable results. To that end, these programs at different levels are based on Statistical Thinking (ST) and Statistical Techniques (STech). This dissertation presents the results of a research survey, with 243 industrial companies from the Sao Paulo State, with the objective of analyzing the level of presence of ST and STech in the improvement programs and the perceived results with their use. A group called "Advanced Companies" representing 16.9% of the sample, was identified in the statistical analysis, the companies in this group are the most grounded in the use of ST and STech. In addition, 29.26% of them were able to obtain perceived operational results, 26.82% obtained subjective benefits perceived with the application of ST and STech principles and 17.07% obtained both perceived operational results and subjective benefits with the use of ST and STech. The companies in this group obtained these results mainly due to the use of SS and LSS for more than 5 years. These programs incorporate the ST principles more intensively and use the basic, intermediate and especially advanced STechs.

Keywords: Use of Statistical Thinking, Use of Statistical Techniques, Improvement Programs, Perceived Benefits

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - Reconhecimento das etapas dos processos.....	20
FIGURA 2.2 - Fontes de variação dos processos.....	22
FIGURA 2.3 - Pensamento Estatístico na melhoria da qualidade.....	23
FIGURA 2.4 - Ação do Pensamento Estatístico e das ferramentas/métodos estatísticos	24
FIGURA 2.5 - Ciclo PPDAC	26
FIGURA 2.6 - Ciclo Investigativo	26
FIGURA 2.7 - O Pensamento Estatístico nos níveis organizacionais de uma empresa.	29
FIGURA 2.8 - Casa do STP	36
FIGURA 2.9 - Componentes do método DMAIC adaptados ao LSS	39
FIGURA 2.10 - Elementos comuns do LM e SS	40
FIGURA 2.11 - Casa do LSS	41
FIGURA 2.12 - Elementos principais do TQM	43
FIGURA 2.13 - Pilares do TPM.....	46
FIGURA 3.1 - Elementos do método de pesquisa	51
FIGURA 3.2 - Aspectos gerais da população.....	53
FIGURA 5.1 - Diagrama de variação intra e inter cluster.....	99
FIGURA 5.2 - Dendograma obtido pelo método hierárquico	102
FIGURA 5.3 - Representação dos clusters e centroides.....	125

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 4.1 - Distribuição das empresas por segmento de atuação.....	65
GRÁFICO 4.2 - Distribuição de empresas por número de funcionários.....	65
GRÁFICO 4.3 - Distribuição do número de certificações	66
GRÁFICO 4.4 - Tempo de utilização dos Programas de Melhoria	67
GRÁFICO 4.5 - Distribuição das variáveis do Pensamento Estatístico.....	68
GRÁFICO 4.6 - Distribuição das variáveis Técnicas Estatísticas Básicas	70
GRÁFICO 4.7 - Distribuição das variáveis Técnicas Estatísticas Avançadas	72
GRÁFICO 4.8 - Distribuição das variáveis Orientação ao uso das TE.....	73
GRÁFICO 4.9 - Distribuição das variáveis de Resultado	75
GRÁFICO 5.1 - Gráfico de Scree - plot para os fatores obtidos.....	88
GRÁFICO 5.2 - Distribuição da variância dos fatores.....	92
GRÁFICO 5.3 - Distribuição da variação por cluster	100
GRÁFICO 5.4 - Perfis dos clusters formados	104
GRÁFICO 5.5 - Composição dos segmentos por cluster.....	108
GRÁFICO 5.6 – Distribuição do porte das empresas (número de funcionários) por <i>cluster</i>	109
GRÁFICO 5.7 – Distribuição da nacionalidade das empresas por cluster.....	110

LISTA DE QUADROS

QUADRO 2.1 - Exemplos de causas de variação	23
QUADRO 2.2 - Relação entre os princípios do PE e as TE utilizadas pelo Seis Sigma	34
QUADRO 2.3 - Diferenças entre o LM e o SS	39
QUADRO 2.4 - Principais elementos do TQM.....	42
QUADRO 2.5 - Estágios de manutenção	44
QUADRO 2.6 - Considerações sobre as prioridades do TPM	46
QUADRO 2.7 - Relação entre PE, TE e os programas de melhoria	48
QUADRO 3.1 – Conteúdo principal do questionário	55
QUADRO 4.1 - Descrição das variáveis de pesquisa	60
QUADRO 4.2 - Síntese da análise descritiva.....	78
QUADRO 5.1 - Descrição e constituição dos fatores	94
QUADRO 5.2 – Principais características dos clusters formados.....	110
QUADRO 5.3 - Síntese da análise de cluster e associação	119

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1 – Alfa de Cronbach para as variáveis	57
TABELA 4.1 - Distribuição das respostas das variáveis TEB	71
TABELA 4.2 - Distribuição das variáveis R.....	76
TABELA 5.1 - Classificação dos valores de KMO.....	83
TABELA 5.2 - Valores obtidos de KMO e do teste de Esfericidade de Bartlett na amostra	84
TABELA 5.3 - Valores das comunalidades	86
TABELA 5.4 - Matriz de componentes rotacionada pelo método Varimax	88
TABELA 5.5 – Análise do coeficiente de aglomeração	101
TABELA 5.6 - Médias dos fatores para cada cluster.....	103
TABELA 5.7- Classificação e composição de cada cluster	106
TABELA 5.8 – Composição relativa dos segmentos industriais em função dos clusters	107
TABELA 5.9 - Composição relativa dos clusters em função dos segmentos industriais	108
TABELA 5.10 – Relação das empresas e variáveis de Resultado (variáveis do tipo F)	111
TABELA 5.11 - Associação entre as variáveis e os clusters.....	113
TABELA 5.12 - Relação entre a importância da qualidade e os clusters	114
TABELA 5.13 - Relação entre o uso do Seis Sigma e os clusters	114
TABELA 5.14 - Relação entre o uso do Lean Manufacturing e os clusters	115
TABELA 5.15 - Relação entre o uso do Lean Seis Sigma e os clusters	116
TABELA 5.16 - Relação entre o uso do TQM com e os clusters	117
TABELA 5.17 - Relação entre o uso do TPM e os clusters.....	117
TABELA 5.18 - Análise de variância (ANOVA) para cada fator.....	122
TABELA 5.19 - Matriz de classificação dos clusters	123
TABELA A1 - Matriz de correlação das variáveis	142
TABELA A2 - Matriz Anti – Imagem de correlação.....	143
TABELA A3 - Matriz das variâncias explicadas	144

LISTA DE SIGLAS

PE – Pensamento Estatístico

TE – Técnicas Estatísticas

TEB – Técnicas Estatísticas Básicas

TEA – Técnicas Estatísticas Avançadas

SS – Seis Sigma

LM – *Lean Manufacturing*

TQM – *Total Quality Management*

LSS – *Lean Seis Sigma*

TPM – *Total Productive Maintenance*

BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

PIB – Produto Interno Bruto

CNI – Confederação Nacional da Indústria

KMO - Kaiser – Meyer – Olkin

TEBar - Teste de Esfericidade de Bartlett

ACP - Análise de Componentes Principais

AFC - Análise dos Fatores Comuns

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Problema de Pesquisa	16
1.2 Objetivo	17
1.3 Estrutura do Trabalho	17
2 O PENSAMENTO E TÉCNICAS ESTATÍSTICAS.....	18
2.1 Princípios do Pensamento Estatístico	18
2.2 O papel da variação e das técnicas estatísticas no PE.....	21
2.3 Modelo de aplicação do PE	25
2.4 A utilização do PE nas empresas	27
2.5 A relação entre o PE, TE e os programas de melhoria	31
2.5.1 A relação entre o PE, TE e o Seis Sigma	31
2.5.2 A relação entre o PE, TE e o <i>Lean Manufacturing</i>	34
2.5.3 A relação entre o PE, TE e o <i>Lean Seis Sigma</i>	38
2.5.4 A relação entre o PE, TE e a Gestão da Qualidade Total.....	41
2.5.5 A relação entre o PE, TE e a Manutenção Produtiva Total.....	44
2.5.6 Síntese sobre a relação entre os programas de melhoria, o PE e as TE.	47
3 MÉTODO DE PESQUISA.....	50
3.1 Caracterização da pesquisa	50
3.2 Definição da população e amostra	52
3.3 Desenvolvimento do instrumento de pesquisa survey e coleta de dados.....	53
3.4 Avaliação da confiabilidade do questionário	56
3.5 Técnicas utilizadas para análise dos resultados	57
4 ANÁLISE DESCRITIVA	59
4.1 Análise descritiva das empresas	64
4.2 Análise descritiva das principais variáveis de pesquisa.....	66
5 ANÁLISE MULTIVARIADA DOS DADOS	80
5.1 Conceitos de análise multivariada	80
5.2 Análise fatorial.....	81
5.2.1 Adequação da utilização da análise fatorial	82
5.2.2 Extração dos fatores iniciais.....	85
5.2.3 Nomeação e interpretação dos fatores.....	92

5.3 Análise de <i>cluster</i>	96
5.3.1 Análise e escolha do número de <i>clusters</i>	97
5.3.2 Análise e interpretação dos <i>clusters</i>	103
5.3.3 Análise descritiva dos <i>clusters</i> formados	106
5.3.4 Relação entre os <i>clusters</i> e os resultados percebidos	111
5.3.5 Relação entre os <i>clusters</i> e o uso dos programas de melhoria	112
5.3.6 Validação da Análise de <i>cluster</i>	122
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	126
6.1 Conclusões	126
6.2 Limitações desta pesquisa.....	130
6.3 Sugestões para pesquisas futuras	130
REFERÊNCIAS	132
APÊNDICE A - TABELAS COMPLEMENTARES	142
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO	146

1 INTRODUÇÃO

O aumento da competitividade, a necessidade de obtenção de maior eficiência na gestão dos recursos e o controle da variabilidade dos processos produtivos, tem se tornado um desafio para os gestores.

Segundo Makrymichalos *et al.* (2005) as empresas necessitam entender a natureza da variabilidade dos processos, se são comuns ou especiais, para, com isso, não tomarem decisões equivocadas, as quais podem causar desperdício ou levar ao aumento de custos na produção de bens e serviços.

Esta situação leva as empresas a buscarem formas de controlar a variabilidade dos processos, assim como reduzir as fontes de aumento de custo, podendo desta maneira, utilizar ferramentas e técnicas estatísticas, as quais sustentam programas de melhoria.

Estes programas podem gerar melhorias em parte ou em toda cadeia de produção e, com isso, reduzir as falhas nos processos produtivos. Dentre os programas, destacam-se o Seis Sigma (SS), Produção Enxuta (*Lean Manufacturing* LM), *Lean* Seis Sigma (LSS), Gestão da Qualidade Total (TQM – *Total Quality Management*), e a Manutenção Produtiva Total (TPM – *Total Productive Maintenance*). Estes programas de melhoria têm como importante fundamento a tomada de decisões, baseada em fatos e dados, sobre controle e melhoria de produtos e processos. (CARVALHO; ROTONDARO, 2005; SANTOS, 2006; LIKER, 2005; ANDERSSON *et al.*, 2006; ANTONELLI; SANTOS, 2011; TOLEDO *et al.*, 2014; MIGUEL, 2005; PRASANTH *et al.*, 2015; DENNIS, 2008)

Os programas de melhoria são amplamente difundidos e aplicados nas empresas, contudo, segundo Ringen e Holtskog (2011) de cada 3 projetos dentro dos programas de melhoria contínua, dois falham em alcançar os resultados esperados. De acordo com Bhasin e Burcher (2006) no Reino Unido em 2005, apenas 10% das empresas que implementaram o LM, obtiveram sucesso. Nas pesquisas realizadas por Chakravorty (2009), Kumar *et al.* (2007) e Kumar *et al.* (2008) no ano de 2005, apenas 20% das empresas pesquisadas, do segmento aeroespacial, obtiveram satisfação dos resultados com a aplicação do SS. Na análise de 47 publicações, referentes a aplicação do LM e do SS, realizado por Glasgow *et al.* (2010), observou-se que em 62% dos casos os resultados com a implantação do LM e SS foram considerados insatisfatórios pelas empresas.

A implantação do Seis Sigma tem encontrado algumas dificuldades em sua aplicação, devido à falta de percepção sobre a importância dada à utilização adequada de técnicas estatísticas. (MAKRYMICHALOS et al., 2005)

É necessário verificar os fundamentos teóricos que servem de base para esses programas, a fim de serem utilizados de forma mais eficiente, e com isso, as ferramentas e técnicas que os compõem sejam usadas corretamente, e conseqüentemente as empresas alcancem resultados aceitáveis. (MAKRYMICHALOS et al., 2005)

Para a correta compreensão e aplicação dos fundamentos dos programas de melhoria, torna – se necessário a difusão das Técnicas Estatísticas (TE), as quais são fundamentadas no Pensamento Estatístico (PE) que é um processo reflexivo e tem como princípios: o reconhecimento da variação existente em tudo o que é feito; o entendimento de que todo trabalho é uma série de processos interconectados; e que um objetivo das organizações é identificar, caracterizar, quantificar, controlar e reduzir a variação propiciando oportunidades de melhoria. (SNEE, 1990).

1.1 Problema de Pesquisa

Considerando a necessidade de analisar quais os resultados que as empresas estão percebendo com a compreensão e uso dos princípios do PE e uso das TE presentes nos principais programas de melhoria, e a necessidade de delimitar o universo de empresas pesquisadas, torna-se necessário responder as seguintes questões:

Qual o nível de presença do PE e das TE em programas de melhoria?

As empresas mais fundamentadas nos princípios do PE e no uso do TE estão percebendo melhores resultados?

Existe associação entre os programas de melhoria, o uso de PE e de TE e os benefícios percebidos?

Tendo em vista que os diversos programas de melhoria têm como um de seus fundamentos a tomada de decisões baseada em fatos e dados e como um de seus focos a redução da variabilidade, e que esse objetivo e fundamento estão associados ao conhecimento e uso do PE e de TE, justifica-se conhecer em que grau as empresas estão aplicando esses princípios e técnicas, além de verificar quais os resultados percebidos com essa utilização. A partir do conhecimento dessa realidade, em empresas industriais,

é possível orientar ações para capacitação e melhoria no uso do PE e de TE. Para facilitar a compreensão o universo de empresas industriais será delimitado por região (Estado de São Paulo) e por segmentos industriais.

1.2 Objetivo

O objetivo desta dissertação é analisar o nível de presença dos princípios do PE e das TE nos programas de melhoria e os resultados percebidos com o uso desses princípios e técnicas em uma amostra de empresas industriais do Estado de São Paulo.

Este objetivo principal pode ser desdobrado em:

- a) Identificar o nível de presença dos princípios do PE e das TE, nos programas de melhoria analisados;
- b) Analisar os resultados percebidos obtidos pelas empresas mais fundamentadas em PE e no uso das TE;
- c) Analisar a existência de associação entre os programas de melhoria, o uso de PE e de TE e os benefícios percebidos.

Os dados analisados nesta dissertação, fazem parte do *survey* realizado pelo projeto “Análise das práticas e proposições para melhoria da difusão e uso do Pensamento Estatístico e de Técnicas Estatísticas em empresas industriais do Estado de São Paulo”, financiado pela FAPESP.

1.3 Estrutura do Trabalho

Os 5 capítulos seguintes desta dissertação são brevemente descritos, a seguir.

O capítulo 2 apresenta os fundamentos teóricos do Pensamento Estatístico, além de sua relação com a variabilidade dos processos e as Técnicas Estatísticas e com alguns programas de melhoria, como o Seis Sigma, *Lean Manufacturing* entre outros.

No capítulo 3 são descritas as principais etapas do método de pesquisa aplicado para este trabalho. O capítulo 4 descreve os resultados obtidos com a análise descritiva dos dados e variáveis. O capítulo 5 apresenta os fundamentos teóricos para a análise multivariada dos dados, assim como os resultados obtidos com o uso das suas técnicas, o sexto e último capítulo apresenta as considerações finais.

2 O PENSAMENTO E TÉCNICAS ESTATÍSTICAS

Neste capítulo são apresentados os princípios do Pensamento Estatístico, e relação com as Técnicas Estatísticas bem como a análise da presença desses princípios e uso destas técnicas nos principais programas de melhoria.

2.1 Princípios do Pensamento Estatístico

No início do século XX no campo científico, nos negócios e indústrias em geral, estava fundamentada e disseminada a tendência determinística de percepção econômica do mundo real. Além disso, era propagada a ideia de que os eventos eram possíveis de serem preditos com a utilização de dados e a correta estimação dos coeficientes dos modelos de previsão. A aplicação dos métodos de Newton para predizer a existência de Netuno em 1840, exemplificam este fato. (MONTGOMERY, 2010)

Apesar disto, foi descoberto que a existência de erros na mensuração dos modelos era diretamente proporcional a busca por sua precisão. Assim, a ideia da existência da variação começa a ganhar espaço em outros campos da ciência. Isto pode ser exemplificado pela percepção de variação nas medidas do experimento de medição da velocidade da luz, pelo vencedor do Prêmio Nobel de Física no ano de 1907, Alberto A. Michelson (1852 – 1931). De forma semelhante, a utilização dos gráficos de controle evidenciou a presença da variabilidade nos processos. (MONTGOMERY, 2010)

Com as contribuições de Walter A. Shewhart, a Estatística ganhou mais notoriedade devido a necessidade do entendimento sobre a redução da variabilidade dos processos e dos bens fabricados, a fim de aumentar a qualidade dos produtos. Com isso, a Estatística passou a fornecer métodos que quantificavam esta variabilidade, apresentando a relação entre parâmetros de processos de produção, de qualidade dos produtos e o desempenho destes. (KRISHNAMOORTHY, 2010)

Dentro desta evolução, surge a necessidade de entender o uso da Estatística na utilização das ferramentas de controle de gestão. W. Edwards Deming expos a necessidade de engenheiros, médicos, químicos, gestores entre outros profissionais, os quais necessitam possuir uma “mente estatística”, para entender a razão dos fundamentos que balizam as ferramentas da estatística. O autor enfatizou a importância do ensino e

entendimento da teoria estatística antes da aplicação de suas técnicas. (KRISHNAMOORTHY, 2010)

A participação da estatística em questões de qualidade evoluiu de forma gradual resultando na criação da *Industrial Statistics Research Unit* (ISRU) da universidade de *NewCastle*. Essa entidade foi criada nos anos de 1980, com o objetivo de realizar pesquisas voltadas para problemas específicos de químicos, engenheiros e gestores, com trabalhos mais técnicos. A ISRU passou a realizar atividades que abrangem temas de melhorias da qualidade com aplicação dos princípios do Pensamento Estatístico. (COLEMAN, 2013).

O termo Pensamento Estatístico começou a ser utilizado após o discurso de posse do presidente da Associação Americana de Estatística, Samuel Wilks em 1951. Ele afirmou, ao citar o escritor H.G. Wells, que o pensamento estatístico será tão necessário para os cidadãos, como a habilidade de ler e escrever. (COLEMAN, 2013)

O Pensamento Estatístico (PE) pode ser definido como a capacidade de observar o processo a luz das variações e da probabilidade de conseguir utilizar ferramentas estatísticas para controle e redução destas variações. (COLEMAN, 2013).

Para Korakianiti e Rekkas (2011) os elementos centrais do PE são a geração de dados e a extração e utilização de informação relevante dos mesmos para aperfeiçoar a tomada de decisões.

O PE é um pensamento de processo, o qual reconhece a variabilidade em todas as etapas dos sistemas produtivos e em tudo o que é realizado. Para tanto, todo trabalho é interconectado por processos e através da identificação, caracterização, quantificação, controle e redução da variação, são providenciadas as oportunidades de melhoria. (SNEE, 1990)

Segundo Makrymichalos et al. (2005) o Pensamento Estatístico (PE) é a filosofia de aprendizado e ação baseado em três princípios fundamentais: Todo trabalho ocorre segundo processos interconectados; variações existem em todos os processos; a chave do sucesso é entender e reduzir a variação.

O processo pode ser representado por uma ou mais atividades interconectadas, as quais transformam *inputs* em *outputs*. As empresas possuem diversos processos conectados, que interagem para formar um sistema que gera os produtos e serviços aos clientes. (MAKRYMICHALOS et al. 2005)

Para Juran a principal fonte de erro está nos processos, os quais devem ser mais responsáveis por problemas que os colaboradores. Quantitativamente, 85% dos

problemas estão nos processos e 15% são oriundos dos colaboradores. Deming corrobora isto, afirmando que 96% dos problemas estão nos processos e os 4% restantes, são gerados pelos colaboradores. (MAKRYMICHALOS et al. 2005)

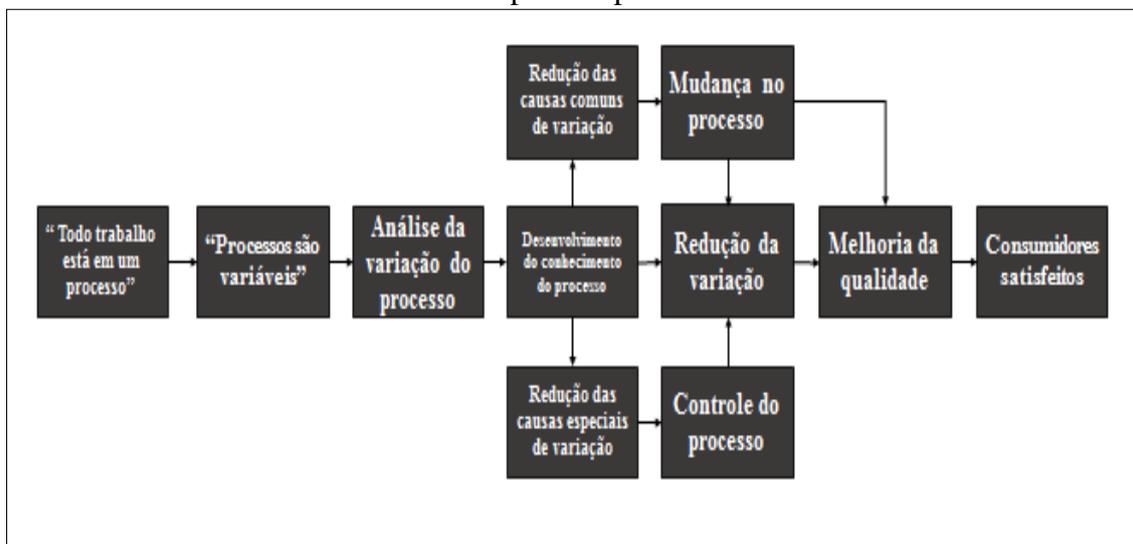
De acordo com Makrymichalos et al. (2005) o segundo princípio do PE é a redução da variação, pois, este é o elemento principal para o alcance de níveis elevados de desempenho nos sistemas de produção. O aumento da variação gera problemas com a qualidade oferecida e conseqüentemente, leva a insatisfação dos consumidores.

Apesar da utilização do termo variação ser comumente relacionado aos processos, de forma geral, a variação é um elemento intrínseco aos processos, assim como a instabilidade e a falta de exatidão (acurácia). A variabilidade é o resultado da ação conjunta da variação, instabilidade e falta de acurácia e, portanto, “variabilidade de processos” é a expressão mais adequada. Assim, é possível analisar a variabilidade dos processos produtivos, verificando as fontes de incertezas em relação aos dados estatísticos e a compreensão dos conceitos de probabilidade. (SANTOS, 2006)

A variação é inerente aos processos, sendo assim, “um fato da vida”. Ela é a diferença entre dois itens/produtos fabricados no mesmo processo, sendo desta maneira, uma fonte para a aplicação do pensamento estatístico. Sem a existência da variação torna-se desnecessário o uso do PE. (MAKRYMICHALOS et al. 2005)

A presença da variação nos processos é representada na figura 2.1, que exemplifica como o reconhecimento dela e seu controle são centrais na compreensão dos processos.

FIGURA 2.1 - Reconhecimento das etapas dos processos



Fonte: Adaptado de Snee (1990)

O terceiro princípio do PE é o entendimento, análise, quantificação e redução da variação como chave para o sucesso dos negócios. (MAKRYMICHALOS et al. 2005)

Identificação, caracterização e quantificação são ações necessárias para se compreender o funcionamento dos processos, pois um dos fatores relacionados ao desempenho desses está relacionado com a aceitação da variação em torno de um valor médio ou aceitável. (MAKRYMICHALOS et al. 2005)

Para a melhoria dos processos, é necessário assimilar quais fatores influenciam o seu desempenho, todavia, grande parte dos gestores se concentra na análise média deste desempenho e esquecem de verificar o quanto este pode variar. (MAKRYMICHALOS et al. 2005)

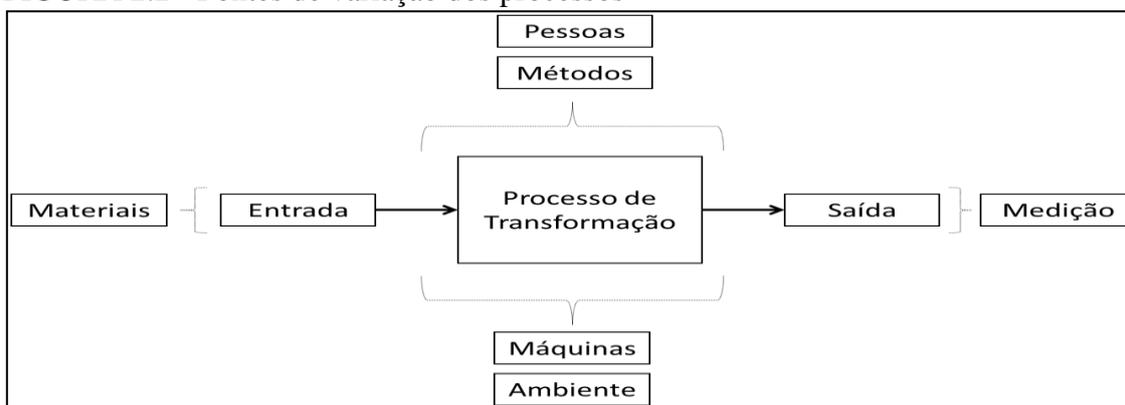
2.2 O papel da variação e das técnicas estatísticas no PE

A redução da variação é chave para o alcance de níveis elevados de desempenho dos processos produtivos. Para tanto, Britz et al. (2000) afirmam que as variações são oriundas de 6 tipos de fontes distintas:

- a) **Pessoas:** Um indivíduo pode realizar uma tarefa de forma diferente que outro;
- b) **Máquinas:** equipamentos inconsistentes ou de características distintas levando a um desempenho não uniforme (apesar de se esperar que fossem);
- c) **Material:** diversidade de fornecedores suprindo a organização de forma diferente, podendo gerar lotes discrepantes e que supostamente oferecem às mesmas entradas;
- d) **Método:** através de procedimentos mal elaborados ou inapropriados no controle das fontes de variação, ou de diferenças na compreensão dos indivíduos que participam da aplicação destes métodos e procedimentos.
- e) **Medições:** inabilidade, em efetuar as medições, levando a realizá-las de forma distinta nas saídas e variáveis dos processos;
- f) **Ambiente:** modificações ou más condições do ambiente físico do ambiente de trabalho.

As fontes de variação inseridas nos processos são representadas na figura 2.2

FIGURA 2.2 - Fontes de variação dos processos



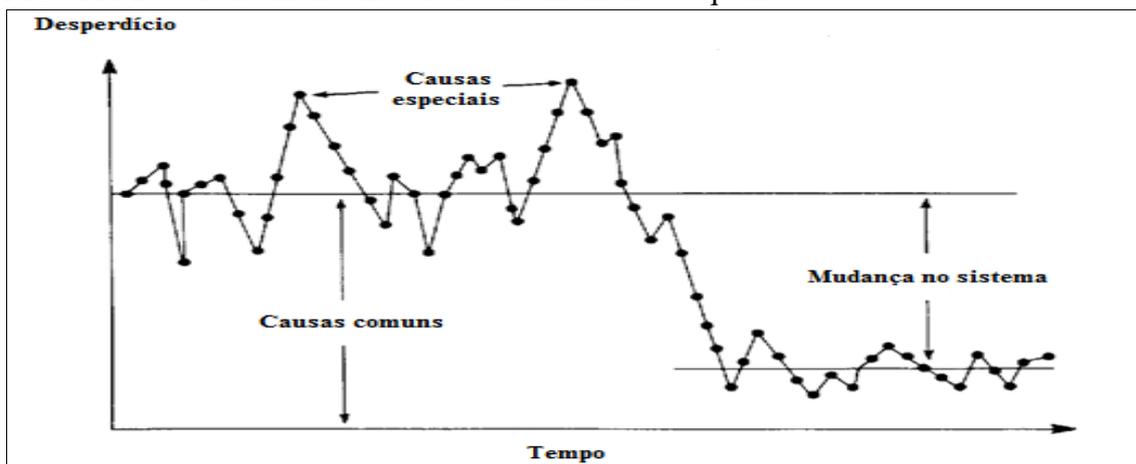
Fonte: Adaptado de Britz et al. (2000).

Conforme a figura 2.2 as máquinas e métodos estão diretamente ligados aos processos. As pessoas, neste contexto, fornecem o apoio para a utilização dos métodos, da mesma forma o ambiente para as máquinas. Materiais e medição estão ambos relacionados aos *inputs* e *outputs*, respectivamente.

As causas de variação podem ser divididas em comuns e especiais. As comuns são aquelas inerentes aos processos e desta forma, exigem mais recursos financeiros e tempo da alta gestão para evitar que este tipo de variação ocorra. As especiais são esporádicas e geralmente, não é necessário aplicar grande período de tempo e recursos para evitar o surgimento delas. Além disso, as ações de correção podem ser direcionadas para outros colaboradores da organização. A eliminação das causas especiais pode ser feita através da modificação do sistema produtivo, para uma etapa anterior ao surgimento daquela variação, ou fazendo a correção destes problemas. (MAKRYMICHALOS et al. 2005)

O comportamento das causas comuns e especiais é exemplificado na figura 2.3, onde é possível verificar, que as causas comuns de variação representam a média de defeitos do gráfico e as causas especiais estão associadas aos pontos mais distantes desta média. Com a mudança do sistema a média destes defeitos (causas comuns da variação) é modificada.

FIGURA 2.3 - Pensamento Estatístico na melhoria da qualidade



Fonte: Adaptado de Snee (1990)

De acordo com Makrymichalos et al. (2005) as causas especiais são relatos de eventos específicos e quando elas ocorrem o processo não está em estado de controle estatístico de processo, sendo necessário a utilização de estratégias de resolução de problemas para que estas causas pontuais não aconteçam novamente. As causas comuns são parte do comportamento normal do sistema e para eliminá-las é necessária a aplicação de estratégias para melhorar o processo como um todo. O quadro 2.1 apresenta a síntese dessas características.

QUADRO 2.1 - Exemplos de causas de variação

Causas especiais de variação	Causas comuns de variação
Processo pode ser imprevisível	Inerente ao processo
Frequentes relatos de eventos específicos	Parte do comportamento normal do processo ou sistema
O processo não é considerado em controle estatístico de processo	Processo é considerado estável se somente causas comuns de variação estão presentes
Eliminação das causas especiais de variação implica em estratégias de resolução de problemas	Redução das causas comuns de variação implica em estratégias de melhoria de processos

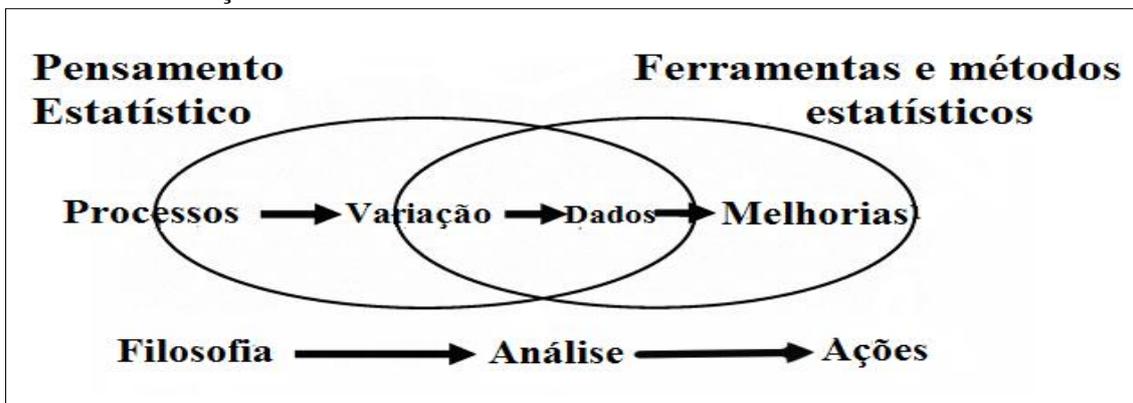
Fonte: Adaptado de Makrymichalos et al. (2005)

O Pensamento Estatístico busca o reconhecimento de observar os processos e situações à luz da variação e probabilidade e tendo para tanto, ferramentas fundamentais para a análise estatística. (COLEMAN, 2013)

Para Evans e Lindsay (2005) a aplicação de métodos e técnicas estatísticas fornece o arcabouço operacional para a diminuição das fontes de variação. Estas ferramentas podem ser utilizadas nas fases de planejamento, controle e melhoria da qualidade.

O uso do PE, assim como das ferramentas e métodos estatísticos são representados na figura 2.4

FIGURA 2.4 - Ação do Pensamento Estatístico e das ferramentas/métodos estatísticos



Fonte: Adaptado de Krishnamoorthi (2010)

Como observado na figura 2.4 o PE oferece os fundamentos para a análise da variação inserida nos processos e as ferramentas e métodos estatísticos fornecem os meios para alcançar as melhorias necessárias.

De acordo com Evans e Lindsay (2005) para atuar na redução das fontes de variação são aplicadas as TE, e estas podem ser agrupadas em:

- a) Estatística Descritiva: métodos e técnicas para a coleta eficiente de conjuntos de dados e sua adequada organização e descrição;
- b) Inferência Estatística: processo de desenhar conclusões sobre características desconhecidas de uma população a partir da identificação e caracterização de determinados tipos de dados;
- c) Estatísticas Preditivas: métodos e técnicas para desenhar ou prever cenários futuros com base em séries históricas de dados.

Além desta classificação, as técnicas estatísticas podem ser categorizadas de acordo com sua complexidade em técnicas básicas, intermediárias e avançadas, como apresentado a seguir: (EVANS; LINDSAY, 2005)

- a) **Ferramentas e técnicas básicas da qualidade:** Folha de Verificação ou Tabelas de Contagem, Histograma, Diagrama de Dispersão, Estratificação, Diagrama de Causa e Efeito, Diagrama ou Análise de Pareto, Gráfico Sequencial e Gráficos de Controle;

- b) **Ferramentas e técnicas intermediárias da qualidade:** Técnicas de Amostragem, Inferência Estatística, Métodos Não Paramétricos e Controle Estatístico da Qualidade;
- c) **Ferramentas e técnicas avançadas da qualidade:** Método Taguchi, Projeto de Experimentos, Superfície de Respostas e Análise Multivariada.

2.3 Modelo de aplicação do PE

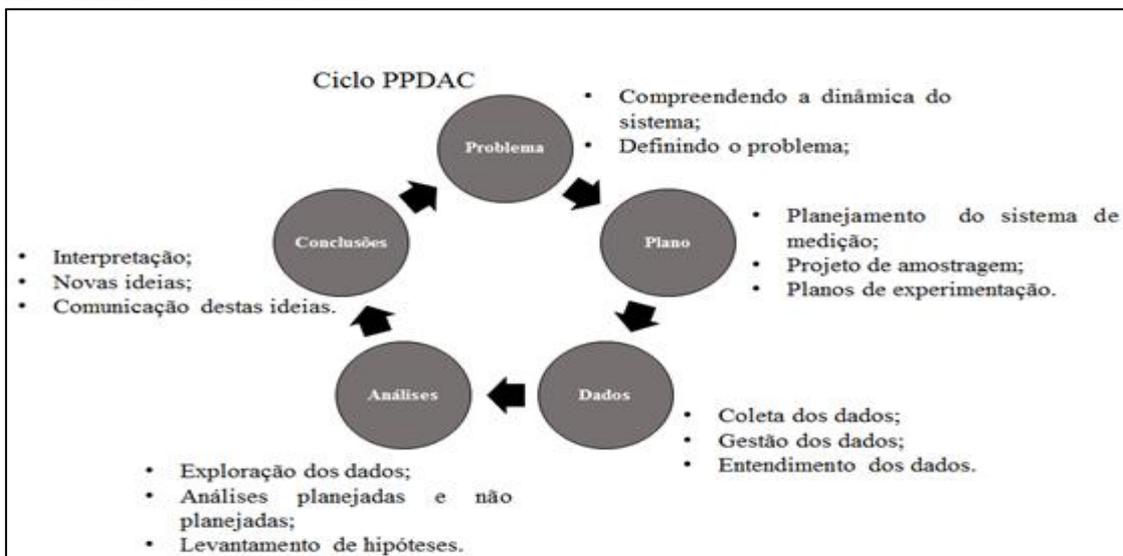
Existe a necessidade de utilizar modelos para interpretar os acontecimentos diários. Estes modelos mentais são construídos baseados na educação recebida e experiências passadas, tornando assim, constructos utilizados para entender o padrão destes acontecimentos. (BARTHOLOMEW, 1995)

Pfannkuch e Wild (1999) propõem um modelo de aplicação e organização dos princípios do PE os quais abrangem todo o processo de resolução de determinado problema que envolve a utilização da estatística. Este modelo é semelhante ao ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act – Planejar, Fazer, Checar e Agir)

O PE é visto como uma abordagem de resolução de problemas semelhante ao ciclo PDCA ou qualquer outra ferramenta equivalente. (KRISHNAMOORTHY, 2010)

Os principais elementos deste modelo são o ciclo investigativo, e o ciclo interrogativo. O ciclo investigativo proposto por MacKay e Oldford (1994) tem o propósito de abstrair e oferecer as bases iniciais, para solucionar um problema estatístico fundamentado em um problema real, utilizando o PPDAC (Problema, Plano, Dado, Análise e Conclusões). Este ciclo é representado na figura 2.5.

FIGURA 2.5 - Ciclo PPDAC



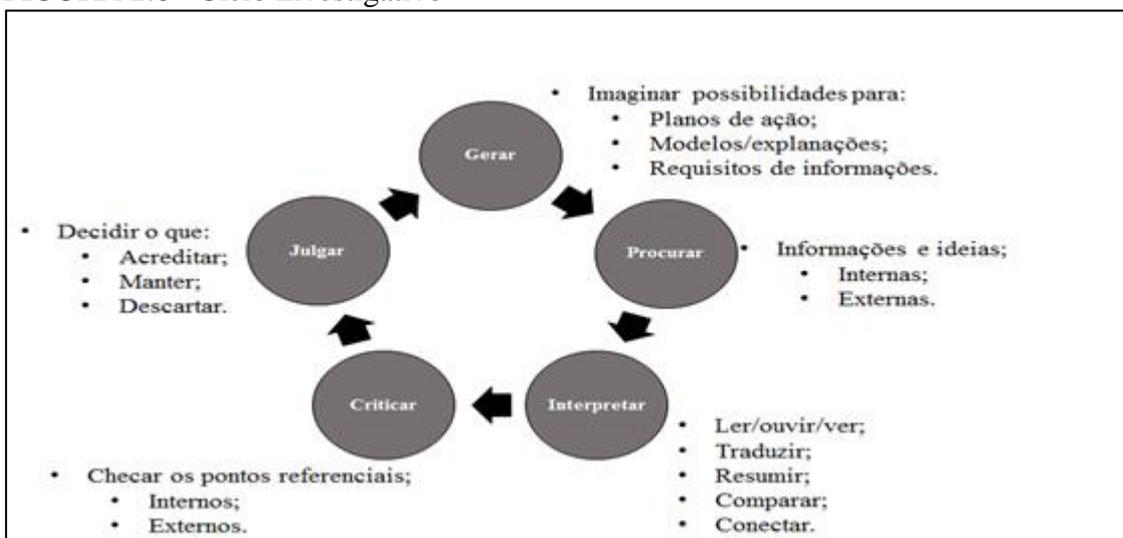
Fonte: Adaptado de Pfannkuch e Wild (1999)

De acordo com a figura 2.5 o ciclo investigativo inicia com a análise do contexto onde está inserido o problema, efetuando a coleta e análise de dados para a geração de interpretações e novas ideias de resolução.

Para auxiliar a utilização deste ciclo é necessário que seja considerado a variação inerente ao processo, assim como a mudança de representação dos dados atuais para melhorar a compreensão do problema e a integração da estatística com o contexto atual, através de raciocínios com modelos estatísticos. (PFANNKUCH; WILD, 1999)

O ciclo interrogativo, representado na figura 2.6, é aplicado em níveis macro e detalhados do pensamento, para solucionar o problema em questão. Ele é dividido nas etapas: Gerar, Procurar, Interpretar, Criticar e Julgar. (PFANNKUCH; WILD, 1999)

FIGURA 2.6 - Ciclo Investigativo



Fonte: Adaptado de Pfannkuch e Wild (1999)

O ciclo investigativo realiza o planejamento para a geração de soluções compatíveis com o problema analisado. Para aplicação do ciclo investigado e interrogativo se faz necessário, a imaginação, ceticismo e a curiosidade para geração de novas observações. Esses elementos são considerados essenciais para se pensar novas lógicas de resolução do problema estatístico. (PFANNKUCH; WILD, 1999)

2.4 A utilização do PE nas empresas

Um dos principais objetivos do PE é, através dos seus princípios, oferecer condições para o alcance do melhor gerenciamento das operações das empresas, para que desta maneira estas possam alcançar resultados positivos, utilizando as técnicas estatísticas nas análises e acompanhamento dos processos. (SNEE, 1998)

A implementação do PE está também relacionada com os níveis organizacionais estratégico, tático e operacional das empresas. No nível estratégico a compreensão estatística dos profissionais deve, no mínimo, permitir a interpretação de gráficos de controle, gráficos de dispersão, familiaridade com diagrama de Pareto e com indicadores de tendência (*lead indicators*) e indicadores de resultado (*lag indicators*), além de uma apreciação pelo pensamento sistêmico e de processo. (DRANSFIELD; FISHER; VOGEL, 1999)

No nível estratégico o foco deve ser prioritariamente nos princípios do PE, incorporando, para tanto, a visão global dos processos, com a tomada de decisão baseada em dados com análise das causas principais das variações do sistema produtivo. (ABRAHAM, 2005; SNEE, 1990)

Ao ser difundido em nível estratégico, as ações do PE geram maior impacto e fundamentam a utilização das técnicas estatísticas para os outros níveis organizacionais. (HOERL; SNEE, 2012)

As ações de controle estatístico do processo, estratégia de experimentação, projetos de produtos e processos estão diretamente ligadas ao nível tático, que é composto por gestores e outras posições intermediárias. (DRANSFIELD; FISHER; VOGEL, 1999; SNEE, 1990)

No nível tático se faz necessário obter a compreensão de distribuições, de histogramas, de diagrama de caixa (*box plot*), bem como possuir habilidade para interpretar gráficos complexos e entender a utilidade de projetos de experimento na melhoria dos processos. (DRANSFIELD; FISHER; VOGEL, 1999; SNEE, 1990)

Segundo Abrahan (2005) no nível tático é definido o planejamento para a implantação dos direcionamentos estratégicos. Para tanto, desenvolve-se os processos e produtos além da análise do PE e das técnicas estatísticas que serão utilizadas para a realização do controle dos processos e das melhorias essenciais. De acordo com Hare (2012) nesse nível, os estatísticos, cientistas e engenheiros fundamentados nos princípios do PE realizam o planejamento para aplicação das TE na busca por melhoria dos processos.

Inserida no nível tático está a Engenharia Estatística que, de acordo com Hoerl e Snee (2010), é o estudo da melhor forma de utilizar os princípios e técnicas estatísticas para melhor solucionar problemas de alto impacto. A engenharia estatística direciona o uso das ferramentas estatísticas, aplicadas no nível operacional, e a sólida compreensão dos princípios do PE, inseridos no nível estratégico.

Anderson-Cook et al. (2012) afirmam que a engenharia estatística é o estudo de como utilizar, de maneira mais adequada, os conceitos e métodos estatísticos (com outras relevantes ferramentas) para gerar melhores resultados relacionados a redução de variação e outros objetivos sistêmicos.

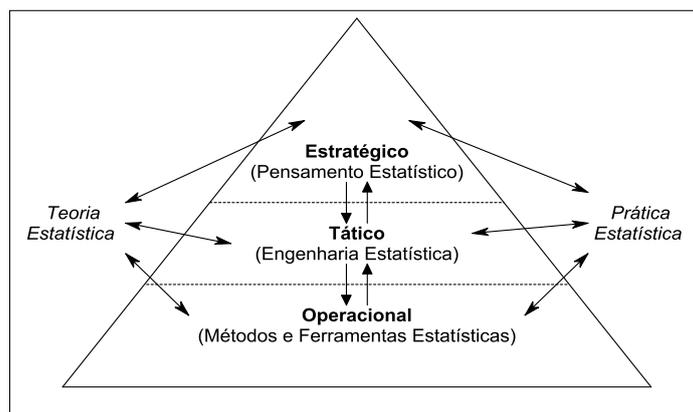
A engenharia estatística deve incorporar conhecimentos e ferramentas de outras áreas dependendo do foco do problema, como exemplo, a engenharia estatística aplicada a serviços financeiros pode utilizar ferramentas de finanças, análise de risco e pesquisa operacional. (ANDERSON-COOK et al.,2012)

No nível operacional devem ser aplicados métodos e técnicas para controle e melhoria, como projeto de experimento, gráficos de controle de processos, análises de regressão e correlação. (DRANSFIELD; FISHER; VOGEL, 1999)

Este nível organizacional necessita que os gestores ensinem e estimulem outros profissionais a conduzirem experimentos, de maneira a difundir conceitos de melhoria e a importância da agregação de valor para o consumidor final. (DRANSFIELD; FISHER; VOGEL, 1999)

A participação do PE nos diferentes níveis organizacionais das empresas é representada na figura 2.7.

FIGURA 2.7 - O Pensamento Estatístico nos níveis organizacionais de uma empresa



Fonte: Adaptado de Hoerl e Snee (2012)

Apesar da abrangência de aplicações em outras áreas e nos diferentes níveis das empresas, a aplicação do PE tem encontrado dificuldades. Dentre estas, podem ser destacadas: o receio da utilização de ferramentas estatísticas e o foco da formação nos cursos de graduação para certos profissionais de engenharia e estatística, se concentrar mais em temas como teoria da probabilidade, distribuição de probabilidade e outros aspectos matemáticos, em comparação com aplicações práticas de gestão e engenharia. (MAKRYMICHALOS et al., 2005).

Além disso, devido à crescente concorrência global, as empresas estão voltadas para novas formas de competir e de gerir seus negócios, desta maneira, questões de manufatura, pesquisa e desenvolvimento, não são vistas como diferenciais neste contexto. (MAKRYMICHALOS et al., 2005).

Outra causa de impedimento na aplicação dos princípios do PE, é que os gestores utilizam as TE para solucionar problemas pontuais, urgentes e em muitos casos, recorrentes. Desta maneira, não são analisadas, de forma sistemática e estratégica, as causas destes problemas. (MAKRYMICHALOS et al, 2005).

Ainda segundo Makrymichalos et al. (2005) existe a necessidade de se pensar de um ponto de vista estratégico estatístico para solucionar os problemas pontuais. E com isso, obter melhorias significativas pela redução da variação e variabilidade do processo.

Percebe - se com isso, que as empresas estão investindo tempo e esforços na aplicação de técnicas estatísticas, contudo, o retorno deste investimento não é percebido pelos gestores, devido ao pensamento estabelecido de que a utilização das técnicas estatísticas é suficiente para as melhorias organizacionais e que a aplicação destas, deve ser focada diretamente, para os níveis técnicos e operacionais. (SINCLAIR; SADLER, 2004)

Para modificar este quadro, Abrahan (2005) apresenta um conjunto de fatores de sucesso para a difusão e implantação dos princípios dos PE:

- a) Envolvimento da alta direção: É necessário que haja o comprometimento da alta administração, pois isto é essencial para o sucesso de qualquer programa o qual busca influenciar toda uma organização, no entanto, deve ser perceptível esta participação dos gestores seniores das empresas. Além disso, os líderes devem acessar previamente a situação e alocar os recursos necessários. Estas ações não devem ser restritas a melhoria dos processos e a resolução dos problemas e também no aumento da satisfação dos clientes e medição da performance da organização.
- b) Papel dos estatísticos: Os estatísticos devem ampliar sua função tradicional de agirem como consultores em projetos de melhoria e no oferecimento de treinamento em ferramentas estatísticas como controle estatístico do processo, para habilitar todos os níveis de uma organização. Além disso, os estatísticos devem ser líderes, facilitadores e assessores para a gestão, ou seja, ocuparem diversas funções nas corporações.
- c) Pensamento sistêmico: Pessoas, tecnologias e cultura organizacional devem trabalhar de forma conjunta, para tanto, os sistemas necessitam ser construídos como forma de aumentar os efeitos positivos das interações destes elementos. Assim, o efeito total dos componentes é maior que a soma da ação individual destes.
- d) Plano para implementação: Como isto começa? Quem são os responsáveis pelas tarefas? Quando as ações ocorrem? Qual o escopo do processo? Há o cronograma de atividades? Existe a mensuração do progresso do sistema? Quais são os pontos de revisão e os resultados esperados? Quais são os recursos alocados para as atividades? Estas devem ser as perguntas realizadas antes dos métodos e ferramentas estatísticas serem implementados.

2.5 A relação entre o PE, TE e os programas de melhoria

A melhoria contínua é uma filosofia que busca aprimorar de forma permanente os processos, produtos e serviços, além dos elementos internos das empresas como equipamentos, materiais, colaboradores e métodos de produção, através da aplicação de sugestões. (TOLEDO et al, 2014)

Devido a necessidade de se analisar os principais elementos que constituem os programas de melhoria, a seguir são apresentadas as principais relações entre eles e os princípios do Pensamento Estatístico e as Técnicas Estatísticas.

2.5.1 A relação entre o PE, TE e o Seis Sigma

O Seis Sigma (SS) é um programa de melhoria que promove um alinhamento estratégico, utilizando indicadores de desempenho alinhados aos resultados da organização. (CARVALHO; ROTONDARO, 2005)

Um dos objetivos do SS é atingir a satisfação dos clientes e consumidores através da redução da variabilidade e otimização dos processos críticos, fazendo com que desta forma, as empresas aumentem sua lucratividade. (CARVALHO; ROTONDARO, 2005)

A operacionalização da aplicação do SS é realizada através do ciclo de 5 fases DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). (PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2000)

Segundo Carvalho e Rotondaro (2005) as fases do ciclo DMAIC, são definidas como:

- a) Fase 1 – *Define* (definir). Definir os requisitos do cliente, traduzindo estas solicitações em características críticas para qualidade
- b) Fase 2 – *Measure* (medir). Mapear os processos e subprocessos que estão relacionados com as características críticas para o cliente.
- c) Fase 3 – *Analyze* (analisar). Analisar os dados coletados
- d) Fase 4 – *Improve* (melhorar). Realizar as melhorias no processo atual
- e) Fase 5 – *Control* (controlar). Medir continuamente o processo a fim de garantir que a capacidade do processo seja mantida.

O SS faz uso sistemático de técnicas estatísticas básicas como os gráficos de controle, diagrama de causa e efeito, histogramas, entre outras, além de técnicas

estatísticas avançadas (projeto de experimentos, análise de variância, análise de capacidade de processos, entre outras). (ANTONELLI; SANTOS, 2011)

Para o alinhamento do SS na resolução de problemas, Toledo et al. (2014) afirmam que a implementação deste programa requer uma estrutura de liderança na qual os participantes recebem diferentes níveis de treinamento e denominações de acordo com o sistema *Belt* que é inspirado nas artes marciais japonesas.

Essas classificações são definidas como: (CARVALHO; ROTONDARO, 2005)

- a) *Green Belts* - investem parte do seu tempo com as atividades do Seis Sigma, e auxiliam os *Black Belts* na coleta de dados e desenvolvimento.
- b) *Black Belts* – são totalmente dedicados com as atividades do Seis Sigma e lideram equipes na solução dos projetos Seis Sigma.
- c) *Master Black Belts* – são totalmente dedicados às atividades do Seis Sigma, auxiliam o *Champion* (campeão) na tarefa de implementar o Seis Sigma, além de efetuar o treinamento de novo projetos de melhoria e solucionar os problemas utilizando os princípios do Pensamento Estatístico.
- d) *Champion* (campeão) – é responsável por guiar todas as fases da implementação do Seis Sigma na organização, além de balizar as mudanças organizacionais necessárias.
- e) Executivo líder – responsável pela implementação do Seis Sigma, incluindo a tarefa de incentivar e supervisionar as iniciativas do programa.

Além disso, conforme Toledo et al. (2014) dentro do sistema *Belt* o treinamento é agrupado em sete categorias principais com relação a utilização das técnicas estatísticas:

- a) Métodos estatísticos elementares: estatística básica, pensamento estatístico, teste de hipótese, correlação e regressão simples;
- b) Métodos estatísticos avançados: projeto de experimentos, análise de variância e regressão múltipla;
- c) Projetos de produtos e confiabilidade: QFD (*Quality Function Deployment*) e *Failures Modes and Effects Analysis* (FMEA);
- d) Medição: capacidade de processos e análise do sistema de medição;
- e) Controle de processos: planos de controle e CEP (Controle Estatístico de Processos);
- f) Melhoria de processos: planejamento da melhoria de processos, mapeamento de processos e *poka-yoke*; e

- g) Implementação e equipes de trabalho: efetividade organizacional, avaliação de equipes, técnicas de facilitação e desenvolvimento de equipes.

O Seis Sigma passou de uma iniciativa com foco em medição para o uso de ferramentas estatísticas para alcançar metas pré-estabelecidas de desempenho de processo e de satisfação dos clientes. (SANTOS, 2006)

Essa evolução no SS resulta no surgimento de três enfoques na aplicação deste programa, que são o conceitual, metodológico e gerencial/estratégico. O enfoque conceitual está relacionado com a contribuição do SS, para se compreender a qualidade como valor econômico e utilidade prática para o cliente e para a organização. Isto pode ser exemplificado pela utilização dos padrões SS que medem os defeitos dos processos, para exemplificar de forma quantitativa, a posição competitiva da empresa. O enfoque metodológico compreende a estrutura sistemática de aplicação do SS, a qual organiza a aplicação das ferramentas e TE aplicadas para a melhoria da qualidade dos processos, sendo o ciclo DMAIC um exemplo metodológico do uso dos Seis Sigma. O enfoque gerencial/estratégico envolve a utilização do SS em diversos aspectos organizacionais das empresas como forma de melhorar os resultados financeiros e no relacionamento com os clientes, por exemplo. Além dos projetos nos moldes do SS, relacionados com problemas interfuncionais e multidisciplinares e a formação de especialistas e colaboradores capacitados para aplicar o SS, através dos treinamentos do sistema *Belt*. (SANTOS, 2006)

O PE tem um papel fundamental no Seis Sigma. A difusão do PE, por exemplo, é um dos fatores preponderantes para o êxito do SS. (SANTOS, 2006)

A análise de dados concretos e da abordagem holística para a solução de problemas e tomada de decisão, são princípios, que fazem parte do Pensamento Estatístico e estão presentes no SS. (ANTONELLI; SANTOS, 2011)

Os princípios do PE devem ser analisados e desenvolvidos antes de ser realizada a efetiva aplicação do SS para, posteriormente, aplicar as TE e ferramentas não estatísticas que fazem parte deste programa, como QFD (*Quality Function Deployment*) e FMEA (*Failures Modes and Effects Analysis*). (MAKRYMICHALOS, et al, 2005).

O PE e as TE estão completamente inseridas no Seis Sigma, como se pode observar no Quadro 2.2.

QUADRO 2.2 - Relação entre os princípios do PE e as TE utilizadas pelo Seis Sigma

Princípios do Pensamento Estatístico	Técnicas e ferramentas do Seis Sigma
Todo trabalho ocorre em um sistema de processos conectados	Mapeamento de processo, SIPOC, mapeamento da cadeia de valor, análise de causa e efeito, QFD (Quality Function Deployment), FMEA (Failure Mode and Effect Analysis).
Variação existe em todos os processos	Histograma, gráficos de controle, gráficos multivariados, <i>run chart</i> (gráfico pelo tempo), <i>box plot</i> (diagrama de caixa), análise de capacidade do processo, análise do sistema de medição.
Compreender e reduzir a variação são a chave para o sucesso	Teste de hipótese, análise de correlação, análise de Pareto, ANOVA (Analysis of Variance), gráficos de controle, análise de regressão, DOE (Design Of Experiment), CEP (Controle Estatístico de Processo), Métodos Taguchi (Projeto Robusto).

Fonte: Adaptado de Makrymichalos *et al.* (2005).

Além do PE estão presentes no SS, as TE básicas, intermediárias e avançadas são aplicadas neste programa. (ANTONELLI; SANTOS, 2011; CARVALHO; ROTONDARO, 2005; MAKRYMICHALOS *et al.*, 2005; SANTOS, 2006)

Isso também pode ser observado nos trabalhos de Goh (2011), Santos e Martins (2008), Patyal e Maddulety (2015), Tohidi (2012) e Antony (2009).

2.5.2 A relação entre o PE, TE e o *Lean Manufacturing*

Segundo Liker (2005) o Sistema Toyota de Produção (STP) tem suas raízes em Sakichi Toyoda inventor e funileiro que desenvolveu o primeiro tear elétrico no final do século XIX. Ele deu início a princípios básicos do Sistema Toyota de Produção estabelecendo a automação com um toque humano, a observação do problema e a compreensão do mesmo *in loco* chamado de *genchi genbuttsu*, e a melhoria contínua (*kaizen*).

Estes e outros princípios foram sendo aperfeiçoados principalmente com o surgimento da *Toyota Motor Company* por Sakichi Toyoda e seu filho Kiichiro Toyoda. Além do *just in time* (entrega dos produtos certos aos clientes na hora certa e na quantidade correta), outras contribuições propostas por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, foram adicionadas aos princípios existentes na Toyota como maior reconhecimento e absorção das qualificações dos seus trabalhadores, criação de pequenos grupos de trabalho nas linhas de montagem, identificação dos oito tipos de perdas sem agregação

de valor nos processos administrativos e de produção, entre outras, as quais compõem o Sistema Toyota de Produção. (WOMACK; JONES; ROOS, 1990).

Segundo Liker (2005) o termo *Lean Manufacturing* foi cunhado nos *best – sellers*, *The Machine that Changed the World* (Womack, Jones, Roos, 1991) e *Lean Thinking* (Womack, Jones, 1996), estas obras possuem como base, o Sistema Toyota de Produção.

O LM constitui um sistema de produção de alto desempenho que busca diminuir ou suplantiar diversas formas de desperdício, como estoques, atrasos na entrega dos produtos aos clientes, excesso de produção, desnivelamento da produção, longo tempo de troca de ferramentas, e de preparos do processo, entre outros. (LIKER, 2005).

O *Lean Manufacturing* (LM) é uma abordagem sistemática para identificar e eliminar desperdícios, através da filosofia de melhoria contínua, para a obtenção de um fluxo contínuo, a fim de obter de forma perfeita a satisfação do cliente. (WOMACK; JONES; ROOS, 1990).

Slack (2007) utiliza o termo *Just in time* (se referindo ao *Lean Manufacturing*) como uma filosofia de manufatura baseada na eliminação de desperdícios, envolvimento de todos e no aprimoramento contínuo. O LM é conjunto de técnicas e ferramentas que suportam operacionalmente esta filosofia. Estas ferramentas são parte do método de planejamento e controle de produção e gestão da produção do LM.

Segundo Slack (2007) o LM busca atender a demanda dos seus clientes de forma instantânea, com qualidade perfeita e sem desperdício.

Para tanto, o LM está em uma jornada infindável no alcance de formas mais efetivas e eficientes de métodos produtivos, tendo como poder central a descoberta contínua de oportunidades de melhoria nas estações de trabalho. Os esforços do *Lean Manufacturing* serão direcionados na eliminação de todas as formas de desperdício. (CHAURASIA; GARG; ARGAWAL, 2016).

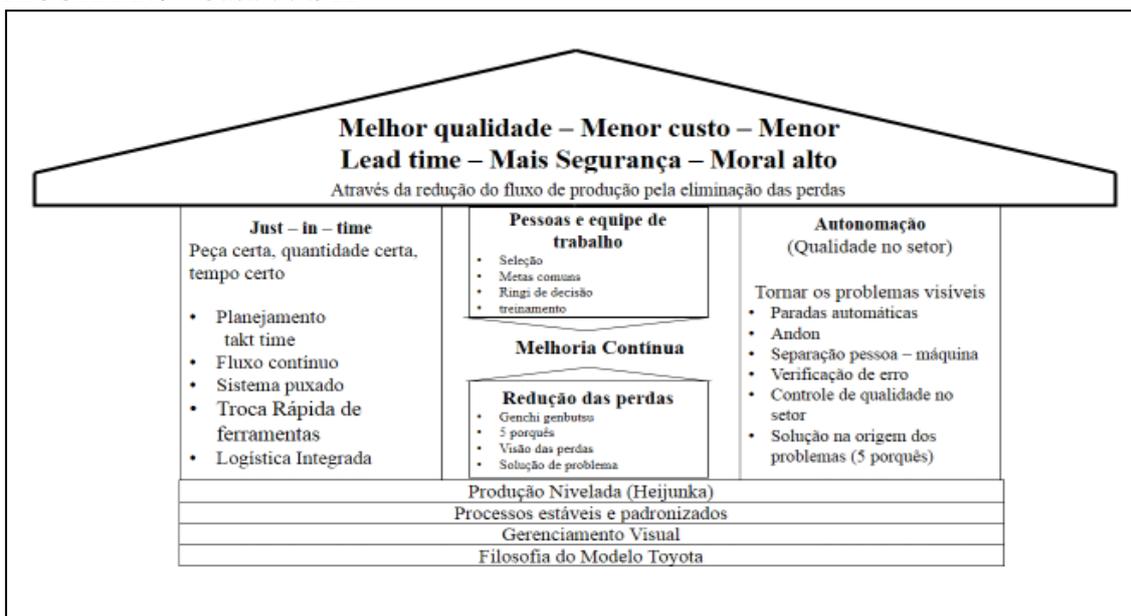
De acordo com Liker (2005) o LM destaca oito tipos de *mudas* (desperdício em japonês) sem agregação de valor nos processos administrativos e de produção, que são:

- a) superprodução;
- b) espera (sem tempo de trabalho);
- c) transporte;
- d) superprocessamento ou processamento incorreto;
- e) excesso de estoque;
- f) movimentos desnecessários;
- g) defeitos;

h) desperdício do conhecimento e da criatividade dos funcionários.

Para a eliminação destas *mudas*, o LM possui um extenso portfólio de técnicas e ferramentas as quais possuem como ideia central a melhoria contínua, fundamentada em uma produção nivelada, processos estáveis e padronizados, gerenciamento visual e a filosofia do STP. Isto pode ser observado na figura 2.8, denominada de “Casa do STP”.

FIGURA 2.8 - Casa do STP



Fonte: Adaptado de Liker (2005)

Apesar destas ferramentas serem bem difundidas, Liker (2005) afirma que o LM não pode ser compreendido apenas como um *kit* de ferramentas, pois é uma filosofia de manufatura em que todas as partes contribuem para o todo, sendo necessário que haja uma compreensão completa do Sistema Toyota de Produção e não de técnicas isoladas, como *just in time*, SMED, 5S, TPM, entre outras.

O LM tem extrapolado a aplicação inicial de conceitos e ferramentas apenas para indústria automobilística, assim Womack, Jones e Daniel (1996), apresentam o conceito de *Lean Thinking*, o qual tem o foco no desperdício em todos as áreas das organizações, pois, os desperdícios aumentam o custo dos processos e produtos, sem adicionar valor para os clientes.

As empresas que adotam o LM, devem ser capazes de desenvolver os 5 princípios do *Lean Organization*, de acordo com Bendell (2006), Dahlgard e Dahlgard-Park (2006):

a) Identificação das *mudas*;

- b) Identificação da cadeia de valor;
- c) Alcance dos fluxos através dos processos;
- d) *Pacing by a pull* (ou Kanban);
- e) A busca contínua da perfeição.

A eliminação de desperdícios e a busca contínua da perfeição como apresentadas anteriormente, são objetivos alcançáveis quando uma organização possui o LM como modelo onde os colaboradores assumem o papel de pensadores. Com isso, o envolvimento deles promove a melhoria contínua, possibilitando com que as empresas obtenham agilidade de atender as demandas do mercado e as mudanças ocorridas frequentemente no ambiente competitivo. (ALVES; DINIS-CARVALHO; SOUSA, 2012)

O LM faz o nivelamento da produção, contudo, não há para isso o controle da variação para que os *outputs* do sistema produtivo sejam uniformes. (LIKER, 2005)

Assim, o reconhecimento da variação como um elemento intrínseco aos processos, e, portanto, “um fato da vida”, não é um conceito presente no LM, pois Segundo Liker (2005) o LM tem como crença que “o processo certo produzirá os resultados certos” Liker (2005, p. 99).

Com isso, cria-se um fluxo de processo contínuo, onde este seja aparente em toda a cultura organizacional. Este é um dos princípios do PE de que todo o trabalho ocorre através de processos interconectados.

Ao implantar as bases da filosofia da produção enxuta em toda empresa, o princípio do PE de manter os processos interconectados está presente no LM, contudo, o reconhecimento de que a variação é um elemento inerente aos processos é pouco presente neste programa, o que pode ser observado nos trabalhos de Sundareshan et al. (2015), Cua et al. (2001), Scherer e Ribeiro (2013), Glaser-Segura, Peinado e Graeml (2011), Liker (2005).

Em relação as TE o LM se concentra na aplicação de técnicas básicas como Diagrama de Causa e Efeito, Histograma, Análise de Pareto entre outras, como é observado na figura 2.10 que está na seção 2.5.3.

2.5.3 A relação entre o PE, TE e o *Lean Seis Sigma*

A integração do SS e do LM permite as empresas incorporarem as ferramentas de análise e resolução de problemas. (ANDERSSON et al., 2006)

A incorporação dos conceitos do LM ao Seis Sigma de forma integrada, originou o *Lean Seis Sigma* (LSS). Este representa uma estratégia de melhoria de processos que tem o objetivo de alcançar resultados satisfatórios em relação a custo, qualidade e tempo, oriundos de esforços aplicados no desempenho dos processos e na satisfação dos clientes. (ANTONELLI; SANTOS, 2011)

O LSS possibilita às empresas que possuem colaboradores habilitados em ferramentas mais quantitativas utilizarem com maior familiaridade as ferramentas do LM, e empresas com menos ênfase na utilização de técnicas quantitativas, ou ainda empresas do setor de serviços tenderiam a utilizar as ferramentas do SS. (ARNHEITER; MALEYEFF; VENKATESWARAN, 2012)

O LSS é um programa de melhoria que aumenta o desempenho do processo resultando no alcance da satisfação dos clientes e melhoria nas linhas produtivas. As empresas possuem diversas razões para implantar o LSS, como a obtenção de melhorias na eficiência operacional, melhoria na qualidade dos produtos, redução dos custos produtivos. (ANTONY et al., 2007; ANTONY et al., 2012; SNEE, 2010)

O LSS busca o alcance de eficiência dos processos para atingir altos níveis de satisfação dos clientes e, conseqüentemente, melhora nos resultados operacionais e comerciais das empresas. Este programa de melhoria reduz os custos produtivos e melhora a performance do sistema, a capacidade e a efetividade dos processos organizacionais. (AGARWAL; CHAURASIA; GARG, 2016)

O LSS maximiza o que é considerado como valor para todos os *shareholders* (acionistas) devido a busca pelo alcance de forma mais rápida possível do aumento de indicadores de satisfação de clientes, redução de custo, aumento da qualidade, aumento da velocidade dos processos e retorno do capital investido (GEORGE, 2002),

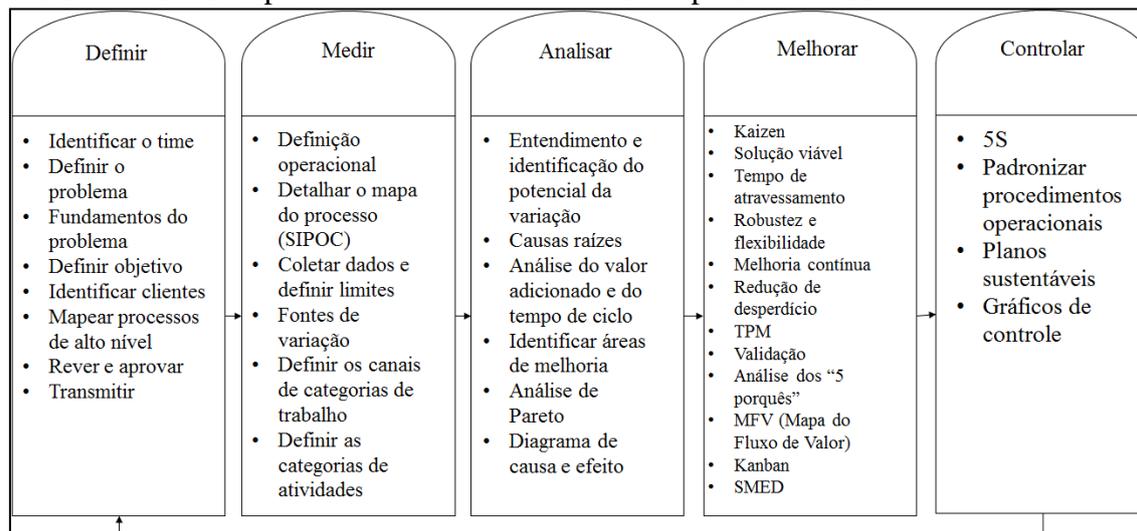
O LSS envolve um número de projetos inovadores, os quais são desenvolvidos com um *sponsor* (patrocinador) do projeto, para de forma significativa impactar o nível operacional do negócio. Estes projetos buscam combinar a qualidade geral do negócio, eficiência dos processos, capacidade de resposta e custo. (DE KONING et al., 2008)

De acordo com Tohidi (2012) o LSS possui como princípios:

- a) O entendimento da voz do cliente;
- b) A métrica do Seis Sigma;
- c) A eliminação de desperdício e atividades que não agregam valor;
- d) Gestão dos processos;
- e) A variação não intencional (especial) é o inimigo;
- f) Fluxo de valor;
- g) Aplicação do método DMAIC para melhoria de processos.

A implementação do LSS ocorre através da aplicação do método DMAIC (como acontece no SS) com os elementos do LM. A utilização de eventos Kaizen na fase de melhoria, por exemplo, são contribuições oriundas do LM, para efetividade da utilização do LSS. Isto é verificado na figura 2.9.

FIGURA 2.9 - Componentes do método DMAIC adaptados ao LSS



Fonte: Adaptado de Agarwal, Chaurasia e Garg (2016)

O LSS busca preencher as lacunas que o SS e o LM possuem, propondo um programa de melhoria contínua mais efetivo em sua utilização. O SS por exemplo, não possui foco na melhoria do ambiente visual das operações, assim como na padronização das etapas de realização das atividades. O LM não tem como prioridade a utilização de métodos estruturados e hierarquizados como o SS. Estas e outras lacunas podem ser observadas no quadro 2.3.

QUADRO 2.3 - Diferenças entre o LM e o SS

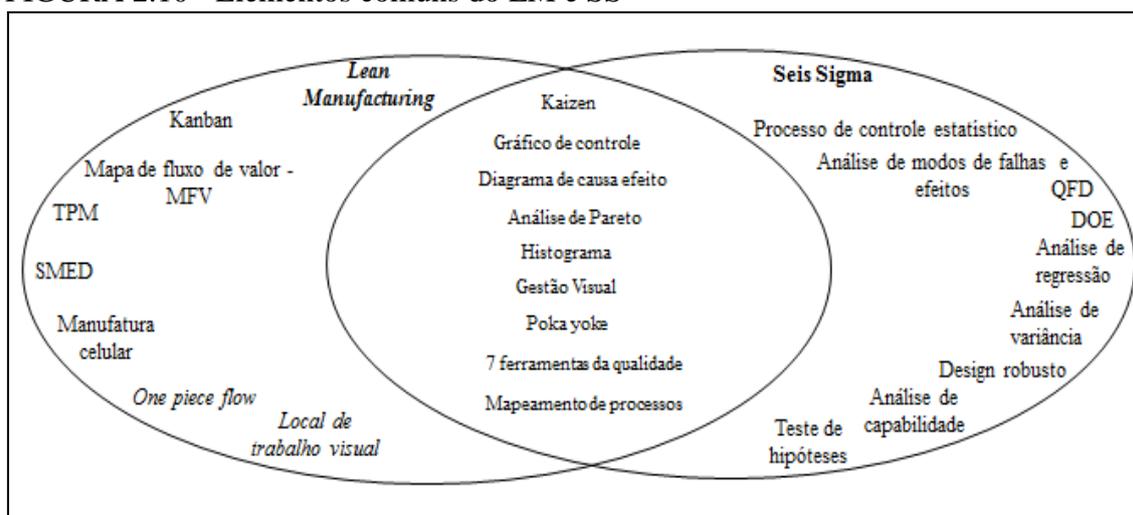
Questões/problemas/objetivos	Seis Sigma	Lean Manufacturing
Foco no fluxo de valor para o cliente.	Não	Sim

Foco na criação de um trabalho visual.	Não	Sim
Criação de planilhas de trabalho padrão.	Não	Sim
Agir na redução do trabalho em processo (<i>work in process</i>).	Não	Sim
Foco no fluxo de valor para o cliente.	Não	Sim
Foco em uma boa organização de recursos, máquinas e equipamentos.	Não	Sim
Planejamento, controle e monitoria dos processos.	Sim	Não
Foco na redução da variação e alcance de outputs uniformes.	Sim	Não
Focar de forma incisiva a aplicação de técnicas estatísticas.	Sim	Não
Aplicar uma metodologia para resolução de problemas de forma planejada e estruturada.	Sim	Não
Agir na redução do tempo de espera, produção e processos em excesso, movimentos desnecessários, entre outros.	Não	Sim

Fonte: Adaptado de Tohidi (2012)

O LSS agrega as ferramentas comuns ao LM e SS, oferecendo assim maior efetividade das ações destes dois programas. A união das ferramentas e TE pertencentes ao LM e SS, dão origem ao LSS, como pode ser verificado na figura 2.10.

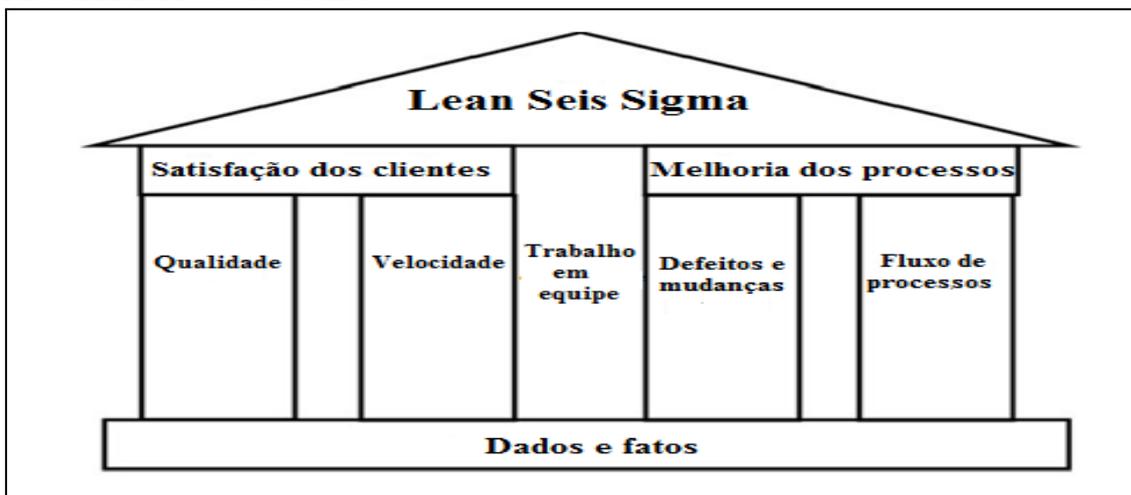
FIGURA 2.10 - Elementos comuns do LM e SS



Fonte: Adaptado de Agarwal, Chaurasia e Garg (2016)

Com a introdução do SS, o LM tem maior fundamentação em dados e fatos, para que a satisfação do cliente e as melhorias nos processos sejam alcançadas. Assim, a figura 2.9 que representa a “casa do STP”, com a inserção do SS, passa a ser a “Casa do LSS”, a qual é representada na figura 2.11.

FIGURA 2.11 - Casa do LSS



Fonte: Adaptado de Tohidi (2012)

Desta maneira, assim como no SS, o LSS também possui relação direta com os princípios do PE, como a busca por redução da variação e a ênfase na utilização das TE.

Além disso, o LSS utiliza as TE em todos os níveis de complexidade (TE básicas, intermediárias e avançadas) conforme citado sobre o SS.

2.5.4 A relação entre o PE, TE e a Gestão da Qualidade Total

A Gestão da Qualidade Total ou TQC (*Total Quality Control*) foi iniciada por Kaoru Ishikawa, no Japão na década de 1960, tendo como principais fundamentos: o Gerenciamento pelas e das Diretrizes; Gerenciamento por e de processos; Gerenciamento da rotina ou das atividades do dia a dia, todos estes dependendo do compromisso de todos os colaboradores e do apoio da alta administração. (TOLEDO et al., 2014)

Nas décadas de 1980 e 1990 surgiu nos países ocidentais o TQM (*Total Quality Management*) que é uma adaptação do TQC japonês. Este utiliza o termo “controle” que no Japão, tem conotação de gerenciamento para garantir a previsibilidade dos processos e obtenção de melhorias incrementais dos mesmos. Nos países ocidentais a palavra “controle” está associada a acompanhamento. Desta forma, a substituição do termo “controle” por “gerenciamento” é utilizada para enfatizar que o objetivo do TQM não está somente no controle de atividades da qualidade, mas sim, na administração das mesmas. (TOLEDO et al., 2014)

O TQM pode ser definido como uma abordagem ou filosofia de gestão, a qual está fundamentada no estabelecimento da qualidade no gerenciamento organizacional em

todas suas áreas, enfatizando a melhoria contínua, atendimento as demandas dos clientes, diminuição de retrabalho, redesenho de processos, *benchmarking* competitivo, entre outros. (TOLEDO et al., 2014)

Os principais elementos do TQM são apresentados no quadro 2.4, como exemplo, citam – se a gestão por processos com a utilização de métodos estatísticos na produção e de fatos e dados da qualidade com o uso de indicadores de índices de refugo. (MIGUEL, 2005)

QUADRO 2.4 - Principais elementos do TQM

Elemento	Descrição
Liderança e apoio da alta direção	Prover liderança no processo de mudança, exemplos e motivação da força de trabalho da organização. Além de promover o estímulo de práticas e abordagens direcionadas ao TQM.
Relacionamento com os clientes	Concentrar as atividades com foco nos clientes e estabelecer canais de comunicação, visando o levantamento de necessidades e níveis de satisfação, promovendo atendimento sobre os clientes.
Gestão de força de trabalho	Aplicar os princípios da gestão de recursos humanos, com base em um sistema de trabalho em equipe e com <i>empowerment</i> , processos de recrutamento e seleção, capacitação e treinamento.
Relação com os fornecedores	Utilizar práticas de seleção e qualificações de fornecedores, bem como meios de medição de desempenho. Estabelecer relação de longo prazo com os fornecedores, visando a colaboração mútua, além da busca de melhoria da qualidade dos produtos.
Gestão por processos	Definir os processos - chave da organização, promovendo práticas preventivas, auto - inspeção, utilizando planos de controle e utilização de métodos estatísticos na produção.
Projeto de produto	Envolvimento de todas as áreas funcionais no processo de desenvolvimento de produto, visando o desenvolvimento de produto, o qual satisfaça as demandas dos clientes.
Fatos e dados da qualidade	Disponibilização de dados e informações relativas a qualidade, como parte de um sistema de gestão transparente e de fácil visualização. Registros sobre indicadores da qualidade, incluindo índices de refugo, retrabalho, dados de garantia e custos da qualidade.

Fonte: Adaptado de Miguel (2005)

No TQM os dados e as informações devem ser disponibilizados como forma de tornar o sistema de gestão transparente e de fácil visualização, para tanto, são utilizados registros sobre indicadores de qualidade, como refugo, retrabalho, dados de garantia, custos da qualidade entre outros. (MIGUEL, 2005)

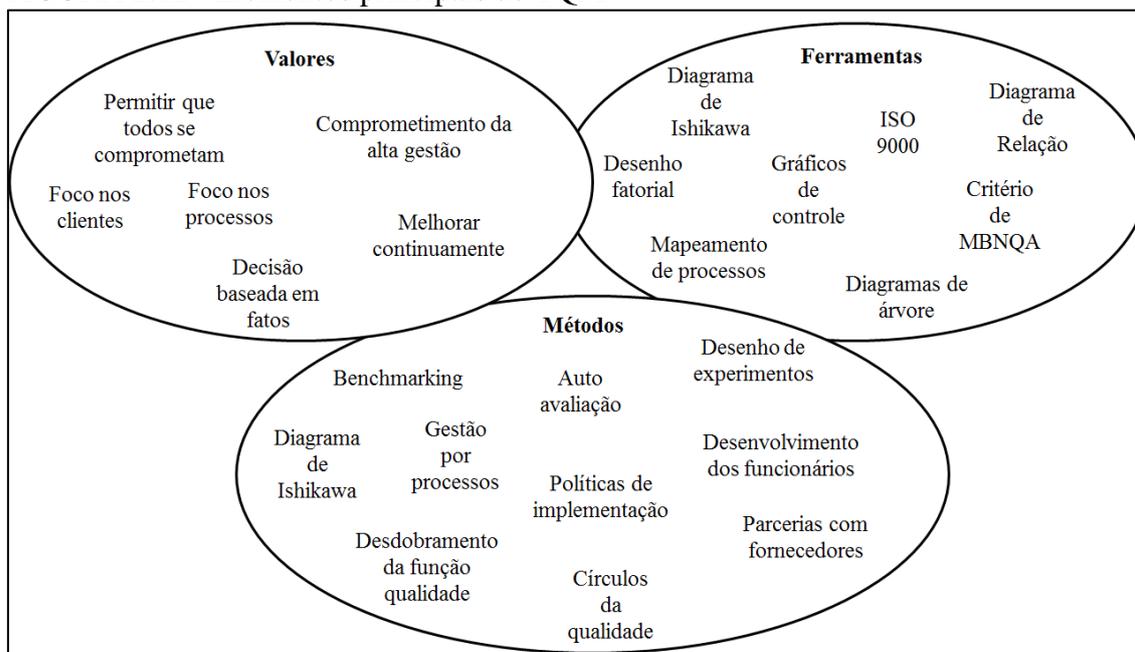
Dentre os modelos de TQM apresentados por Miguel (2005) está o modelo de Zaire (modelo de “blocos de construção”), onde um dos pilares para este modelo está no CEP (controle estatístico de processos)

Segundo Patyal e Maddulety (2015) no TQM não há uma ferramenta específica para cada aplicação, desta maneira, podem ser utilizadas técnicas estatísticas básicas, intermediárias e avançadas. O principal objetivo da utilização destas ferramentas e

métodos associados é a diminuição da dependência dos recursos para aumentar a satisfação interna e externa dos clientes e consumidores.

Assim, através da figura 2.12 é possível observar os elementos principais que constituem o TQM, as ferramentas estatísticas e métodos usados para a melhoria da qualidade.

FIGURA 2.12 - Elementos principais do TQM



Fonte: Adaptado de Hellsten e Klefsjö (2000)

Apesar da utilização das ferramentas da qualidade, o TQM possui conceituação estatística menos expressiva, sendo um programa com ênfase no conteúdo comportamental; utilização de técnicas e métodos combinados de forma sistemática para auxiliar na avaliação dos resultados de desempenho. Utilizando a abordagem com foco em processos; enfoque na identificação de problemas, por meio do planejamento, organização e compreensão de cada atividade a ser realizada; gerenciamento fundamentado em valores; métodos e ferramentas parcialmente fundamentadas em estatística; com objetivo de alcançar a satisfação plena do cliente. (HUARNG; CHEN, 2002; SENAPATI, 2004).

Conforme Corredor e Goñi (2011), Calvo-Mora et al. (2014a), Calvo-Mora et al. (2014b) Zu et al. (2010), Jayaram et al. (2010), o TQM considera a importância da qualidade no gerenciamento de toda organização, demonstrando que o princípio do PE de que todo trabalho ocorre segundo processos interconectados, está presente neste programa. Apesar disso, o entendimento que a variação é um elemento inerente aos

processos e que a redução da mesma é a “chave do sucesso” dos processos, estão pouco presentes no TQM.

No que se refere a aplicação das TE, conforme a figura 2.12, a maioria das técnicas utilizadas do TQM se classificam como básicas, tendo o Projeto de Experimento como técnica avançada.

2.5.5 A relação entre o PE, TE e a Manutenção Produtiva Total

O TPM (*Total Productive Maintenance* – Manutenção Produtiva Total) tem como objetivo diminuir e eliminar a variabilidade em processos de produção, causada por quebras não planejadas de equipamentos. O TPM atua através do envolvimento dos colaboradores na busca por aprimoramentos e manutenção nos equipamentos e máquinas (SLACK, 2007)

A Manutenção Produtiva Total é um programa de melhoria que procura o aumento da produtividade, além de elevar a produção de bens de alta qualidade, através da diminuição de desperdícios e redução de custos. (PRASANTH et al., 2015)

O TPM realiza a manutenção básica, como inspeção, limpeza, lubrificação e ajustes nos equipamentos através dos membros da equipe de produção, para que os colaboradores do setor de manutenção, se concentrem nas atividades de manutenção preventiva. (DENNIS, 2008)

O TPM de forma simplista, significa ouvir e observar as anomalias e tomar uma atitude antes da ocorrência da avaria. Transformando a mentalidade dos funcionários de nível operacional do “eu opero, você conserta” para, “somos responsáveis por nosso equipamento, nossa fábrica e nosso futuro”, desta maneira, é possível atingir a meta Zero em interrupções, nas linhas produtivas. (DENNIS, 2008)

A aplicação do TPM é uma das etapas dos estágios de manutenção, onde este programa realiza a manutenção preventiva e ativa com o envolvimento de todos. Isto pode ser verificado no quadro 2.5.

QUADRO 2.5 - Estágios de manutenção

Estágios de manutenção	
Estágio - 1	Manutenção de interrupções (apagar incêndios)

Estágios de manutenção	
Estágio - 2	Manutenção preventiva (algum planejamento proativo e reparação de problemas)
Estágio - 3	TPM (manutenção preventiva + ativa) + envolvimento total

Fonte: Adaptado de Dennis (2008)

De acordo com Dennis (2008) com a utilização do TPM é possível a eliminação das principais perdas que diminuem a eficácia das máquinas, são elas:

- a) Tempo de parada
 - Avaria de equipamento;
 - Atrasos na montagem e nos ajustes.
- b) Perdas de velocidade ou perdas ocultas
 - Tempo ocioso e pequenas paradas (máquina funcionando, contudo, não há produtos em processamento);
 - Velocidade reduzida – velocidade real da máquina é menor comparada a projetada.
- c) Defeitos
 - Defeitos de processamento;
 - Rendimento reduzido.

De acordo com Dennis (2008) o TPM envolve 4 estágios de aplicação:

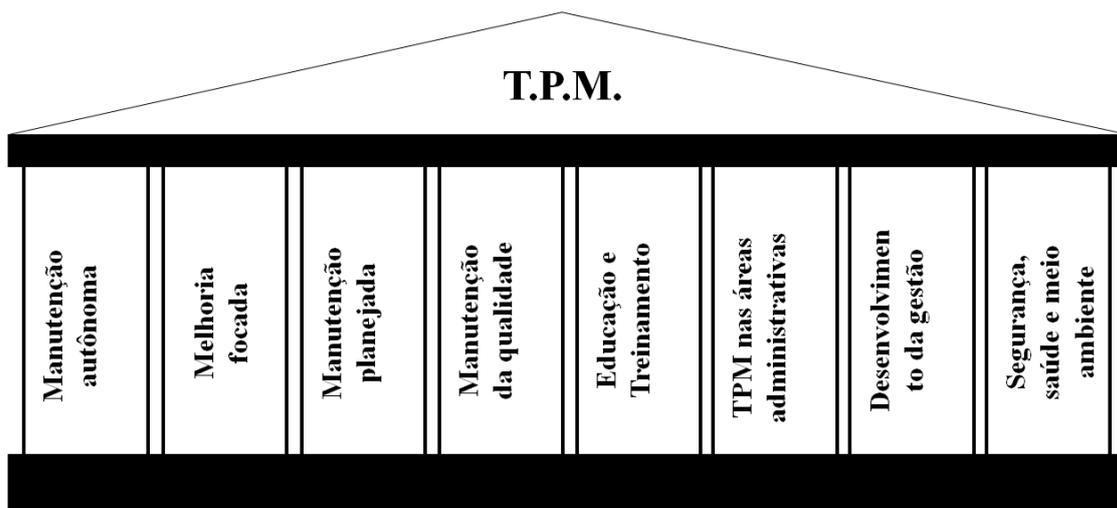
- a) Estabilização e restauração de equipamentos;
- b) Medição das seis grandes perdas;
- c) Eliminação de perdas;
- d) Melhoria de projeto de equipamento.

De acordo Jain, Bhatti e Singh (2014) as iniciativas de implementação do TPM envolvem 8 pilares:

- a) Manutenção autônoma;
- b) Melhoria focada;
- c) Manutenção planejada;
- d) Manutenção da qualidade;
- e) Educação e Treinamento;
- f) TPM nas áreas administrativas;
- g) Desenvolvimento da gestão;
- h) Segurança, saúde e meio ambiente.

Estes pilares são representados na figura 2.13

FIGURA 2.13 - Pilares do TPM



Fonte: Adaptado de Jain, Bhatti e Singh (2014)

Através da figura 2.13 verifica-se que o TPM está presente nas áreas administrativas e no apoio ao desenvolvimento da gestão das empresas.

Alguns destes 8 princípios possuem relação direta com as técnicas e ferramentas da qualidade, como na melhoria focada, onde são identificadas as fontes de aperfeiçoamento, para com isso, ser aplicado o FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) e o 5 “porquês” da qualidade. Além disso, no desenvolvimento da gestão pode ser aplicado o 5S. O TPM pode utilizar a Análise de Pareto, CEP, diagrama de causa e efeito, *brainstorming*, poka – yoke, entre outros. (JAIN; BHATTI; SINGH, 2014)

As principais prioridades do TPM estão na produtividade, qualidade, custo, entrega, segurança e auto estima dos colaboradores. Estas prioridades abrangem a redução da qualidade dos produtos devido às paradas inesperadas na produção, procedimentos efetivos de manutenção, redução de acidentes no ambiente de trabalho, suporte no aumento da flexibilidade e do volume de produção, entre outros. O Quadro 2.6 sintetiza essas prioridades.

QUADRO 2.6 - Considerações sobre as prioridades do TPM

Prioridades de fabricação no TPM	
Produtividade	Redução de paradas não planejadas, aumentando assim a disponibilidade e produtividade dos equipamentos
	Fornecer customização com capacidade adicional, troca rápida e design do produto
Qualidade	Redução dos problemas de qualidade oriundas de uma produção instável
	Falhas reduzidas nas linhas de produção, devido a melhoria de qualidade
	Fornecer customização com capacidade adicional, troca rápida e design do produto

Prioridades de fabricação no TPM	
Custo	Custeio do ciclo de vida
	Eficientes procedimentos de manutenção
	Suporte na flexibilidade de volume e <i>mix</i> de produtos
Entrega	Redução do desperdício com paradas não planejadas
	Apoio nos esforços do <i>just in time</i> por meio de equipamentos confiáveis
	Melhoria da eficiência de entrega, velocidade e confiabilidade
Segurança	Melhorias no ambiente de trabalho
	Busca de 0 acidentes nos locais de trabalho
	Eliminação de situações perigosas
Moral	Melhorias significativas nas sugestões nos eventos Kaizen
	Aumento do conhecimento dos trabalhadores dos processos e produtos fabricados
	Melhoria da capacidade de resolução de problemas
	Aumento na habilidade e conhecimentos dos trabalhadores
	Fortalecimento do envolvimento dos funcionários

Fonte: Adaptado de Adaptado de Jain, Bhatti e Singh (2014)

O princípio do PE, que está relacionado com a presença de processos interconectados, pode ser visto através da ação do TPM, desde o desenvolvimento da gestão, nas áreas administrativas e nas operações, onde os funcionários buscam de forma autônoma realizar a manutenção dos equipamentos. Isto pode ser observado através do exposto anteriormente sobre o TPM e pelos trabalhos de Attri et al (2013), Cua et al. (2001), Prasanth et al. (2015), Jain, Bhatti e Singh (2014), Lucio, Jenkins e Noon (2000).

O TPM busca a eliminação da variabilidade dos processos, que é o terceiro princípios do PE, através de ferramentas como o CEP. (SLACK, 2007; JAIN; BHATTI; SINGH, 2014)

Conforme apresentado, as TE básicas e algumas ferramentas intermediárias/avançadas são utilizadas pelo TPM. (JAIN; BHATTI; SINGH, 2014)

2.5.6 Síntese sobre a relação entre os programas de melhoria, o PE e as TE.

Utilizando a definição dos princípios do PE apresentada por Makrymichalos et al. (2005) e as análises realizadas na seção 2.5, através do quadro 2.7 é possível sintetizar as informações da relação entre o PE, TE e os programas de melhoria.

QUADRO 2.7 - Relação entre PE, TE e os programas de melhoria

		Programas de Melhoria				
		SS - Seis Sigma	TQM - Total Quality Management	LM-Lean Manufacturing	LSS - Lean Seis Sigma	TPM - Total Productive Maintenance
Princípios do PE	Todo trabalho ocorre segundo processos interconectados	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
	Variações existem em todos os processos	Presente	Pouco presente	Pouco presente	Presente	Pouco Presente
	A chave do sucesso é entender e reduzir a variação.	Presente	Pouco presente	Pouco presente	Presente	Presente
TE	Básicas	Grande parte das técnicas utilizadas	Grande parte das técnicas utilizadas	Algumas técnicas utilizadas	Grande parte das técnicas utilizadas	Algumas técnicas utilizadas
	Intermediárias	Grande parte das técnicas utilizadas	Poucas técnicas utilizadas	Poucas técnicas utilizadas	Grande parte das técnicas utilizadas	Poucas técnicas utilizadas
	Avançadas	Grande parte das técnicas utilizadas	Uma técnica utilizada	Não utilizadas	Grande parte das técnicas utilizadas	Não utilizadas
Outras ferramentas e métodos	FMEA, QFD, SIPOC, entre outras.	Grande parte das ferramentas utilizadas	Algumas ferramentas utilizadas	Algumas ferramentas utilizadas	Grande parte das ferramentas utilizadas	Algumas ferramentas utilizadas

Fonte: Antonelli e Santos (2011), Carvalho e Rotondaro (2005), Makrymichalos et al, (2005), Santos (2006), Goh (2001), Santos e Martins (2008), Patyal e Maddulety (2015), Tohidi (2012) .Antony (2009), Sundareshan et al. (2015), Cua et al. (2001), Scherer e Ribeiro (2013), Glaser-Segura, Peinado e Graeml (2011), Liker (2005), Arnheiter, Maleyeff e Venkateswaran (2012), Agarwal, Chaurasia e Garg (2016), Hellsten e Klefsjö (2000), Huarng e Chen (2002), Senapati (2004), Corredor e Goñi (2011), Calvo-Mora et al. (2014a), Calvo-Mora et al. (2014b) Zu et al. (2010), Jayaram et al. (2010), Attri et al (2013), Prasanth et al. (2015), Jain, Bhatti e Singh (2014), Lucio, Jenkins e Noon (2000), Slack (2007) e Dennis (2008)

Ao se verificar o quadro 2.7 é possível compreender o nível do PE e das TE nos programas de melhoria apresentados na seção 2.5, conseqüentemente responde-se uma das questões de pesquisa e alcança-se um dos objetivos apresentados no capítulo 1 desta dissertação, que é o de analisar a presença do PE e TE nos programas de melhoria.

Desta maneira, através do quadro 2.7, observa-se que os princípios do PE estão mais presentes no SS e LSS, pois, para estes programas a variação dos produtos/serviços e a variabilidade dos processos são elementos a serem compreendidos e reduzidos, não existindo a busca pela perfeição como no LM.

O entendimento de que cada trabalho ocorre segundo processos interconectados está presente em todos os programas. Estes possuem como fundamento a preocupação de

melhorar de forma contínua os processos existentes em todas as áreas das empresas, desde a administração até a operação.

O TQM e o LM possuem um foco maior na melhoria dos processos que na busca pela compreensão e eliminação da variação. Um exemplo disso é o LM, o qual não considera a variação inserida nos processos como um “fato da vida”, este programa busca eliminar fontes de desperdícios para que os processos atinjam a perfeição. O TPM não reconhece que a variação é um elemento intrínseco a ser aceito nos processos, contudo, busca sua redução.

Em relação as TE, verifica-se que como o SS e o LSS possuem maior fundamentação nos princípios do PE estes programas utilizam grande parte das técnicas estatísticas em todos os seus níveis de complexidade. Isso não ocorre com LM, TQM e TPM, os quais se concentram na utilização de TEB e outras ferramentas da qualidade.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo são descritos os elementos que compõem o método de pesquisa utilizado para este trabalho. Ele se divide em caracterização da pesquisa, definição da população e amostra, desenvolvimento do instrumento de pesquisa, coleta de dados, avaliação da confiabilidade do questionário e técnicas utilizadas para análise dos resultados.

3.1 Caracterização da pesquisa

Este trabalho tem como objetivo principal é analisar o nível de presença dos princípios do PE e das TE nos programas de melhoria e os resultados percebidos com o uso destes programas em uma amostra de empresas industriais do Estado de São Paulo.

Para tanto, a abordagem utilizada foi a quantitativa que possui como estrutura a dedução da teoria, a apresentação de hipóteses de pesquisa que traz soluções possíveis para o problema de pesquisa, observação e coleta de dados com variáveis mensuráveis e análise de dados com utilização de estatística e apresentação de resultados. (MARTINS, 2010)

As características principais da abordagem quantitativa são a obtenção de variáveis possíveis de serem mensuradas, o relacionamento de causa e efeito entre as variáveis estabelecidas, possibilidade de os resultados da pesquisa serem generalizados para além dos seus limites e possibilidade de reproduzi-la, para verificar a validade inicial. (MARTINS, 2010)

De acordo com Martins (2010) os métodos mais apropriados na condução de uma pesquisa quantitativa são o levantamento tipo *survey*, modelagem/simulação, experimento e quase – experimento.

Para esta dissertação foi utilizado o levantamento tipo *survey*, que segundo Miguel e Lee Ho (2010) busca avaliar uma amostra representativa de um problema a ser investigado, com o intuito de extrair conclusões relacionadas a essa amostra. O levantamento do tipo *survey* é utilizado neste trabalho, para analisar a amostra de empresas industriais do Estado de São Paulo.

De forma geral, uma pesquisa *survey* pode ser de três tipos: exploratória, descritiva e explanatória. A exploratória oferece a visão inicial sobre um tema,

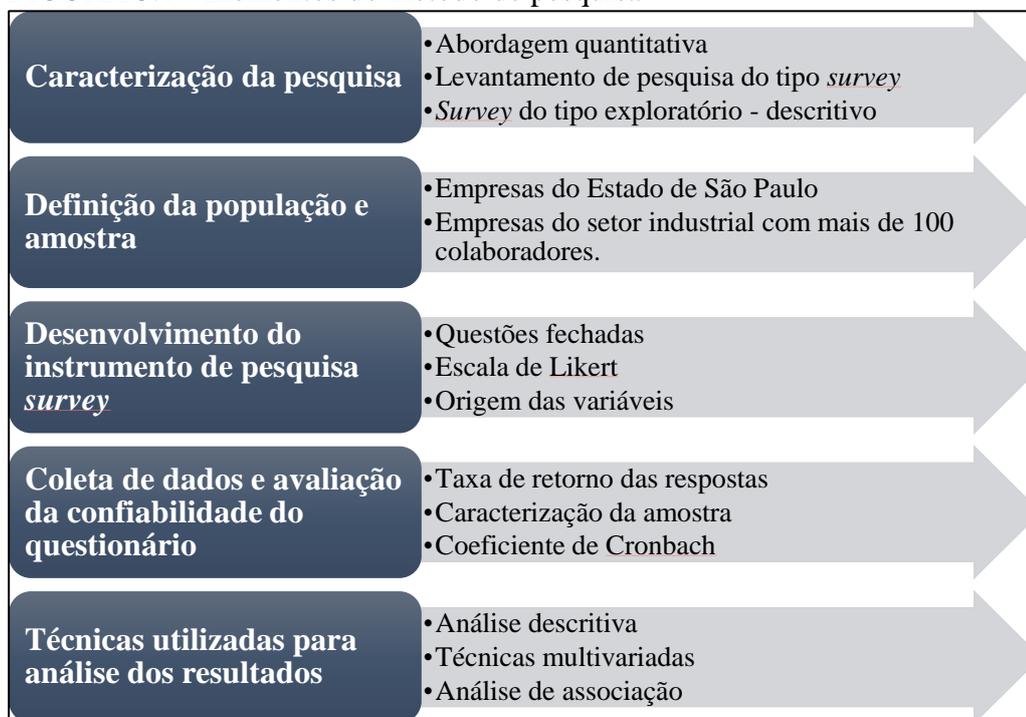
fornecendo base para uma *survey* mais detalhada, não tendo um modelo conceitual definido. A descritiva provê os subsídios para a construção de teorias ou refinamento delas. A explanatória/confirmatória/teste de teoria testa a adequação de variáveis relacionadas ao fenômeno, que são extraídas da literatura. (FORZA, 2002)

A pesquisa *survey* utilizada nesta dissertação é de caráter exploratório - descritivo devido a necessidade de se compreender de forma inicial a presença dos princípios do PE e das TE nos programas de melhoria e analisar os resultados percebidos com o emprego destes programas nas empresas da amostra, descrevendo as principais características desta utilização. Intenciona-se que haja possibilidade das informações aqui apresentadas servirem de base para futuras pesquisas, que busquem encontrar hipóteses de relações de causa e efeito entre as variáveis e os outros elementos de estudo.

Além da pesquisa *survey* foi utilizada a pesquisa bibliográfica a fim de fazer o levantamento teórico relacionado ao PE, TE e os programas de melhoria.

De acordo com Forza (2002) elementos como definição de população – alvo, seleção de método de coleta de dados, desenvolvimento de instrumento de medição, teste piloto e análise de dados, são partes do processo da pesquisa tipo *survey*. Esses elementos formam o método de pesquisa deste trabalho e são descritos na figura 3.1

FIGURA 3.1 - Elementos do método de pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor

3.2 Definição da população e amostra

As empresas industriais podem ser denominadas de acordo com o número de funcionários, conforme SEBRAE (2014):

- Microempresas – até 19 funcionários;
- Pequena empresa – de 20 até 99 funcionários;
- Média empresa – de 100 até 499 funcionários;
- Grande empresa – 500 ou mais funcionários.

O Produto Interno Bruto (PIB) do estado de São Paulo em 2014 foi de R\$ 1,6 trilhões, sendo o maior do país. Deste valor, 22,00% corresponde a participação da indústria. Além disso, esse estado possui 26% das empresas industriais do Brasil, isto corresponde a 133.182 empresas, destas, 1,4% representam empresas de grande porte e aproximadamente 6,5%, de médio porte. As grandes e médias empresas empregam cerca de 64,8% da mão de obra do estado. (CNI, 2014)

Desta maneira, escolheu-se a população de empresas do estado de São Paulo devido a participação no PIB brasileiro, capacidade de emprego que a indústria do estado possui e a quantidade de empresas industriais de grande e médio porte, esperando que, estas tenham condições mais favoráveis na utilização dos princípios de PE, TE e dos programas de melhoria.

A população de interesse são empresas do setor industrial, devido ao seu pioneirismo na propagação e utilização de novas formas de produção, como produção seriada e produção enxuta, assim como na utilização das técnicas estatísticas para diminuição de erros produtivos e emprego dos programas de melhoria. (LIKER, 2005; WOMACK, J.P; JONES; ROOS, 1990; MAKRYMICHALOS et al., 2005; SINCLAIR; SADLER, 2004; HOERL; SNEE, 2012; ABRAHAN, 2005; MONTGOMERY, 2010).

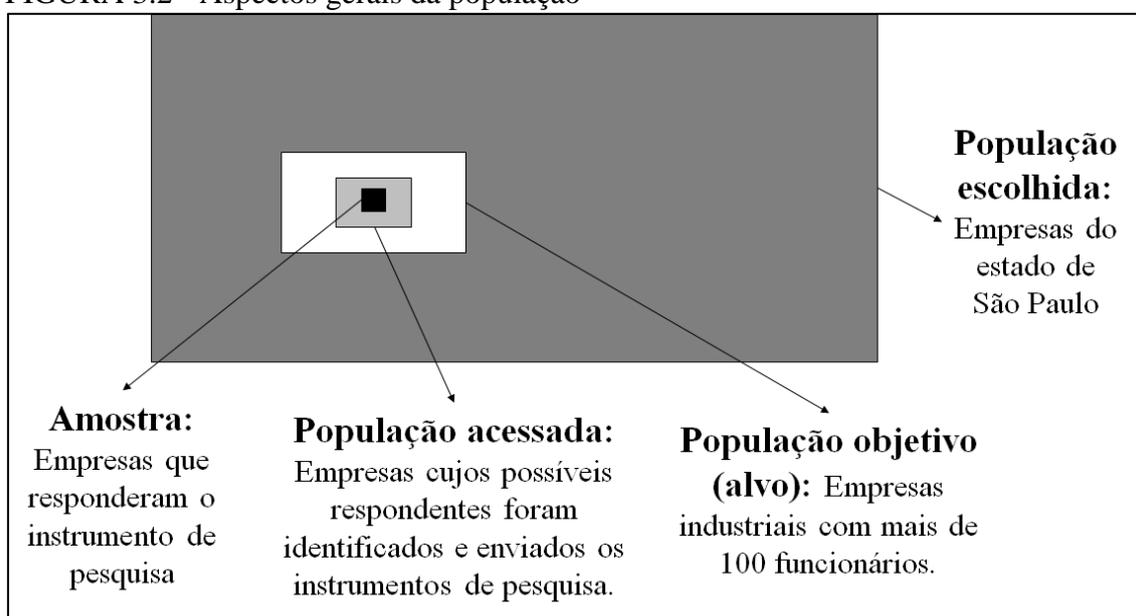
Segundo Bolfarine e Bussab (2005) população se refere a união de todas as unidades elementares que se pretende coletar, por exemplo a população pode ser formada por pessoas, empresas, domicílios, classe de alunos, entre outros. Inseridas na população há elementos em que se quer fazer inferências, como pessoas acima de certa idade, empresas de determinado segmento, entre outros, a união destes elementos forma a população objetivo. Os elementos que são possíveis o acesso, fazem parte amostra.

Conforme esses conceitos, a população escolhida foi de empresas industriais do estado de São Paulo com mais de 100 funcionários.

A população acessada representa as empresas cujos possíveis respondentes foram identificados e enviados os instrumentos de pesquisa. Elas foram identificadas junto aos sites ou de relatórios de Associações/Sindicatos de diversos segmentos industriais, em seguida foram pesquisados/visitados os sites das empresas, procurando-se identificar os nomes dos gerentes que poderiam responder o questionário. Em alguns casos específicos os pesquisadores tinham o contato com alguns gerentes.

A amostra representa as empresas que responderam ao instrumento de pesquisa. Essas classificações são verificadas na figura 3.2.

FIGURA 3.2 - Aspectos gerais da população



Fonte: Elaborado pelo autor

3.3 Desenvolvimento do instrumento de pesquisa survey e coleta de dados

A maneira mais comum de se coletar dados na condução de uma survey é o questionário. Este é um instrumento de registro composto por perguntas ordenadas, onde o respondente não necessita estar na presença daquele (a) que aplica o questionário. Este pode ser enviado de diversas formas, como correio, fax, e-mail e questionário *online*, por exemplo. (MIGUEL; LEE HO, 2010; WALTER, 2013)

Os dados dessa dissertação fazem parte do *survey* realizado pelo projeto "Análise das práticas e proposições para melhoria da difusão e uso do Pensamento Estatístico e de

Técnicas Estatísticas em empresas industriais do Estado de São Paulo”, financiado pela FAPESP.

Os pesquisadores responsáveis pelo projeto elaboraram um questionário com perguntas fechadas, sendo fundamentados na Revisão Bibliográfica Sistemática realizada.

Isto foi necessário pois, a elaboração do questionário deve estar relacionada de forma restrita a teoria vigente que originou os constructos. (MIGUEL; LEE HO, 2010)

A utilização do questionário oferece vantagens como a economia de tempo e viagens e obtenção de grande número de dados, possibilidade de obtenção de respostas mais precisas, abrangência de área geográfica ampla pois é possível pessoas de diferentes locais responderem o questionário, segurança das respostas por oferecer o anonimato para os respondentes entre outras. Apesar disso, o uso do questionário traz desvantagens como o baixo retorno das questões respondidas, devolução tardia destas questões comprometendo o cronograma estabelecido de pesquisas, em alguns casos, o questionário não respondido pela pessoa escolhida, entre outras. (LAKATOS, 1995)

Deve haver limitações no questionário relacionadas a extensão e finalidade. Ele não pode conter muitas questões causando o desinteresse dos respondentes e nem poucas perguntas oferecendo informações insuficientes. Além disso, é necessário que o questionário seja de fácil compreensão e com linguagem simples, para que os respondentes possam efetuar as respostas sem necessitar de alguém para auxiliá-lo. (LAKATOS, 1995; SYNODINOS, 2003)

Um dos meios para condução de um survey é a realização do questionário *online*, onde este é considerado uma tecnologia ainda recente. O *survey online* possui como vantagens a possibilidade de analisar os dados preliminares antes de terminar a coleta dos dados, os participantes podem escolher os locais para responderem as perguntas, entre outros. Como desvantagens há a percepção dos respondentes de os links enviado serem lixo eletrônico, falta de habilidade dos respondentes utilizarem os instrumentos online baixa taxa de respostas entre outros. (WALTER, 2013)

O questionário deve ser testado antes de ser enviado em definitivo, com diferentes tipos de respondentes, sendo necessário para aperfeiçoar as questões em relação à sua forma e conteúdo. Esta etapa é denominada de teste – piloto. (MIGUEL; LEE HO, 2010)

O teste piloto foi realizado pelos pesquisadores responsáveis em 8 empresas de diferentes segmentos industriais, com o objetivo de identificar possíveis dificuldades na compreensão do questionário e no seu preenchimento.

Após esta adequação foi possível obter o questionário que está no Anexo B. As perguntas do questionário são divididas em 4 blocos. Os itens principais de cada bloco, assim como o número de perguntas que os compõe são apresentados no quadro 3.1.

QUADRO 3.1 – Conteúdo principal do questionário

Bloco	Itens principais do bloco	Número de questões
Bloco A	Dados gerais da empresa, e questões relacionadas ao uso de qualidade, programas de melhoria, softwares e certificações entre outras.	14
Bloco B	Presença e utilização do PE na unidade, o que compreende questões como visão do processo, causas de variação capacidade de processo entre outras.	13
Bloco C	Utilização de Técnicas Estatísticas na empresa, compreendendo questões relacionadas a razão do não uso das técnicas, emprego de técnicas básicas, intermediárias e avançadas, entre outras	22
Bloco D	Resultados percebidos com a aplicação do PE e do TE, incluem questões relacionadas ao nível de satisfação dos clientes, redução de não conformidades, aumento do nível de compreensão dos processos, entre outras.	15

Fonte: Elaborado pelo autor

Através do quadro 3.1 verifica-se a existência de 64 questões.

Os gerentes identificados para responder as questões foram contatados por telefone. No caso de concordância, o questionário (link, que permitia o arquivo em base de dados dos questionários respondidos) foi enviado por e-mail com as devidas explicações. Posteriormente, realizou-se um acompanhamento por telefone para assegurar que o e-mail foi recebido e em seguida realizada a verificação dos questionários que foram respondidos. Para garantir a obtenção de uma taxa de retorno considerável, os pesquisadores periodicamente entravam em contato com os respondentes, por e-mail, a fim de verificar se havia alguma dúvida para preencherem o questionário. O período entre a aplicação dos questionários e coletas das respostas dos mesmos foi de 6 meses.

3.4 Avaliação da confiabilidade do questionário

É adequado que as pesquisas tenham taxas de retorno dos questionários superiores a 50%. A aceitação de taxas inferiores a 20% pode limitar a validade interna e a capacidade de generalização dos resultados, levando a uma amostra que não represente a população de interesse. (MIGUEL; LEE HOO, 2010)

Segundo os pesquisadores o envio dos questionários foi realizado para aproximadamente 100 empresas para cada um dos 7 segmentos industriais considerados, obtendo – se o retorno de 243 empresas, o que corresponde a 34,71%. A amostra não foi obtida de maneira aleatória, mas, uma “amostra que foi possível de ser obtida” devido à dificuldade de as empresas responderem os questionários sem ultrapassar os prazos estabelecidos para a pesquisa. Por isso, o retorno foi abaixo de 50%, todavia, superior ao limite de 20% para que a pesquisa não seja comprometida.

Os pesquisadores realizaram a segmentação e classificação dos segmentos industriais com base nas semelhanças dos segmentos de atividades das empresas e não na Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), desta forma, as empresas são estratificadas como segue:

- a) Alimentos e bebidas: 33 empresas;
- b) Autopeças: 32;
- c) Bens de consumo e de higiene pessoal: 34;
- d) Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos: 33;
- e) Farmacêutico: 39;
- f) Máquinas e equipamentos seriados: 42;
- g) Químico industrial: 30.

A confiabilidade do questionário refere-se à extensão onde um procedimento de medida rende os mesmos resultados em tentativas repetidas. Isto representa que o questionário possui certa consistência, precisão, dependência estabilidade e previsibilidade. A confiabilidade dos dados é reflexo da qualidade do instrumento de coleta de dados, e que podendo ser avaliado de acordo com sua consistência interna. (FORZA, 2002)

De acordo com Hair et al. (2005) para realizar a medição da consistência interna do questionário foi utilizado o coeficiente de Cronbach, que assume valores entre 0 a 1, onde:

- Valores entre 0,70 a 0,80 indicam boa confiabilidade;
- Valores entre 0,80 a 0,90 indicam muito boa confiabilidade;
- Valores acima de 0,90 indicam excelente confiabilidade.

Para este trabalho as medidas de confiabilidade foram separadas de acordo com os grupos de variáveis que estão no quadro 4.1 do capítulo seguinte. Estas medidas são exibidas da tabela 3.1.

TABELA 3.1 – Alfa de Cronbach para as variáveis

Grupo de variável	Valor do Alfa de Cronbach
A	0,848
B	0,919
C	0,900
D	0,907
E	0,863
F	0,958

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme apresentado na tabela 3.1 os valores do coeficiente de Alfa de Cronbach para os grupos A e E indicam boa confiabilidade e o restante, excelente confiabilidade. Demonstrando assim, que os dados do questionário são consistentes.

3.5 Técnicas utilizadas para análise dos resultados

Para a análise dos resultados são utilizadas a análise descritiva com o intuito de verificar características das empresas da amostra, tempo de aplicação de programas de melhoria, uso do PE, utilização das TEB e TEA e os resultados com a aplicação destas técnicas.

Além disso, foram empregadas a análise fatorial, análise de cluster e análise de associação, as quais são descritas no capítulo de análise multivariada de dados.

A análise fatorial é aplicada para sintetizar as variáveis de pesquisa em fatores possíveis de serem analisados e correlacionados com as outras técnicas multivariadas.

A análise de *cluster* é aplicada com o objetivo de agrupar as 243 empresas da amostra em *clusters* que possuem características relacionadas aos fatores da análise fatorial.

A análise de associação é usada para verificar se existe um grau de associação entre as variáveis que representam os programas de melhoria e os *clusters* formados, através disso é possível verificar se há alguma relação entre os *clusters* e os programas de melhoria utilizados, além de verificar características deste uso.

4 ANÁLISE DESCRITIVA

Para a realização das análises descritiva, fatorial, cluster e de associação, algumas das variáveis (perguntas) que estão no questionário do anexo B, não serão utilizadas, desta forma, das 64 perguntas existentes no instrumento de coleta de dados, 52 serão usadas nas análises posteriores. Estas variáveis foram divididas em 6 grupos (A, B, C, D, E e F) e a relação delas com os autores que fundamentam estes grupos são apresentadas no quadro 4.1.

QUADRO 4.1 - Descrição das variáveis de pesquisa

Tipo	Descrição	Código	Autores principais
A	Número de certificações	A1	Antonelli e Santos (2011), Carvalho e Rotondaro (2005), Makrymichalos et al, (2005), Santos (2006), Goh (2001), Santos e Martins (2008), Patyal e Maddulety (2015), Tohidi (2012) ,Antony (2009), Sundareshan et al. (2015), Cua et al. (2001), Scherer e Ribeiro (2013), Glaser-Segura, Peinado e Graeml (2011), Liker (2005), Arnheiter, Maleyeff e Venkateswaran (2012), Agarwal, Chaurasia e Garg (2016), Hellsten e Klefsjö (2000), Huarung e Chen (2002), Senapati (2004), Corredor e Goñi (2011), Calvo-Mora et al. (2014a), Calvo-Mora et al. (2014b) Zu et al. (2010), Jayaram et al. (2010), Attri et al (2013), Prasanth et al. (2015), Jain, Bhatti e Singh (2014), Lucio, Jenkins e Noon (2000), Slack (2007) e Dennis (2008)
	Tempo de utilização do SS	A2	
	Tempo de utilização do LM	A3	
	Tempo de utilização do LSS	A4	
	Tempo de utilização do TPM	A5	
	Tempo de utilização do TQM	A6	
	Grau de importância da qualidade para a estratégia competitiva da unidade/empresa	A7	
B	Processo considerado em Controle Estatístico (CE)	B1	Coleman (2013), Korakianiti e Rekkas (2011), Snee (1990), Snee (1998), Makrymichalos et al. (2005), Santos (2006), Britz et al. (2000), e Krishnamoorthi (2010)
	Visão de processo está consolidada no nível de supervisão e gestão	B2	
	Visão de processo está consolidada nos operadores do processo principal	B3	
	Compreensão sobre variabilidade dos processos	B4	
	Compreensão sobre a quantificação e explicação da variação dos processos	B5	
	Análise de alta administração dos dados coletados, para representar um processo ou produto	B6	
	Medição da confiabilidade de dados por meio de técnicas como Análise do Sistema de Medição ou MAS	B7	
	Tomada de decisões com base em fatos e dados	B8	

Tipo	Descrição	Código	Autores principais
	Consideração de relações de causa e efeito nas análises de dados	B9	
	Entendimento de que a redução da variação de processos é crítica/importante para o desempenho da manufatura	B10	
C	Intensidade de uso TEB – Histograma	TEB1	Evans e Lindsay (2005), Dransfield, Fisher e Vogel (1999), Abraham (2005), Hare (2012), Hoerl e Snee (2010), Makrymichalos et al. (2005) e Toledo et al. (2014)
	Intensidade de uso TEB - Diagrama de Pareto	TEB2	
	Intensidade de uso TEB - Diagrama de Correlação	TEB3	
	Intensidade de uso TEB - Diagrama de Causa e Efeito	TEB4	
	Intensidade de uso TEB – Estratificação	TEB5	
	Intensidade de uso TEB - Folha de Verificação	TEB6	
	Intensidade de uso TEB - Análise de Regressão Simples	TEB7	
	Intensidade de uso TEB - Gráficos de Controle (Gráficos de Shewhart)	TEB8	
	Intensidade de uso TEB - Medição e Análise da Capacidade do Processo (CPk)	TEB9	
	Intensidade de uso TEB - Planos de Amostragem	TEB10	
D	Intensidade do uso da TEA - Planejamento de Experimentos (DOE – <i>Design of Experiments</i>)	TEA1	
	Intensidade do uso da TEA - Análise de Sistemas de medição	TEA2	
	Intensidade do uso da TEA - Análise de variância	TEA3	
	Intensidade do uso da TEA - Teste de Hipótese	TEA4	
	Intensidade do uso da TEA - Simulação de Processos e fluxos	TEA5	

Tipo	Descrição	Código	Autores principais
	Intensidade do uso da TEA - Análise de regressão múltipla	TEA6	
	Intensidade do uso da TEA - Técnicas de Análise Multivariada	TEA7	
E	Liderança para orientar, acompanhar e treinar as pessoas na aplicação rotineira de TE	O1	Dransfield, Fisher e Vogel (1999), Abraham (2005), Snee (1990), Hoerl e Snee (2012) e Makrymichalos et al. (2005)
	Clareza na orientação e exemplos sobre como aplicar as TE	O2	
	Alocação das pessoas que adquirem conhecimento de TE	O3	
F	Redução do Índice de não conformidades identificadas internamente à unidade/planta	R1	Coleman (2013), Korakianiti e Rekkas (2011), Snee (1990), Snee (1998), Makrymichalos et al. (2005) e Fisher e Vogel (1999), Abraham (2005), Hare (2012), Hoerl e Snee (2010)
	Redução do Índice de não conformidades identificadas no mercado (taxa de devolução de produto e/ou reclamações)	R2	
	Aumento no nível de satisfação dos clientes	R3	
	Redução nos custos da não qualidade	R4	
	Redução de ciclo (tempo) de produção	R5	
	Redução de custos de produção	R6	
	Aumento da produtividade	R7	
	Melhoria nos índices de capacidade do processo (CPk)	R8	
	Nível de satisfação dos tomadores de decisão (gestores)	R9	
	Os funcionários de nível operacional se sentem à vontade e motivados para aplicação de PE e TE	R10	
	Aumento do nível de compreensão dos processos e da capacidade para resolução de problemas, com a difusão e uso de PE e TE,	R11	

Tipo	Descrição	Código	Autores principais
	A contribuição do uso de PE e TE para a consolidação de Programas de Melhoria (Eventos <i>Kaizen</i> , <i>Seis Sigma</i> , <i>Lean</i> , TPM, entre outros)	R12	
	O nível de redução da variabilidade e de melhoria da estabilidade e da capacidade dos processos	R13	
	O aumento da preocupação com medir e compreender a variabilidade dos processos e investigar suas causas	R14	
	Mudança da cultura organizacional em prol da qualidade	R15	

Fonte: Elaborado pelo autor

Através do quadro 4.1 verifica-se que as variáveis agrupadas do grupo A se referem aos programas de melhoria e certificações, B são os princípios do Pensamento Estatístico, C são as técnicas estatísticas básicas, D técnicas estatísticas avançadas, E orientações relacionadas às técnicas estatísticas e F são as variáveis relacionadas ao desempenho operacional percebido médio dos últimos 3 anos e os benefícios subjetivos percebidos com a aplicação das TE e princípios do PE.

Além disso, verifica-se que há mais autores para as variáveis do grupo A, devido a esta ser formada em grande parte por variáveis que representam os programas de melhorias analisados no capítulo 2 e serem bem difundidos e objeto de estudo de diversas pesquisas.

A variável A1 representa o número de certificações. As variáveis A2 até A6 recebiam respostas relacionadas ao tempo de utilização dos programas de melhoria e apresentavam as repostas: Não possui; de 0 a 5 anos; de 5 a 10 anos, mais de 10 anos.

A variável A7 recebeu respostas do nível, alto, médio e baixo que foram convertidas para 1, 3 e 5 e serão utilizadas no item referente a análise de associação.

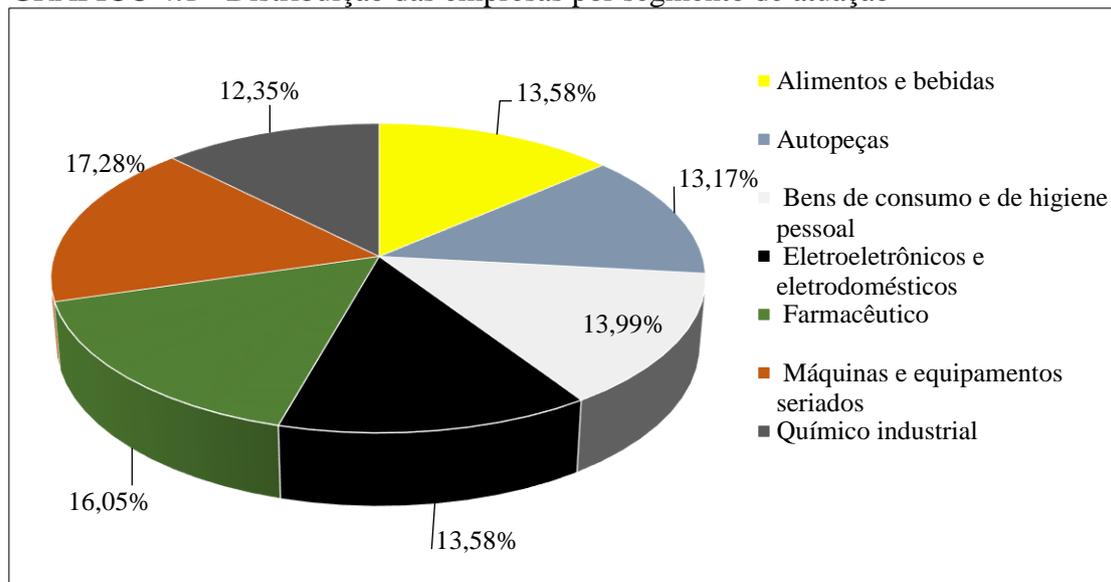
As variáveis do tipo B, C, D, E e F foram respondidas em escala *likert* com a seguinte escala de concordância e seus respectivos códigos:

- a) Nunca (ou: não) (1);
- b) Raramente (ou: pouco) (2);
- c) Algumas vezes (ou: medianamente) (3);
- d) Frequentemente (ou: fortemente) (4);
- e) Sempre (muito fortemente) (5).

4.1 Análise descritiva das empresas

O gráfico 4.1 apresenta a distribuição das empresas por segmento de atuação, verifica-se que a maior parte das empresas da amostra é do segmento de máquinas e equipamentos (17,28%), seguido pela indústria farmacêutica, (16,05%), bens de consumo e higiene pessoal (13,99%), alimentos/bebidas e Eletroeletrônicos/eletrodomésticos, ambos com (13,58%), autopeças (13,17%) e químico industrial com (12,35%). A diferença entre os 7 segmentos analisados é mínima, com uma variação entre o segmento com mais empresas e o menor é de 4,93%.

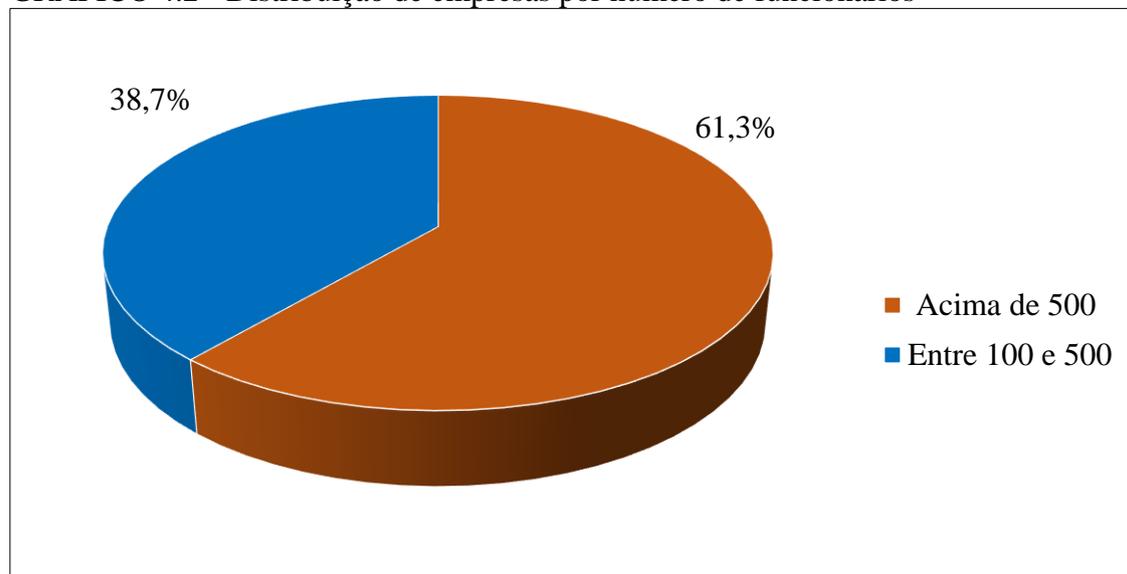
GRÁFICO 4.1 - Distribuição das empresas por segmento de atuação



Fonte: Elaborado pelos autor

No gráfico 4.2 está o porte das empresas segundo o número de funcionários. A maior parte da amostra (61,3%) é composta por empresas com mais de 500 funcionários. As empresas que possuem entre 100 e 500 representam 38,7 % do total.

GRÁFICO 4.2 - Distribuição de empresas por número de funcionários

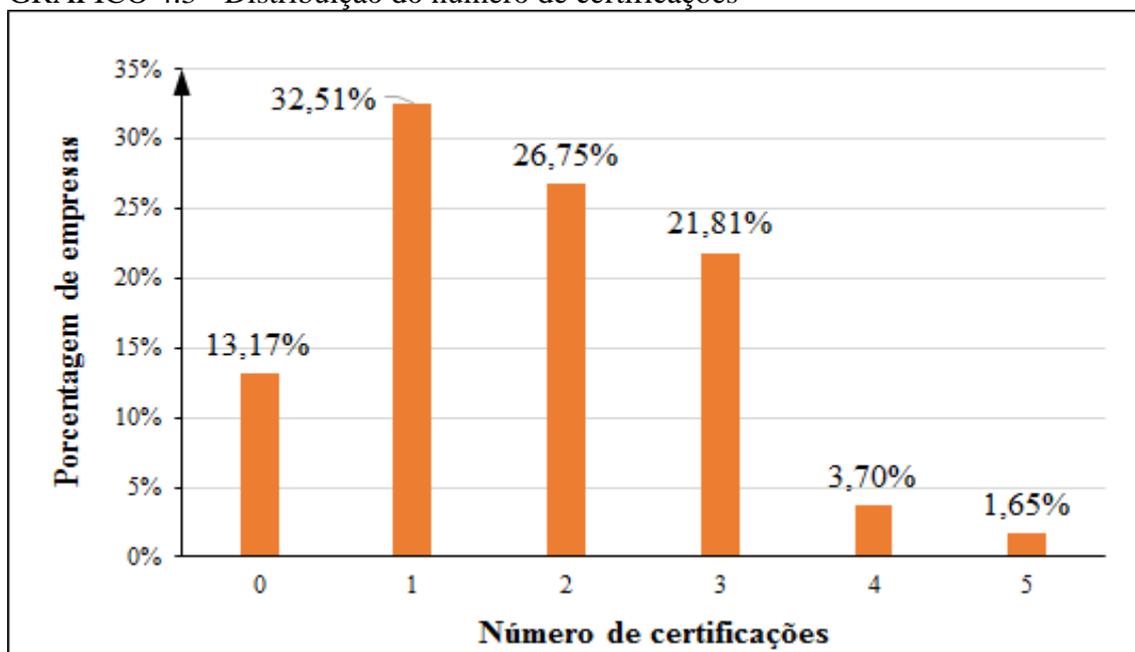


Fonte: Elaborado pelo autor

4.2 Análise descritiva das principais variáveis de pesquisa

O gráfico 4.3 apresenta o número de certificações para as empresas da amostra.

GRÁFICO 4.3 - Distribuição do número de certificações



Fonte: Elaborado pelo autor

Através do gráfico 4.3 percebe-se que aproximadamente 13,17% das empresas amostradas não possuem certificação, 32,51% possuem uma e 53,91% das empresas possuem entre 2 a 5 certificações. Como as empresas amostradas representam 7 segmentos industriais diferentes, não foi de interesse verificar os detalhes e requisitos técnicos relacionados a estas certificações e as vantagens que as mesmas podem proporcionar às empresas que as utilizam, pois, isto não faria parte do objetivo desta dissertação.

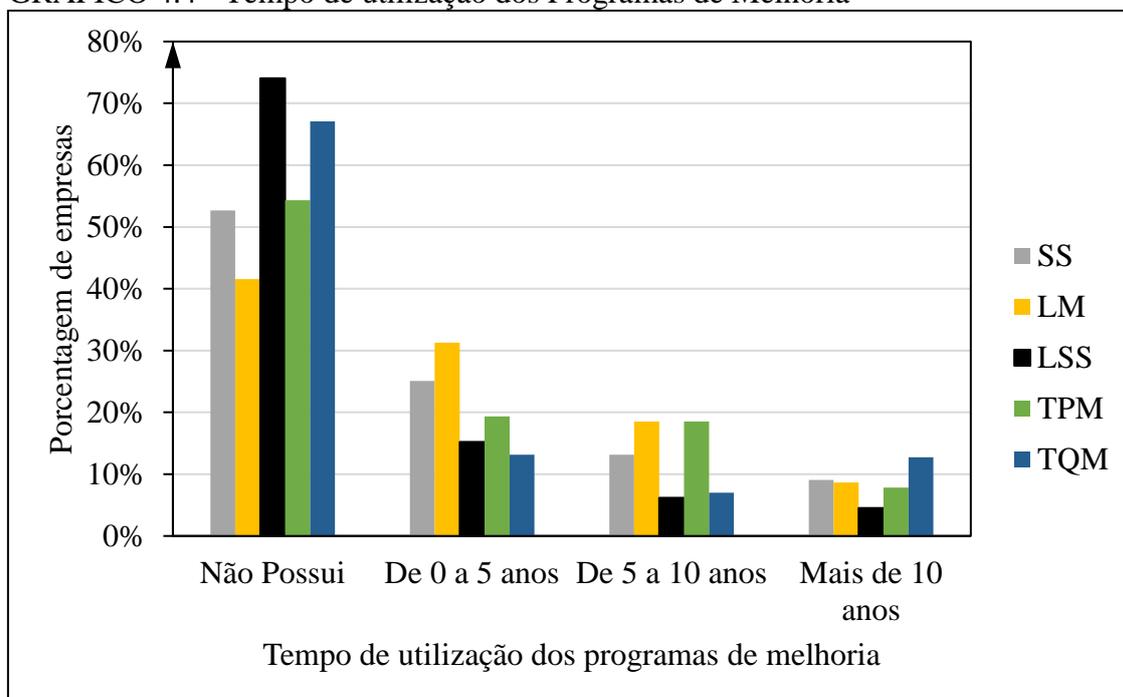
No gráfico 4.4 está o tempo de utilização dos programas de melhoria e verifica-se que a categoria “Não possui” obteve 55,62% das respostas das empresas, ou seja, mais da metade não utilizam os programas citados, contudo, uma empresa pode utilizar o LM e não usar o LSS, por exemplo. Desta maneira, verificou-se que a quantidade de empresas que não utilizam nenhum programa de forma simultânea é de 63, o que representa 25,92% da amostra.

Observa-se, ainda, que o LSS é o programa de melhoria menos utilizado com 74,05%, na categoria “Não possui”, acompanhado do TQM com 67,08%, todavia,

12,78% das empresas pesquisadas, utilizam a TQM há mais de 10 anos, maior porcentagem entre os programas para este período.

Na categoria “De 0 a 5 anos” 22,29% das empresas estão usando estes programas neste período, sendo o *Lean Manufacturing* o programa mais utilizado com 31,28% das empresas.

GRÁFICO 4.4 - Tempo de utilização dos Programas de Melhoria



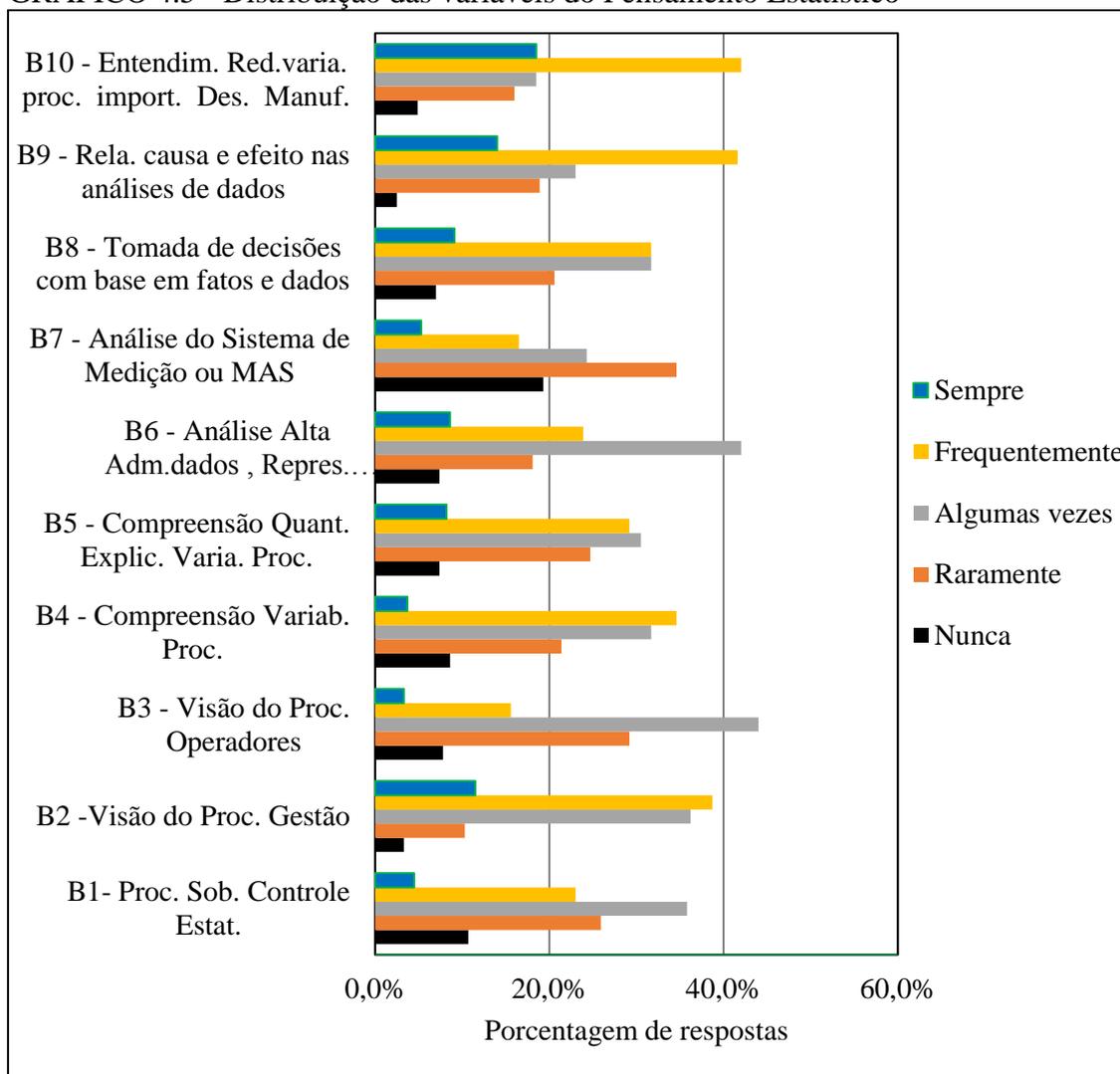
Fonte: Elaborado pelo autor

Os programas de melhoria mais utilizados (somando-se todos os tempos de utilização) são o LM com 58,44% das empresas da amostra, 47,33% usam o SS, 45,68% o TPM, 32,92% o TQM e 25,93% o LSS.

O gráfico 4.5 apresenta às variáveis tipo B (utilização do Pensamento Estatístico) onde as categorias de respostas mais escolhidas pelas empresas são “Algumas vezes” e “Frequentemente”, com 31,77% e 29,68% respectivamente.

Além disso, na categoria “Algumas vezes”, as respostas foram predominantes para a variável que representa o estabelecimento da visão de processo dos colaboradores de nível operacional, (43,00% das respostas) e processos estarem em estado de controle estatístico de processos (35,00%).

GRÁFICO 4.5 - Distribuição das variáveis do Pensamento Estatístico



Fonte: Elaborado pelo autor

Através do gráfico 4.5 ao se considerar as empresas que responderam positivamente (respostas na categoria “Frequentemente” somadas as respostas na categoria “Sempre”) destaca-se que 60,5% dos entrevistados reconhecem o entendimento de que a redução da variação de processos é crítica/importante para o desempenho da manufatura (B10), 55,6% consideram a importância das relações de causa e efeito nas análises de dados (B9) e 50,2% reconhecem a consolidação da visão de processo no nível de supervisão e gestão (B2).

Apesar disso, ao se considerar as empresas que responderam negativamente (respostas na categoria “Raramente” somadas as respostas na categoria “Nunca”) verifica-se que 53,90% das empresas não realizam a medição da confiabilidade de dados (B7), 37,00% consideram que a visão de processo não está consolidada para os operadores

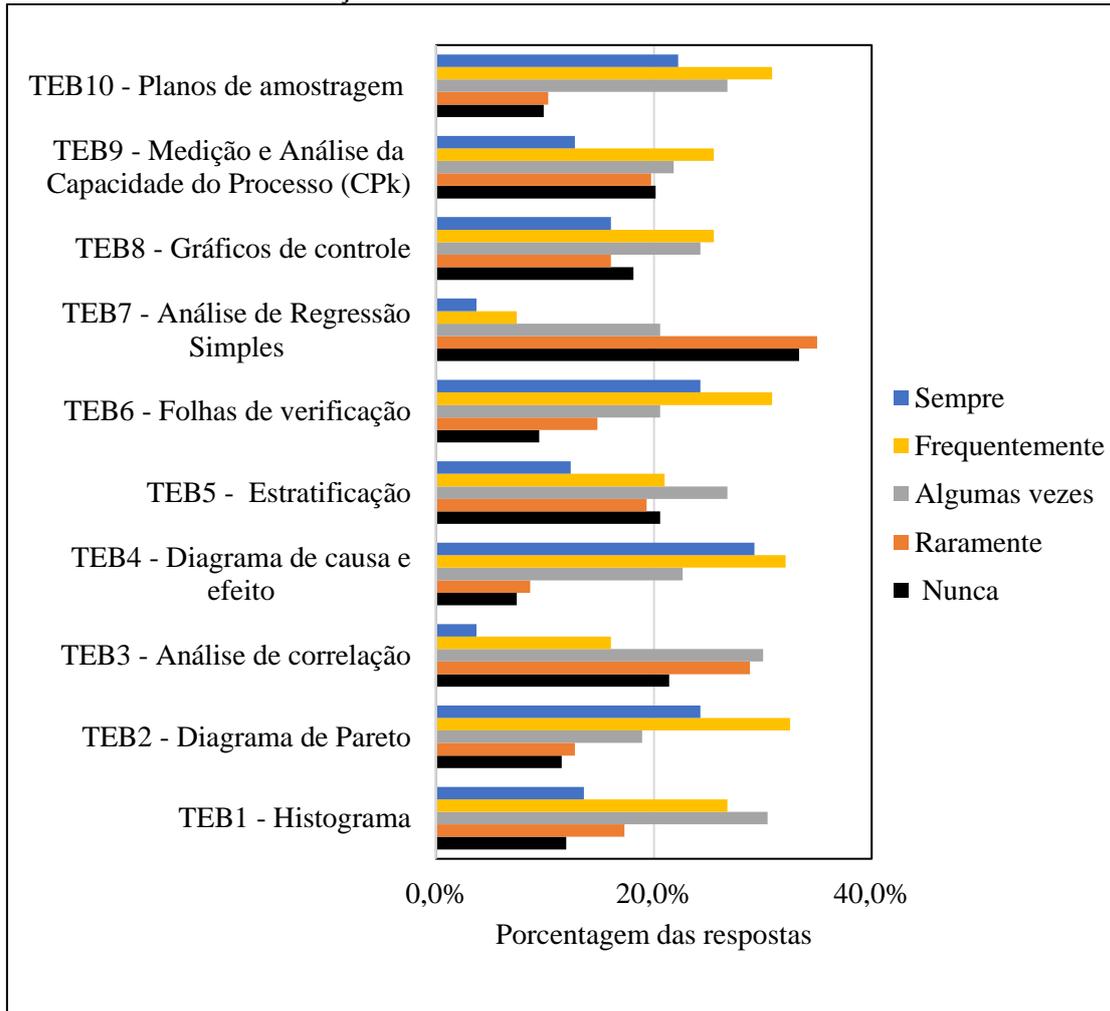
do processo principal (B3) e 36,6% não reconhecem que o processo pode ser considerado em Controle Estatístico (CE).

Inferese assim que apesar de reconhecer a variação como elemento intrínseco aos processos, as empresas não analisam os dados de forma quantitativa, possuem processos influenciados por causas especiais e comuns de variação e os funcionários de nível operacional não possuem visão ampla dos processos.

O gráfico 4.6 e a tabela 4.1 apresentam às respostas para as Técnicas Estatísticas Básicas (TEB), analisando as TEB mais utilizadas (respostas na categoria “Frequentemente” somadas as respostas na categoria “Sempre”), 61,32% das empresas usam o Diagrama de Causa e Efeito (TEB4), 56,79% empregam o Diagrama de Pareto (TEB2) e 55,14% das empresas utilizam as Folhas de Verificação (TEB6). Em relação as TEB menos utilizadas, 68,31% das empresas não usam as Folhas de Verificação (TEB7), 50,21% não empregam a Análise de Correlação (TEB3) e 39,92% não fazem a Medição e Análise de Capabilidade do Processo (TEB9).

Além disso, verifica-se que 41,07% das empresas escolheram as categorias de respostas “Sempre” e “Frequentemente” e 34,65% escolheram as categorias “Raramente” e “Nunca”, isto demonstra que de forma geral, as TEB são utilizadas.

GRÁFICO 4.6 - Distribuição das variáveis Técnicas Estatísticas Básicas



Fonte: Elaborado pelo autor

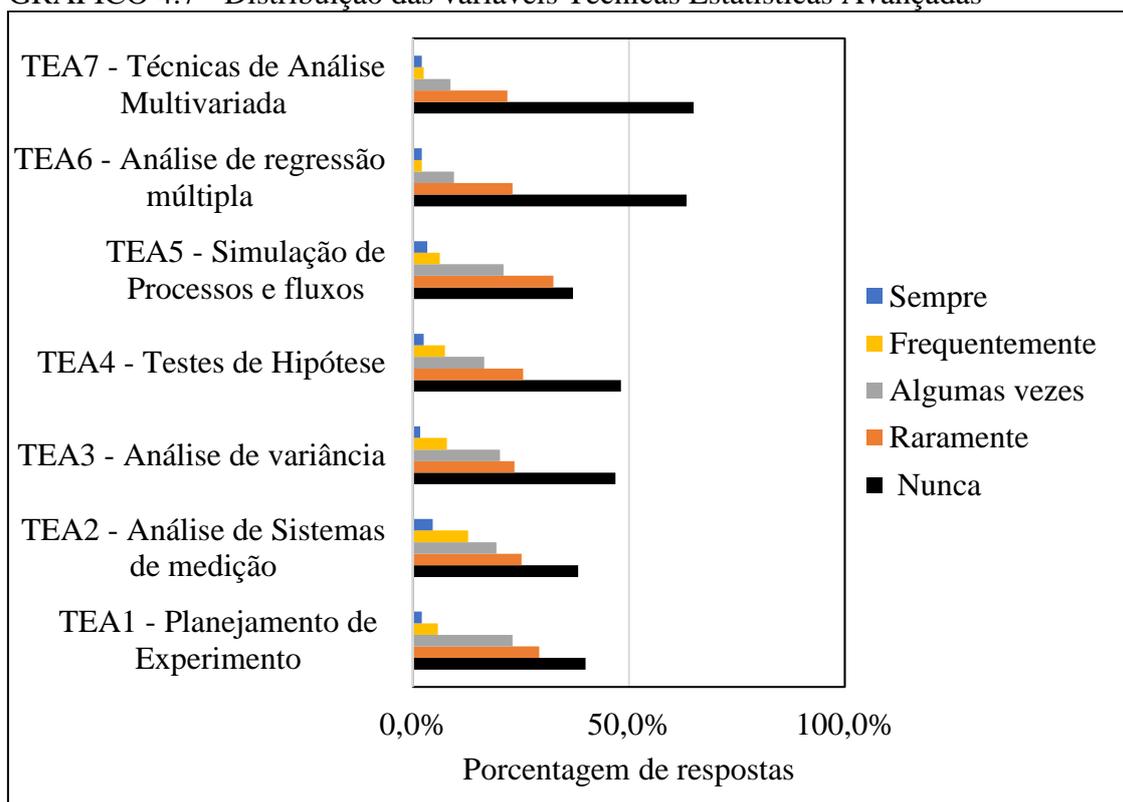
TABELA 4.1 - Distribuição das respostas das variáveis TEB

Respostas	TEB1 - Hist	TEB2 – D. Pareto	TEB3 – Ana. Corr.	TEB4 – Diag. Caus. Ef.	TEB5 - Estra.	TEB6 - Folhas de verificação	TEB7 - Análise de R.Simp.	TEB8 - Gráficos de controle	TEB9 – Med. Ana. Cap. Proc. (CPk)	TEB10 - Planos de amostragem
Nunca	11,93%	11,52%	21,40%	7,41%	20,58%	9,47%	33,33%	18,11%	20,16%	9,88%
Raramente	17,28%	12,76%	28,81%	8,64%	19,34%	14,81%	34,98%	16,05%	19,75%	10,29%
Algumas vezes	30,45%	18,93%	30,04%	22,63%	26,75%	20,58%	20,58%	24,28%	21,81%	26,75%
Frequentemente	26,75%	32,51%	16,05%	32,10%	20,99%	30,86%	7,41%	25,51%	25,51%	30,86%
Sempre	13,58%	24,28%	3,70%	29,22%	12,35%	24,28%	3,70%	16,05%	12,76%	22,22%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor

O gráfico 4.7 apresenta as Técnicas Estatísticas Avançadas e de forma geral, estas são pouco utilizadas, devido a predominância de respostas nas categorias “Raramente” e “Nunca” com 74,19% e apenas 8,94% das respostas estão na categoria “Sempre” e “Frequentemente”. As TEA menos utilizadas são as Técnicas de Análise Multivariadas (TEA7) com 86,83% das respostas e Análise de Regressão Linear (TEA6) com 86,42%.

GRÁFICO 4.7 - Distribuição das variáveis Técnicas Estatísticas Avançadas

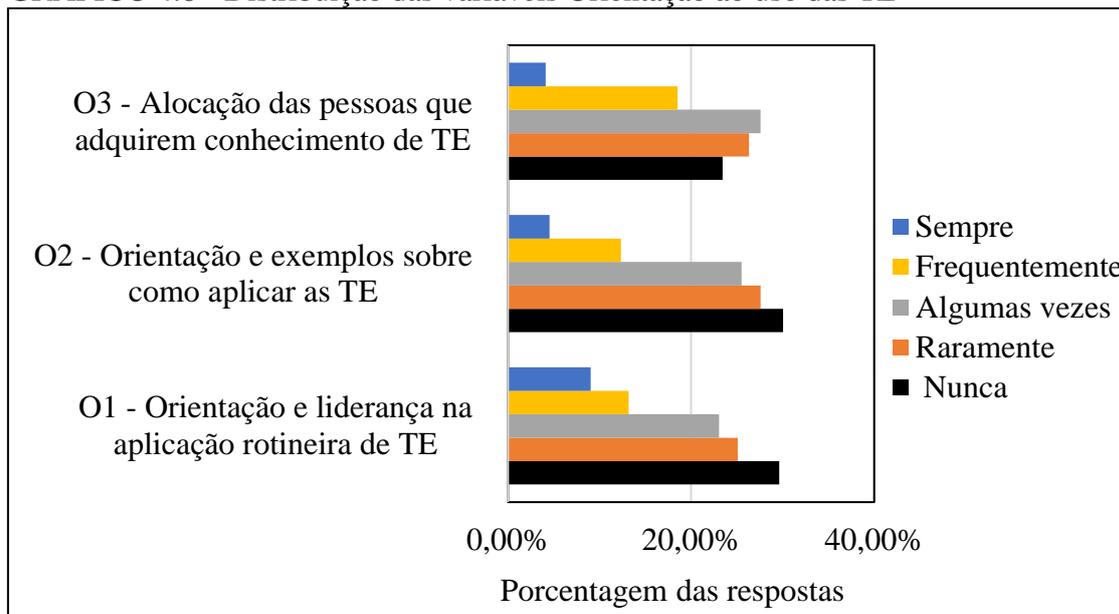


Fonte: Elaborado pelo autor

O gráfico 4.8 apresenta as variáveis do tipo E, que são relacionadas com orientação ao uso das TE. Verifica-se que para 57,61% das empresas não há orientação de exemplos de aplicação das TE (O2), para 54,73% das empresas não existe orientação e liderança para o uso das TE (O1) e 49,79% não realizam a alocação dos funcionários que adquirem algum conhecimento com o uso das TE (O3).

Ao verificar que 54,05% das respostas estão nas categorias “Nunca” e “Raramente”, é possível inferir que as empresas não conseguem orientar e liderar os funcionários no emprego das TE. Além disso, não conseguem promover a ampliação do conhecimento no manuseio das TE, devido a incapacidade de alocar os funcionários que adquirem algum conhecimento com a utilização destas técnicas.

GRÁFICO 4.8 - Distribuição das variáveis Orientação ao uso das TE



Fonte: Elaborado pelo autor

O gráfico 4.9 e a tabela 4.2 apresentam as variáveis do tipo F, que se referem ao desempenho operacional médio dos últimos 3 anos e os resultados subjetivos percebidos com a aplicação das TE e princípios do PE.

Ao se considerar as empresas que responderam positivamente (respostas na categoria “Frequentemente” somadas as respostas na categoria “Sempre”) destaca-se que para 41,98% das empresas houve aumento da preocupação em medir e compreender a variabilidade dos processos e investigar suas causas (R14). Para 39,92% dos entrevistados suas empresas conseguiram obter aumento no nível de satisfação dos clientes (R3). Para 39,09% das empresas foi possível obter aumento da produtividade (R7). Além disso, 37,45% das empresas conseguiram reduzir os índices de devolução de produto e/ou reclamações (R2) e para 37,04% foi possível obter redução nos custos da não qualidade (R4).

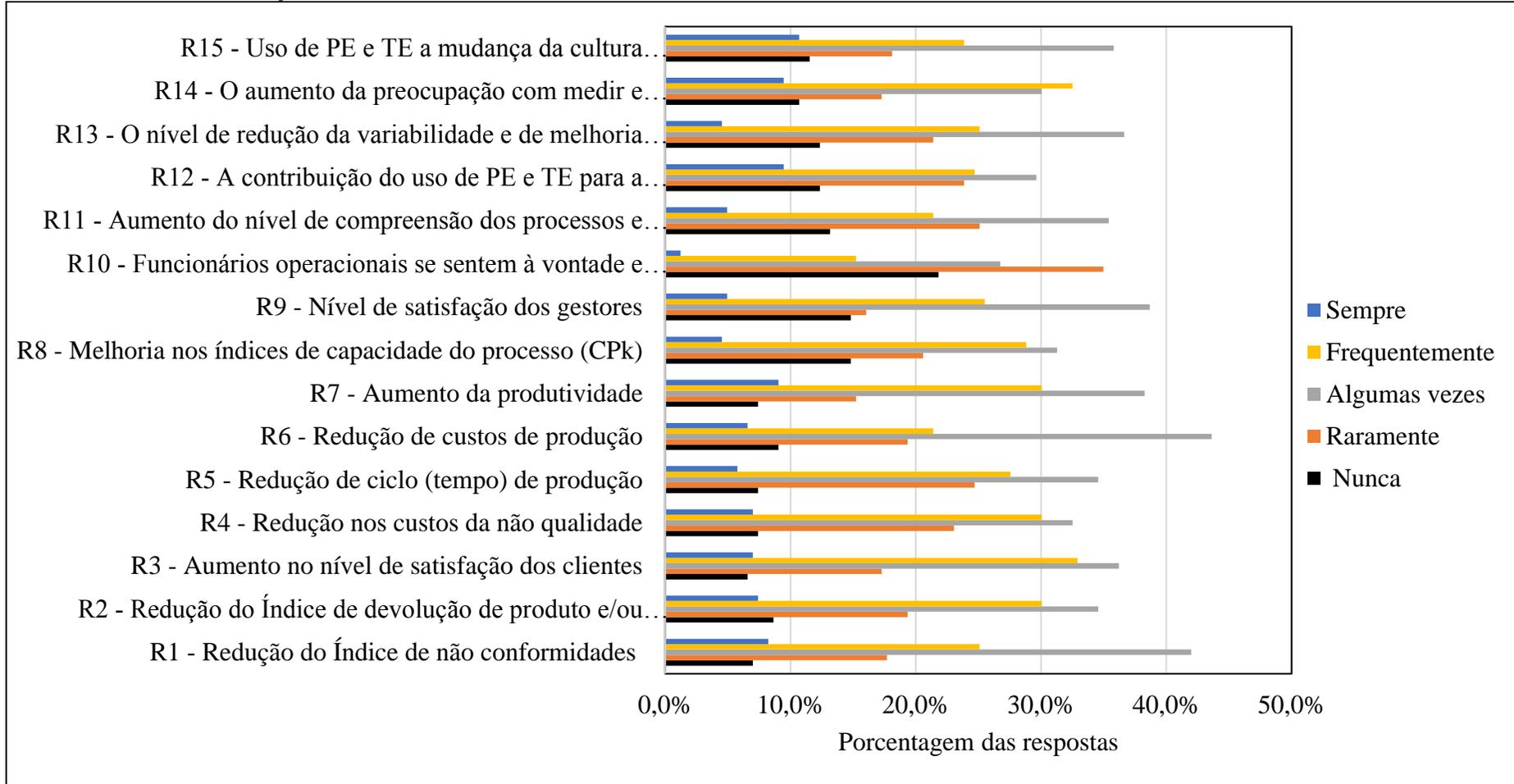
De forma contrária, ao se considerar as empresas que responderam negativamente (respostas na categoria “Nunca” somadas as respostas na categoria “Raramente”), ressalta-se que para 56,79% das empresas os funcionários operacionais não se sentem à vontade e motivados para aplicação de PE e TE (R10). Para 38,27% das empresas não foi possível obter aumento do nível de compreensão dos processos e da capacidade para resolução de problemas, com a difusão e uso de PE e TE (R11). Para 36,21% das empresas não foi possível compreender a contribuição do uso de PE e TE para a consolidação de Programas de Melhoria (R12). Para 35,39% das empresas não foi possível obter aumento

nos índices de capacidade do processo (CPk) (R8) e para 33,74% não foi possível reduzir o nível da variabilidade e obter aumentos na estabilidade dos processos (R13).

Além disso, de forma geral verifica-se que 31,93% das respostas estão nas categorias “Nunca” e “Raramente” e 33,00% estão nas categorias “Sempre” e “frequentemente”

Através da análise do gráfico 4.9 e da tabela 4.2 infere-se que as empresas conseguiram obter aumento em indicadores importantes como satisfação dos clientes, produtividade e qualidade dos produtos, além de haver uma maior preocupação em compreender a variabilidade dos processos. Apesar disso, percebe-se que não há maior difusão no uso do PE e TE, compreensão dos processos e da contribuição do PE e TE para os programas de melhoria. Assim as empresas de certa forma, mesmo sem fundamentação dos conceitos de PE e TE, conseguiram perceber um aumento em alguns indicadores operacionais.

GRÁFICO 4.9 - Distribuição das variáveis de Resultado



Fonte: Elaborado pelo autor

TABELA 4.2 - Distribuição das variáveis R

Respostas	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15
Nunca	7,00%	8,64%	6,58%	7,41%	7,41%	9,05%	7,41%	14,81%	14,81%	21,81%	13,17%	12,35%	12,35%	10,70%	11,52%
Raramente	17,70%	19,34%	17,28%	23,05%	24,69%	19,34%	15,23%	20,58%	16,05%	34,98%	25,10%	23,87%	21,40%	17,28%	18,11%
Algumas vezes	41,98%	34,57%	36,21%	32,51%	34,57%	43,62%	38,27%	31,28%	38,68%	26,75%	35,39%	29,63%	36,63%	30,04%	35,80%
Frequentemente	25,10%	30,04%	32,92%	30,04%	27,57%	21,40%	30,04%	28,81%	25,51%	15,23%	21,40%	24,69%	25,10%	32,51%	23,87%
Sempre	8,23%	7,41%	7,00%	7,00%	5,76%	6,58%	9,05%	4,53%	4,94%	1,23%	4,94%	9,47%	4,53%	9,47%	10,70%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor

O quadro 4.2 apresenta a síntese das informações da análise descritiva. Destaque –se que 25,92% das empresas não utilizam qualquer programa de melhoria de forma, 32,51% possuem 1 certificado. As técnicas mais utilizadas são as básicas com destaque para o Diagrama de Causa e Efeito (usada por 61,32% das empresas) e Diagrama de Pareto (usada por 56,79% das empresas).

De forma geral, as empresas não analisam os dados de forma quantitativa, possuem processos influenciados por causas especiais e comuns de variação e os funcionários de nível operacional não possuem visão ampla dos processos. Além disso, as empresas não conseguem realizar uma orientação adequada no uso das TE, todavia, mesmo sem fundamentação dos conceitos de PE e TE, as empresas conseguiram perceber aumento em alguns indicadores, como na satisfação dos clientes e produtividade. Estes resultados, de forma indireta, auxiliam no alcance do objetivo deste trabalho que é analisar o nível de presença dos princípios do PE e das TE nos programas de melhoria e os resultados percebidos com o uso destes programas em uma amostra de empresas industriais do Estado de São Paulo.

QUADRO 4.2 - Síntese da análise descritiva

	Observações majoritárias	Observações minoritárias	Outras observações
Segmento industriais	Máquinas e Equipamento seriados - 17,28% da amostra	Químico Industrial - 12,35% da amostra	7 segmentos industriais A diferença da quantidade de empresas entre os segmentos com mais e menos empresas é de 4,93%.
Porte das empresas	Empresas com mais de 500 funcionários - 61,3% da amostra	Empresas entre 100 a 500 funcionários - 38,7% da amostra	Apenas empresas de grande e médio porte foram analisadas
Número de certificações	32,51% das empresas possuem 1 certificado	1,65% das empresas possuem 5 certificados	13,17% das empresas não possuem certificado
Programas de melhoria	58,44% das empresas usam o LM. 47,33% utilizam o SS.	74,05% das empresas não utilizam o LSS	55,62% das empresas podem utilizar um programa e não utilizar outro. 25,92% das empresas não utilizam qualquer programa melhoria.
Pensamento Estatístico	60,5% reconhecem o entendimento de que a redução da variação de processos é crítica/importante para o desempenho da manufatura (B10),	53,90% das empresas não realizam a medição da confiabilidade de dados (B7)	As empresas não analisam os dados de forma quantitativa, possuem processos influenciados por causas especiais e comuns de variação e os funcionários de nível operacional não possuem visão ampla dos processos.
TEB	61,32% das empresas usam o Diagrama de Causa e Efeito (TEB4). 56,79% empregam o Diagrama de Pareto (TEB2).	68,31% das empresas não usam as Folhas de Verificação (TEB7), 50,21% não empregam a Análise de Correlação (TEB3).	41,07% das empresas escolheram as categorias de respostas “Sempre” e “Frequentemente”. 34,65% escolheram as categorias “Raramente” e “Nunca”
TEA	São pouco utilizadas, devido a predominância de respostas nas categorias “Raramente” e “Nunca” com 74,19%		
Orientação ao uso das TE	57,61% das empresas não há orientação de exemplos de aplicação das TE (O2). 54,73% das empresas não há orientação e liderança para o uso das TE (O1). 49,79% não realizam a alocação dos funcionários que adquirem algum conhecimento com o uso das TE (O3).		

	Observações majoritárias	Observações minoritárias	Outras observações
Resultados percebidos	<p>Para 41,98% das empresas houve aumento da preocupação em medir e compreender a variabilidade dos processos e investigar suas causas (R14).</p> <p>Para 39,92% dos entrevistados suas empresas conseguiram obter aumento no nível de satisfação dos clientes (R3)</p>	<p>Para 56,79% das empresas os funcionários operacionais não se sentem à vontade e motivados para aplicação de PE e TE (R10).</p> <p>Para 38,27% das empresas não foi possível obter aumento do nível de compreensão dos processos e da capacidade para resolução de problemas, com a difusão e uso de PE e TE (R11)</p>	<p>Mesmo sem fundamentação dos conceitos de PE e TE, as empresas conseguiram perceber um aumento em alguns indicadores operacionais.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor

5 ANÁLISE MULTIVARIADA DOS DADOS

A análise multivariada dos dados foi realizada por meio da análise fatorial, análise de cluster utilizando o software SPSS® (*Statistic Package for Social Study*, versão 19.0).

A análise de associação foi utilizada pelo mesmo software.

Este capítulo está dividido em 4 itens principais, os quais descrevem os métodos para a análise e obtenção dos resultados:

- a) Conceitos de análise multivariada;
- b) Análise fatorial;
- c) Análise de cluster;
- d) Análise de associação.

5.1 Conceitos de análise multivariada

Segundo Bakke, Leite e Silva (2008) apud Johnson e Wichern (1992) os métodos multivariados podem ser utilizados para redução de dados, simplificação estrutural, classificação e agrupamento de variáveis além da análise entre a dependência das mesmas.

A análise multivariada se refere a todos os métodos estatísticos que no mesmo instante, analisam múltiplas medidas sobre cada indivíduo ou objeto de investigação. Assim, as análises de no mínimo duas variáveis realizada de forma síncrona, pode ser considerada uma análise multivariada. (HAIR, et al., 2005)

De acordo com Hair et al. (2005) a análise multivariada pode ser representada como uma combinação linear de variáveis, as quais recebem “pesos” que são empiricamente determinados, conforme observado na relação 5.1:

$$\text{Valor da variável estatística} = w_1X_1 + w_2X_2 + w_3X_3 + \dots + w_nX_n \quad (5.1)$$

Sendo:

X_i – Variável estatística escolhida $\forall 1 \leq i \leq n$

w_i – Peso estabelecido de acordo com a técnica multivariada escolhida

$\forall 1 \leq i \leq n$

As variáveis são determinadas pelo pesquisador e os pesos das mesmas são atribuídos de acordo com a técnica estatística utilizada. (HAIR, et al., 2005)

Desta forma, é possível obter a relação que sintetize a combinação das variáveis dentro da amostra de dados coletados. (MINGOTI, 2005).

Para Hair et al. (2005), as técnicas multivariadas mais adequadas para se entender a relação de dependência das variáveis são: modelagem de equações estruturais (mee), análise de correlação canônica, análise multivariada de variância, regressão múltipla, análise conjunta, análise discriminante múltipla e modelos lineares de probabilidade.

As técnicas mais adequadas para se entender a relação de independência entre as variáveis são: Análise fatorial, Análise de componentes principais, análise de *cluster*, escalonamento multidimensional e análise de correspondência. (HAIR, et al., 2005)

Nesta dissertação são utilizadas a análise fatorial e análise de *cluster*

5.2 Análise fatorial

A análise fatorial utiliza os valores latentes das relações lineares para se identificar um número reduzido de variáveis, não correlacionadas, as quais podem explicar o comportamento de grande número de variáveis correlacionadas. (MINGOTI, 2005)

A análise fatorial foi utilizada como forma de redução de 45 variáveis de pesquisa para 6 fatores, sendo estes inputs para a análise de *cluster*. São 52 variáveis de pesquisa, contudo, foram utilizadas 45 para a análise fatorial e as 7 restantes (variáveis tipo A), foram utilizadas para a análise de *cluster*.

A análise fatorial é uma técnica multivariada que identifica fatores comuns, os quais representam relações entre um grande número de variáveis inter-relacionadas. (FÁVERO et al., 2009)

Para Pestana e Gageiro (2008) a análise fatorial faz a redução das variáveis correlacionadas em fatores comuns, possibilitando assim, melhor interpretação dos dados.

A análise fatorial realiza o agrupamento de variáveis ou colunas de um banco de dados, onde, as variáveis dentro dos fatores são correlacionadas entre si e fracamente correlacionadas com as de outros fatores. (JOHNSON; WICHERN, 2007).

Os fatores sintetizados pela aplicação da técnica podem ser representados conforme as relações a seguir: (FÁVERO et al., 2009)

$$F_1 = d_{11}X_1 + d_{12}X_2 + \dots + d_{1m}X_i \quad (5.2)$$

$$F_1 = d_{21}X_1 + d_{22}X_2 + \dots + d_{2m}X_i \quad (5.3)$$

•
•
•

$$F_m = d_{m1}X_1 + d_{m2}X_2 + \dots + d_{mi}X_i \quad (5.4)$$

Onde:

F_m são os fatores comuns

d_m são os coeficientes dos escores (pesos) fatoriais

X_i representam as variáveis originais

Para Fávero et al. (2009) a aplicação da análise fatorial pode ser dividida nas seguintes etapas:

- a) Adequação da utilização da análise fatorial;
- b) Extração dos fatores iniciais;
- c) Determinação do número de fatores;
- d) Rotação dos fatores;
- e) Interpretação dos fatores.

5.2.1 Adequação da utilização da análise fatorial

Para verificar se a análise fatorial é adequada, o primeiro estágio é a análise da Matriz de correlações, que é realizada para verificar se existem valores significativos para utilizar a técnica, caso contrário, são necessárias adequações nas variáveis

A matriz de correlações faz a medição da associação linear entre as variáveis, através da correlação de Pearson. Na matriz de correlações é necessária a existência de uma quantidade significativa de variáveis que obtenham valores superiores a 0,30, caso isto não ocorra, há fortes indícios de ser inadequada a aplicação da análise fatorial. (HAIR et al., 2005)

A tabela A1, do Apêndice A, é formada por 990 números, destes, 886 são maiores que 0,3. Isto equivale a 89,49% da quantidade total. Desta forma, pela análise da matriz de correlações, a utilização da análise fatorial é adequada.

Outro estágio da adequação da utilização da análise fatorial é a Análise da estatística KMO (Kaiser – Meyer – Olkin) e Teste de Esfericidade de Bartlett. Estes testes são utilizados para aferir a existência de correlações significativas entre as variáveis.

O Teste de Esfericidade de Bartlett (TEBar) é realizado a fim de avaliar a hipótese de que a matriz das correlações pode ser a matriz identidade (relação 5.5) com determinante igual a 1. (FÁVERO et al., 2009)

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (5.5)$$

Caso esta hipótese (hipótese nula) seja verdadeira, as inter-relações entre as variáveis são iguais a 0, ou seja, uma variável só possui correlação com ela mesma e não com as outras, desconsiderando desta forma, a possibilidade de utilizar a análise fatorial. (FÁVERO et al., 2009)

Para Hair et al. (2005) se a hipótese nula (matriz é identidade) for aceita com um nível de significância maior que 0,05, os dados são inadequados para a aplicação da análise fatorial, devido a inexistência de correlação entre as variáveis.

Além da realização do TEBar, é necessário a realização do teste da estatística KMO (Kaiser – Meyer – Olkin), cujo objetivo é verificar a adequação da amostra quanto ao grau de correlação entre as variáveis. Através da análise da estatística KMO é possível verificar “quanto cada variável é perfeitamente prevista por outras sem erro”. (HAIR et al., 2005)

Os valores para a estatística KMO são apresentados na tabela 5.1.

TABELA 5.1 - Classificação dos valores de KMO

KMO	Análise Fatorial
1 - 0,9	Muito boa
0,9 - 0,8	Boa
0,8 - 0,7	Média
0,7 - 0,6	Razoável

KMO	Análise Fatorial
0,6 - 0,5	Má
< 0,5	Inaceitável

Fonte: Fávero et al. (2009)

A tabela 5.2 apresenta valores do nível de significância do TEBar menor que 0,05 (p -value = 0,000) levando a rejeição da hipótese nula (matriz de correlações ser a identidade).

Ainda segundo a tabela 5.2, o valor de KMO é 0,943, sendo considerando muito bom, conforme a tabela 5.1. Desta forma, observa-se que através dos valores para o TEBar e do KMO, a aplicação da análise fatorial é adequada para os dados.

TABELA 5.2 - Valores obtidos de KMO e do teste de Esfericidade de Bartlett na amostra

KMO e Teste de Esfericidade de Bartlett		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem		0,943
Teste de esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	9234,44
	df	990
	Sig.	0,000

Fonte: Fonte adaptado do Software SPSS

Além de verificar a adequação da análise fatorial nos 2 estágios anteriores, é necessário a análise da Matriz Anti – imagem, que identifica se existe necessidade de eliminação de alguma variável do modelo.

De acordo com Fávero et al. (2009), a Matriz Anti – imagem de variâncias – covariâncias e de correlações apresenta os valores negativos, os quais estimam as correlações entre as variáveis que não decorrem dos fatores comuns. Na Matriz Anti – imagem de correlações os valores da diagonal principal também representam uma medida de adequação dos dados em relação a análise fatorial, esta medida é denominada de MAS (Medida de Adequação da Amostra), para cada variável.

Os valores da diagonal principal da matriz de correlações, menores que 0,5, indicam que estas variáveis não se ajustam à estrutura pelas outras variáveis, necessitando assim, serem eliminadas. (MAROCO, 2007)

A tabela A2 do apêndice A apresenta valores da diagonal principal da matriz Anti – imagem de correlações, maiores que 0,5, demonstrando que a análise fatorial é adequada.

5.2.2 Extração dos fatores iniciais

Neste estágio é realizada a extração dos fatores necessários para descrever adequadamente os dados. Entre os métodos de extração existentes, se destacam a Análise de Componentes Principais (ACP) e Análise dos Fatores Comuns (AFC).

Segundo Hair et al. (2005) a ACP determina o número mínimo de fatores que explicam a parte máxima da variância do conjunto original de variáveis da matriz de correlação. A ACP abrange a variância total dos dados (inclui a variância comum, específica e de erro).

A variância comum está relacionada com as variáveis compartilhadas com todas as variáveis da análise, a específica abrange a variância que é compartilhada com uma variável particular. A variância de erro é responsável pela não – confiabilidade no processo de extração dos fatores. (HAIR et al.,2005)

De forma contrária, a AFC determina fatores que são resultados da variância comum, assim os fatores gerados não abrangem a variância específica e de erro. (HAIR et al.,2005)

A análise de componentes principais determina o número de fatores que compreendem a parte máxima da variância. A análise de fatores comuns pode extrair fatores diferentes para cada análise, devido ao compartilhamento de variâncias com cada variável, desta maneira, os cálculos podem ser mais demorados. (HAIR et al.,2005)

Assim, pela simplicidade e rapidez na extração do número de fatores que abrangem a variância total significativa para todas as variáveis da análise, neste trabalho foi utilizada a ACP.

Para a extração dos fatores na ACP é necessário verificar os coeficientes de comunalidade das variáveis, os quais indicam a quantidade de variância que uma variável compartilha com outras variáveis da análise. (HAIR et al., 2005; PESTANA; GAGEIRO, 2008)

De acordo com Hair et al. (2005), os coeficientes de comunalidade podem variar entre 0 e 1, sendo 0 para os fatores comuns que não explicam qualquer variação entre as variáveis medidas e 1 para fatores que explicam toda a variância desta variável e 0,5 o valor mínimo de comunalidade, para a variável não ser descartada.

De acordo com a tabela 5.3, observa-se que todas as variáveis possuem valores de comunalidade acima de 0,5, ou seja, 45 variáveis para a análise fatorial são explicadas em mais de 50%, pelos valores extraídos, desta maneira, todas as variáveis são relevantes para a formação dos fatores.

TABELA 5.3 - Valores das comunalidades

Comunalidades		
Variável	Inicial	Extração
B1	1,000	,583
B2	1,000	,663
B3	1,000	,566
B4	1,000	,718
B5	1,000	,738
B6	1,000	,634
B7	1,000	,726
B8	1,000	,650
B9	1,000	,725
B10	1,000	,656
TEB1	1,000	,675
TEB2	1,000	,744
TEB3	1,000	,629
TEB4	1,000	,648
TEB5	1,000	,659
TEB6	1,000	,574
TEB7	1,000	,630
TEB8	1,000	,605
TEB9	1,000	,602
TEB10	1,000	,631
TEA1	1,000	,651
TEA2	1,000	,689
TEA3	1,000	,674
TEA4	1,000	,688
TEA5	1,000	,567
TEA6	1,000	,822
TEA7	1,000	,801
O1	1,000	,688
O2	1,000	,777

Comunalidades		
Variável	Inicial	Extração
O3	1,000	,680
R1	1,000	,791
R2	1,000	,751
R3	1,000	,787
R4	1,000	,766
R5	1,000	,733
R6	1,000	,781
R7	1,000	,710
R8	1,000	,650
R9	1,000	,746
R10	1,000	,630
R11	1,000	,816
R12	1,000	,747
R13	1,000	,807
R14	1,000	,769
R15	1,000	,786

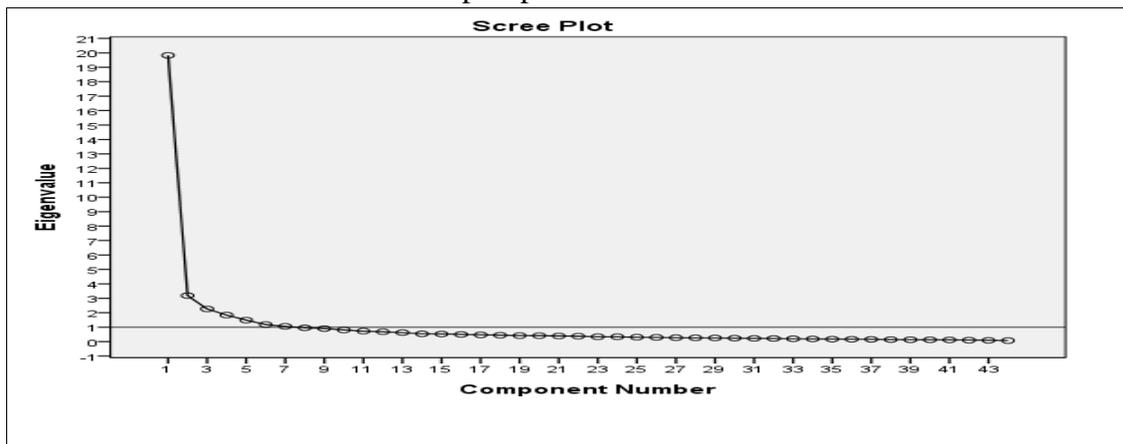
Fonte: Adaptado do Software SPSS

Para a determinação do número de fatores foi utilizado o critério da raiz latente, cujo objetivo é determinar o número de fatores através dos autovalores (*eigenvalues*) que sejam superiores a 1. (HAIR et al., 2005)

De acordo com a tabela A3 do apêndice A, observa-se que ao utilizar o critério da raiz latente, 7 componentes são mantidos, representando um poder de explicação dos dados originais de 69,70 %. Segundo Hair et al, (2005) pesquisas relacionadas às ciências sociais devem explicar pelo menos 60% da variância total.

Além disso, o número de fatores pode ser determinado através do gráfico *Scree - plot*, que representa autovalores por número de componentes. No gráfico 5.1 observa-se 7 fatores extraídos os quais são destacados na linha que intercepta os pontos do gráfico.

GRÁFICO 5.1 - Gráfico de Scree - plot para os fatores obtidos



Fonte: Adaptado do Software SPSS

Utilizado para facilitar a interpretação dos fatores, o método de rotação fatorial Varimax, realiza a atribuição para cada variável de uma carga elevada para um fator específico, distribuindo as cargas menores para os demais fatores, desta maneira, há uma separação mais clara dos fatores. (HAIR et al., 2005)

Para se manter em um determinado fator, cada variável deve apresentar uma carga mínima de 0,35 para um tamanho de amostra de 200 a 250. (HAIR et al., 2005)

Verificou-se que o fator 7 possui apenas uma variável (B7 - Medição da confiabilidade de dados por meio de técnicas como Análise do Sistema de Medição ou MAS) e através da tabela A3 do apêndice A, esta variável representa uma variância de 2,374% dos dados.

Por ser tratar de uma variável com pouca porcentagem de variância e somente esta formar o fator 7, para simplificação das interpretações dos dados, esta variável é excluída e conseqüentemente este fator.

Com isso, a porcentagem de variância acumulada passa a ser de 67,33% acima dos 60% do mínimo apresentado anteriormente. Desta maneira, são extraídos 6 fatores os quase são destacados na tabela 5.4. Os fatores estão formados pelas variáveis com valores destacados em vermelho.

TABELA 5.4 - Matriz de componentes rotacionada pelo método Varimax

Variáveis	Componentes					
	1	2	3	4	5	6
TEA6	0,868	0,164	0,099	0,088	0,090	0,123
TEA7	0,857	0,111	0,119	0,154	0,003	0,125

Variáveis	Componentes					
	1	2	3	4	5	6
TEA4	0,760	0,132	0,088	0,144	0,041	0,134
TEA3	0,750	0,162	0,072	0,097	0,221	0,123
TEA1	0,727	0,210	0,151	0,149	0,182	-0,012
TEA5	0,648	0,167	0,175	0,210	0,178	0,112
TEB7	0,582	0,145	0,179	0,210	0,376	0,210
TEA2	0,529	0,192	0,085	0,082	0,214	0,208
R3	0,155	0,794	0,243	0,145	0,185	0,107
R2	0,187	0,774	0,142	0,186	0,123	0,111
R4	0,221	0,745	0,156	0,187	0,186	0,240
R6	0,164	0,726	0,289	0,313	0,168	0,089
R1	0,228	0,703	0,301	0,274	0,120	0,161
R5	0,146	0,697	0,259	0,293	0,154	0,147
R7	0,204	0,649	0,269	0,342	0,097	0,025
R8	0,284	0,559	0,289	0,240	0,245	0,227
B4	0,101	0,143	0,751	0,260	0,155	0,103
B2	0,080	0,225	0,749	0,032	0,114	0,121
B5	0,129	0,207	0,699	0,327	0,219	0,158
B3	0,189	0,233	0,677	0,098	0,028	0,082
B6	0,226	0,214	0,674	0,214	0,152	0,043
B10	0,045	0,176	0,668	0,318	0,215	0,141
B9	0,094	0,240	0,613	0,273	0,423	0,154
B8	0,178	0,259	0,537	0,268	0,394	0,168
B1	0,160	0,365	0,414	0,162	0,206	0,405
R15	0,166	0,288	0,178	0,742	0,229	0,168
R11	0,213	0,278	0,253	0,705	0,286	0,219
R14	0,179	0,250	0,285	0,692	0,323	0,099
R13	0,193	0,285	0,340	0,687	0,300	0,102
R12	0,174	0,315	0,258	0,682	0,269	0,094
R9	0,204	0,344	0,232	0,653	0,236	0,218
R10	0,255	0,197	0,226	0,630	0,117	0,251
TEB2	0,096	0,201	0,086	0,313	0,757	-0,007
TEB1	0,206	0,104	0,202	0,142	0,729	0,030
TEB5	0,090	0,184	0,163	0,266	0,706	0,148
TEB4	0,031	0,168	0,254	0,318	0,642	0,191
TEB3	0,379	0,165	0,181	0,196	0,602	0,158
TEB8	0,309	0,065	0,147	0,088	0,576	0,369
TEB9	0,347	0,197	0,298	0,110	0,444	0,379
O2	0,252	0,212	0,172	0,426	0,171	0,640
O3	0,228	0,204	0,160	0,349	0,184	0,627
O1	0,326	0,248	0,082	0,366	0,028	0,588
TEB6	0,088	0,157	0,283	0,125	0,360	0,549
TEB10	0,217	0,221	0,286	-0,069	0,376	0,427

Fonte: Adaptado do Software SPSS

Segundo Hair et al. (2005) as cargas fatoriais são a correlação de cada variável com seu fator, indicando desta maneira o grau de correspondência entre aquela e este.

Assim, cargas mais elevadas representam que a respectiva variável possui maior representatividade dentro do fator.

Desta forma, o primeiro fator apresenta o melhor resumo das relações lineares exibida nos dados. O segundo fator deve ser determinado a partir da variância remanescente posterior a extração do primeiro fator, além disso, deve respeitar a condição de ortogonalidade (ser perpendicular) ao primeiro fator, representando assim, a segunda melhor combinação linear das variáveis. De outra maneira, o segundo fator é definido como a combinação linear de variáveis, a qual explica a maior parte da variância residual (aquela restante da variância absorvida pelo primeiro fator). O terceiro fator segue o mesmo processo, até que toda a variância dos dados seja dissipada. (HAIR et al., 2005)

Em relação a composição dos fatores, de acordo com a tabela 5.4, o primeiro fator é representado pelas variáveis TEA, as quais são as técnicas estatísticas avançadas, sendo pela ordem de carga fatorial: Intensidade no uso de Análise de regressão múltipla (TEA6), intensidade no uso de Técnicas de Análise Multivariada (TEA7), intensidade no uso do Teste de Hipótese (TEA4), intensidade no uso de Análise de variância (TEA3), intensidade no uso de Planejamento de Experimentos (DOE – *Design of Experiments*) (TEA1), intensidade no uso de Simulação de Processos e fluxos (TEA5), intensidade no uso de Análise de Regressão Simples (TEB7) e intensidade no uso de Análise de Sistemas de Medição (TEA2).

O segundo fator é formado por parte das variáveis R, as quais estão relacionadas ao desempenho operacional médio percebido dos últimos 3 anos e os resultados subjetivos percebidos com a aplicação das TE e princípios do PE. Assim, pela ordem dos autovalores, este fator é composto por: Aumento do nível de satisfação dos clientes (R3), redução do Índice de não conformidades identificadas no mercado (taxa de devolução de produto e/ou reclamações) (R2), redução nos custos da não qualidade (R4), redução de custos de produção (R6), redução do Índice de não conformidades identificadas internamente à unidade/planta (R1), redução de ciclo (tempo) de produção (R5), aumento da produtividade (R7) e melhoria nos índices de capacidade do processo (CPk) (R8).

O terceiro fator é representado pelas variáveis B, relacionadas aos princípios do Pensamento Estatístico, assim, segundo a ordem dos auto valores, este fator é formado por: Compreensão sobre variabilidade dos processos (B4), visão de processo está consolidada no nível de supervisão e gestão (B2), compreensão sobre a quantificação e

explicação da variação dos processos (B5), visão de processo está consolidada nos operadores do processo principal (B3), análise de alta administração dos dados coletados, para representar um processo ou produto (B6), entendimento de que a redução da variação de processos é crítica/importante para o desempenho da manufatura (B10), consideração de relações de causa e efeito nas análises de dados (B9) e tomada de decisões com base em fatos e dados (B8).

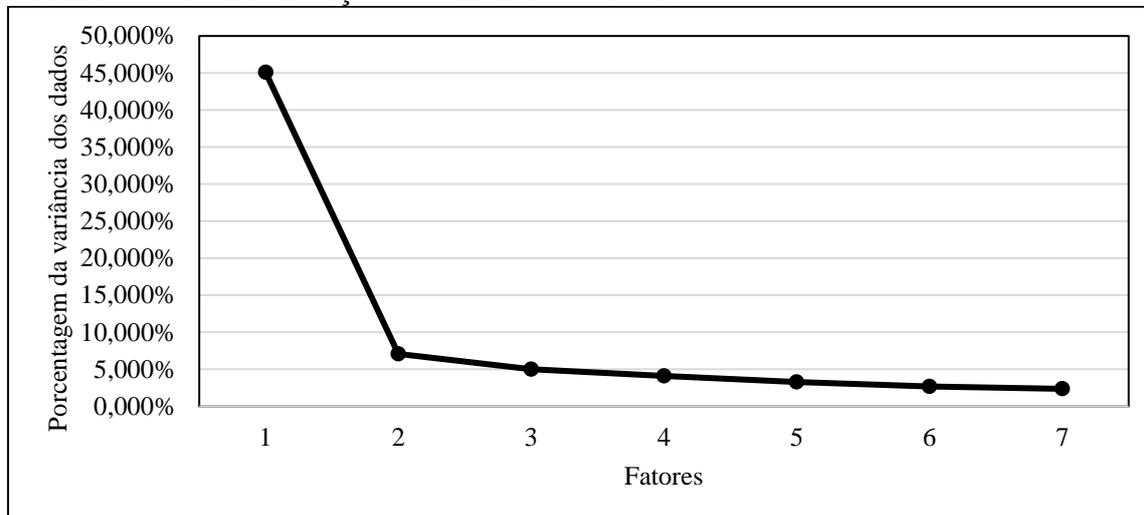
O quarto fator é composto pelo restante das variáveis R, as quais representam desempenho operacional médio dos últimos 3 anos e os resultados subjetivos percebidos com a aplicação das TE e princípios do PE. Segundo a ordem dos auto valores, este fator é formado por: Mudança da cultura organizacional em prol da qualidade (R15), aumento do nível de compreensão dos processos e da capacidade para resolução de problemas, com a difusão e uso de PE e TE (R11), o aumento da preocupação com medir e compreender a variabilidade dos processos e investigar suas causas (R14), o nível de redução da variabilidade e de melhoria da estabilidade e da capacidade dos processos (R13), a contribuição do uso de PE e TE para a consolidação de Programas de Melhoria (Eventos Kaizen, Seis Sigma, *Lean*, TPM, entre outros) (R12), nível de satisfação dos tomadores de decisão (gestores) (R9) e se os funcionários de nível operacional se sentem à vontade e motivados para aplicação de PE e TE (R10).

O quinto fator é representado pelas variáveis TEB, que estão relacionadas com a intensidade no uso das técnicas estatísticas básicas, segundo a ordem dos auto valores, este fator é formado por: Intensidade de uso do Diagrama de Pareto (TEB2), intensidade de uso do Histograma (TEB1), intensidade do uso da Estratificação (TEB5), intensidade de uso do Diagrama de Causa e Efeito (TEB4), intensidade de uso do Diagrama de Correlação (TEB3), intensidade de uso dos Gráficos de Controle (Gráficos de *Shewhart*) (TEB8) e intensidade de uso TEB da Medição e Análise da Capacidade do Processo (CPk) (TEB9).

O sexto fator é composto pelas variáveis O e duas variáveis C (representam as TEB). Segundo a ordem dos autovalores, este fator é formado por: Clareza na orientação e exemplos sobre como aplicar as TE (O2), alocação das pessoas que adquirem conhecimento de TE (O3), liderança para orientar, acompanhar e treinar as pessoas na aplicação rotineira de TE (O1), intensidade de uso da Folha de Verificação (TEB6) e (TEB10) intensidade de uso dos Planos de Amostragem.

Através da tabela A3 do apêndice A e do gráfico 5.2 é possível verificar a variância que cada fator possui e desta maneira, explicar a razão das variáveis TEA, as quais são menos utilizadas de acordo com o gráfico 4.7 e o quadro 4.2, serem o fator 1.

GRÁFICO 5.2 - Distribuição da variância dos fatores



Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.3 Nomeação e interpretação dos fatores

A última etapa da utilização da análise fatorial consiste na nomeação dos fatores e interpretação dos mesmos.

Este não é um processo simples, de acordo com Fávero et al. (2009, p. 256) “(...) não sendo, por vezes, tão fácil a nomeação dos fatores, principalmente quando o pesquisador possui uma base de dados com um número elevado de variáveis que extraem um pequeno número de fatores” Apesar disso, Hair et al. (2005) afirma que um dos critérios de nomeação dos fatores é a análise das cargas fatoriais das variáveis, as quais compõem os mesmos, pois, quanto maior o valor delas maior a influência dentro do fator.

No caso deste trabalho, observa-se que de acordo com a tabela 5.4 alguns fatores agrupam variáveis semelhantes, desta maneira, a nomeação tornou-se mais simplificada.

Com isso, os 6 fatores e as variáveis que os compõem são apresentados no Quadro 5.1 e são descritos conforme segue.

O fator 1 foi nomeado como “Intensidade do uso de Técnicas Estatísticas Avançadas” porque é constituído predominantemente por variáveis TEA.

O fator 2 foi denominado como “Resultados operacionais percebidos”, devido ser constituído por variáveis que representam os resultados operacionais percebidos nos últimos 3 anos, como a satisfação dos clientes e redução dos custos da não qualidade, por exemplo.

O terceiro fator é constituído por variáveis relacionadas a compreensão dos princípios do Pensamento Estatístico, por isso, foi nomeado como “Compreensão dos princípios de PE”.

O fator 4 foi denominado como “Resultados percebidos através da compreensão dos princípios de PE e da aplicação das TE”, porque as variáveis que o compõem se referem aos resultados percebidos com o entendimento do PE e a aplicação das TE, como compreensão dos processos e da capacidade para resolução de problemas, com a difusão e uso do Princípios e Técnicas Estatísticas.

Devido a predominância de variáveis que representam a intensidade de aplicação das Técnicas Estatísticas Básicas, o quinto fator foi nomeado como “Intensidade do uso de Técnicas Estatísticas Básicas”.

O fator 6 foi denominado de “Orientação para uso das técnicas estatísticas” devido a predominância de todas as variáveis do tipo O, as quais possuem auto valores maiores se comparado com a variável TEB6 (Intensidade do uso da Folha de Verificação) e TEB10 (Intensidade de uso dos Planos de Amostragem).

Os 6 fatores obtidos na análise fatorial, substituem as 45 variáveis iniciais, devido aos seus autovalores (*scores* fatoriais). Estes fatores, assim como as variáveis que os constituem, são apresentados no quadro 5.1.

Os fatores formados na análise fatorial serão utilizados para as etapas seguintes desta dissertação, como a análise de *cluster* e análise de correlação.

QUADRO 5.1 - Descrição e constituição dos fatores

Fatores	Código	Variáveis
1 - Intensidade do uso de Técnicas Estatísticas Avançadas	TEA6	Intensidade do uso da TEA - Análise de regressão múltipla
	TEA7	Intensidade do uso da TEA - Técnicas de Análise Multivariada
	TEA4	Intensidade do uso da TEA - Teste de Hipótese
	TEA3	Intensidade do uso da TEA - Análise de variância
	TEA1	Intensidade do uso da TEA - Planejamento de Experimentos (DOE – Design of Experiments)
	TEA5	Intensidade do uso da TEA - Simulação de Processos e fluxos
	TEB7	Intensidade de uso TEB - Análise de Regressão Simples
	TEA2	Intensidade do uso da TEA - Análise de Sistemas de medição
2 - Resultados operacionais percebidos	R3	Aumento no nível de satisfação dos clientes
	R2	Redução do Índice de não conformidades identificadas no mercado (taxa de devolução de produto e/ou reclamações)
	R4	Redução nos custos da não qualidade
	R6	Redução de custos de produção
	R1	Redução do Índice de não conformidades identificadas internamente à unidade/planta
	R5	Redução de ciclo (tempo) de produção
	R7	Aumento da produtividade
	R8	Melhoria nos índices de capacidade do processo (CPk)
3 - Compreensão dos princípios de PE	B4	Compreensão sobre variabilidade dos processos
	B2	Visão de processo está consolidada no nível de supervisão e gestão
	B5	Compreensão sobre a quantificação e explicação da variação dos processos
	B3	Visão de processo está consolidada nos operadores do processo principal
	B6	Análise de alta administração dos dados coletados, para representar um processo ou produto
	B10	Entendimento de que a redução da variação de processos é crítica/importante para o desempenho da manufatura
	B9	Consideração de relações de causa e efeito nas análises de dados
	B8	Tomada de decisões com base em fatos e dados
4 - Resultados subjetivos percebidos	B1	Processo considerado em Controle Estatístico (CE)
	R15	Uso de PE e TE a mudança da cultura organizacional em prol da qualidade
	R11	Aumento do nível de compreensão dos processos e da capacidade para resolução de problemas, com a difusão e uso de PE e TE,

Fatores	Código	Variáveis	
com a compreensão dos princípios de PE e da aplicação das TE	R14	O aumento da preocupação com medir e compreender a variabilidade dos processos e investigar suas causas	
	R13	O nível de redução da variabilidade e de melhoria da estabilidade e da capacidade dos processos	
	R12	A contribuição do uso de PE e TE para a consolidação de Programas de Melhoria (Eventos Kaizen, Seis Sigma, Lean, TPM, entre outros)	
	R9	Nível de satisfação dos tomadores de decisão (gestores)	
	R10	Os funcionários de nível operacional se sentem à vontade e motivados para aplicação de PE e TE	
	5 - Intensidade do uso de Técnicas Estatísticas Básicas	TEB2	Intensidade de uso TEB - Diagrama de Pareto
TEB1		Intensidade de uso TEB – Histograma	
TEB5		Intensidade de uso TEB – Estratificação	
TEB4		Intensidade de uso TEB - Diagrama de Causa e Efeito	
TEB3		Intensidade de uso TEB - Diagrama de Correlação	
TEB8		Intensidade de uso TEB - Gráficos de Controle (Gráficos de Shewhart)	
TEB9		Intensidade de uso TEB - Medição e Análise da Capacidade do Processo (CPk)	
6 - Orientação ao uso das técnicas estatísticas		O3	Alocação das pessoas que adquirem conhecimento de TE
		O2	Clareza na orientação e exemplos sobre como aplicar as TE
	O1	Liderança para orientar, acompanhar e treinar as pessoas na aplicação rotineira de TE	
	TEB6	Intensidade de uso TEB - Folha de Verificação	
	TEB10	Intensidade de uso TEB - Planos de Amostragem	

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3 Análise de *cluster*

A análise de *cluster* foi utilizada para verificar os *clusters* formados entre as 243 empresas da amostra, em função dos fatores obtidos com a análise fatorial realizada na etapa anterior, além de definir uma tipologia para estes *clusters*.

A análise de *cluster* tem como objetivo segregar objetos com base nas características comuns que possuem. Esta técnica multivariada separa os elementos ou variáveis em grupos que são homogêneos internamente e heterogêneos externamente, isto é, grupos que possuem elementos com características semelhantes permanecem no mesmo *cluster*. Com a formação destes grupos, os *clusters* possuirão características externas diferentes. (FÁVERO et al., 2009; HAIR et al., 2005)

A análise de *clusters* cria subgrupos homogêneos de indivíduos ou objetos em um conjunto de dados heterogêneos. (HAIR, et al., 2005)

A importância da utilização da análise de *cluster* está na sua capacidade de avaliar o dimensionamento dos dados, identificar *outliers* e levantar hipóteses relacionadas as estruturas dos objetos. (FÁVERO et al., 2009)

De acordo com Fávero et al. (2009) os principais elementos da análise de *cluster* são a análise das variáveis e dos objetos a serem agrupados, seleção de medida de distância ou semelhança entre cada par de objetos, seleção do algoritmo de agrupamento e interpretação dos agrupamentos.

Para este trabalho, estas etapas foram divididas, para a realização da análise de *cluster*, como segue:

- a) Análise e escolha do número de *cluster*:
 - Seleção de medida de distância ou semelhança entre cada par de objetos;
 - Seleção do algoritmo de agrupamento e determinação do número de *clusters*.
- b) Análise e interpretação dos *clusters*;
- c) Análise descritiva dos *clusters* formados;
- d) Validação dos *clusters*.

5.3.1 Análise e escolha do número de *clusters*

Para determinar o número de *clusters* a ser utilizado na sua análise é necessário verificar as variáveis que serão utilizadas, a existência de *outliers*, padronizar as variáveis, selecionar a medida de distância ou semelhança, selecionar o algoritmo de agrupamento e realizar a interpretação dos *clusters*. (FÁVERO et al., 2009)

As variáveis utilizadas foram os fatores resultantes da análise fatorial, assim as empresas foram agrupadas de acordo com estes fatores.

Não foram encontrados fatores com comportamento atípico, além disso, eles são padronizados em escalas semelhantes, o que não inviabiliza a análise de *clusters*.

Seleção de medida de distância ou semelhança

Nesta pesquisa é feita a escolha da medida de similaridade ou de distância a fim de obter *clusters* com objetos semelhantes.

De maneira geral, as medidas de similaridade ou distância podem ser classificadas em medidas de distância, correlacionais e de associação. As medidas de associação são utilizadas para o tratamento de variáveis nominais, sendo os coeficientes de emparelhamento simples, como método mais comum de cálculo. A medida correlacional busca correlacionar os perfis dos objetos analisados, através da similaridade de suas características e são adequadas para dados métricos. A medida correlacional mais comum utilizada é a correlação de Pearson a qual pode variar entre -1 e 1, com 0 representando a inexistência de associação entre os objetos. (FÁVERO et al., 2009)

Segundo Fávero et al. (2005) as medidas de distâncias são consideradas medidas de dissimilaridade, pois, valores maiores de distância representam menor semelhança entre os objetos, e vice-versa.

As principais medidas de distância utilizadas são a Euclidiana, Quadrática Euclidiana, Minkowski, Absoluta, Mahalanobis e Chebychev. (FÁVERO et al., 2009)

Nesta dissertação será utilizada a Distância Quadrática Euclidiana. De acordo com Fávero et al. (2005) o pacote estatístico SPSS a usa como padrão e quando se aplica métodos como o de Ward, como nesta pesquisa, a Distância Quadrática Euclidiana é a

mais recomendada. Ela representa a distância de Pitágoras ao quadrado e é calculada conforme a equação 5.6.

$$d_{ij}^2 = \sum_{k=1}^p (x_{ik} + x_{jk})^2 \quad (5.6)$$

Onde:

d_{ij} - Distância Euclidiana Quadrática entre o elemento i e $j \quad \forall 1 \leq i \leq k$ e $1 \leq j \leq k$

X_{ik} - Valor da variável k referente a observação $i \quad \forall 1 \leq i \leq k$ e $1 \leq k \leq p$

X_{jk} - Valor da variável k referente a observação $j \quad \forall 1 \leq j \leq k$ e $1 \leq k \leq p$

p - Número de variáveis

Seleção do algoritmo de agrupamento e determinação do número de *clusters*

Neste estágio é definido o algoritmo que fará o processo de agrupamento que determinará o número de *clusters*, os diferentes algoritmos são classificados em técnicas hierárquicas e não hierárquicas.

Nas técnicas hierárquicas são combinadas duas observações mais próximas em um *cluster* e posteriormente, agrupamentos diferentes também são combinados até formarem um único *cluster*. (HAIR et al, 2005)

O método hierárquico estabelece uma relação de hierárquica entre os sujeitos e grupos, ou seja, os resultados de um estágio anterior são estabelecidos com os resultados de um estágio posterior, criando uma estrutura tipo “árvore”. (HAIR et al, 2005; FÁVERO et al., 2009)

Dentre as técnicas hierárquicas se destacam o método aglomerativo onde cada sujeito (observação) é combinado com outros, formando novos agrupamentos por similaridade. E o método por divisão, o qual inicia com um grande agrupamento que é separado por distâncias maiores até cada observação tornar – se um grupo isolado. Um dos principais algoritmos utilizados para o agrupamento de *clusters*, no método hierárquico é o método de *Ward* que é utilizado para minimizar as diferenças internas dos grupos evitando assim o encadeamento das ponderações. Este método tende a proporcionar agregados com aproximadamente o mesmo número de observações. Nas técnicas não hierárquicas o número de *clusters* é definido a priori, assim, o algoritmo

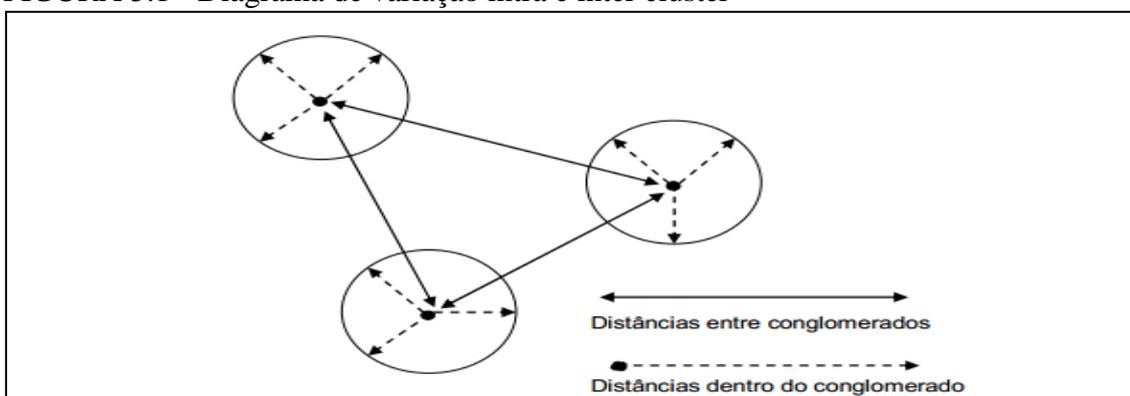
identifica a melhor solução para atender esta demanda estabelecida. Esta técnica é adequada para agrupar indivíduos (que não são variáveis) em um banco de dados. O método não hierárquico não estabelece vínculos de hierarquia como os métodos hierárquicos, isto é, após escolher o número de *clusters* são identificadas as melhores soluções de agrupamento em um processo mais dinâmico. Além disso, a possibilidade de ocorrerem erros nas classificações nos *clusters* é menor nos métodos não hierárquicos. (FÁVERO et al., 2009)

Segundo Hair et al. (2005) dentre os métodos não hierárquicos se destaca o algoritmo do *K - means*, onde é fornecida apenas uma solução para o número de *clusters* definidos utilizando para tanto a distância euclidiana. Conforme Gouvêa e La Plata (2006), através do método *K-means*, busca-se a minimização da variância interna aos grupos e maximização da variância entre os grupos.

O uso deste método não hierárquico possui três etapas básicas, a partição inicial dos indivíduos em *K - clusters*, cálculo dos centroides para cada um dos *K - clusters* e agrupamento dos sujeitos aos *clusters*, cujos centroides se encontram mais próximos. O fornecimento dos centroides é opcional e caso isto não ocorra, como no caso deste trabalho, a estimação do mesmo é feita de forma aleatória com base nas observações. (FÁVERO et al., 2009)

Esta etapa de seleção do algoritmo de agrupamento pode ser exemplificada pela, pela figura 5.1, onde os elementos da análise são combinados pelo algoritmo escolhido. As distâncias dentro dos *clusters* se diferenciam das distâncias entre cada *cluster*.

FIGURA 5.1 - Diagrama de variação intra e inter cluster



Fonte: Gonzalez (2011) apud Hair et al (2005)

Neste trabalho, para a realização da análise de *cluster* foi utilizado o método hierárquico de forma exploratória, para se determinar o número inicial de *clusters*, pois, de acordo com Fávero et al (2009, p.225) “(...) recomenda-se que se utilize o número de *clusters* indicado a priori pelo método hierárquico “.

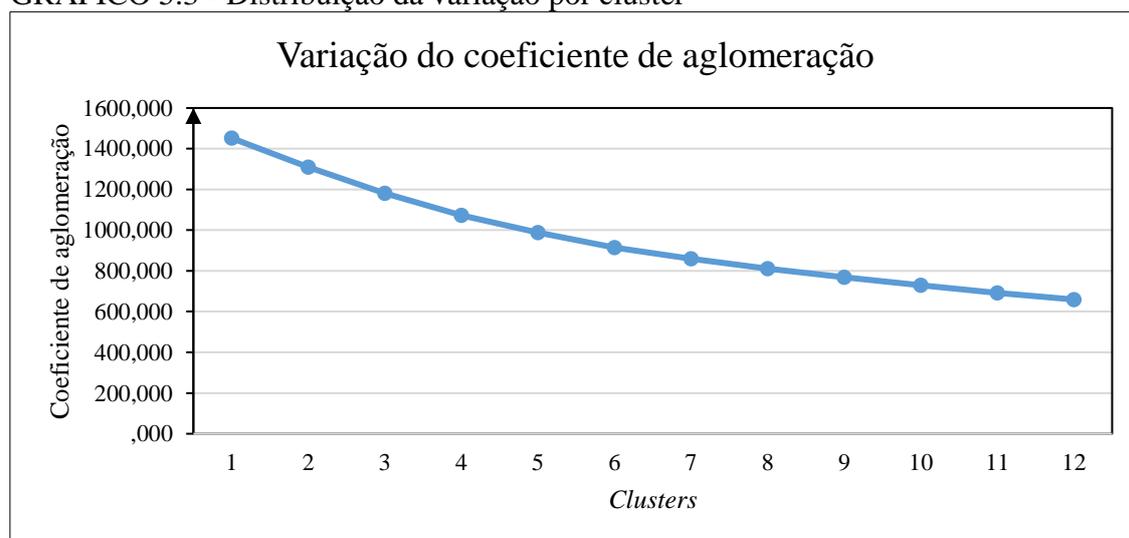
Segundo Hair et al. (2005) para a escolha do número de *clusters* através do método hierárquico, é necessário utilizar a análise dos coeficientes de aglomeração. Isto se deve, pois pequenos coeficientes, resultam em *clusters* homogêneos sendo formados, já coeficientes maiores ou com grande variação, indicam *clusters* distintos.

Dentro do método hierárquico foi escolhido o método aglomerativo e o algoritmo utilizado foi o de Ward devido a minimização de diferenças dentro dos *clusters*.

Assim, é necessário calcular a diferença entre os valores dos coeficientes de aglomeração, o estágio anterior ao valor de maior diferença, é o ponto de parada e vai indicar o número de *clusters* a ser utilizado. (HAIR et al, 2005)

Com esse fim, foi analisada a variação dos coeficientes de conglomeramento, os quais são apresentados no gráfico 5.3 e na tabela 5.5. Verifica-se que ao se excluir a solução para dois *clusters*, pois não haveria distinção significativa entre as empresas de cada *cluster* formado, os maiores valores para a variação dos coeficientes de aglomeração são para o *cluster* 3, assim, o ponto de parada é o *cluster* 4, pois, este é ponto anterior ao que possui maior variação, por isso, foram escolhidos 4 *clusters* para análise.

GRÁFICO 5.3 - Distribuição da variação por cluster



Fonte: Elaborado pelo autor

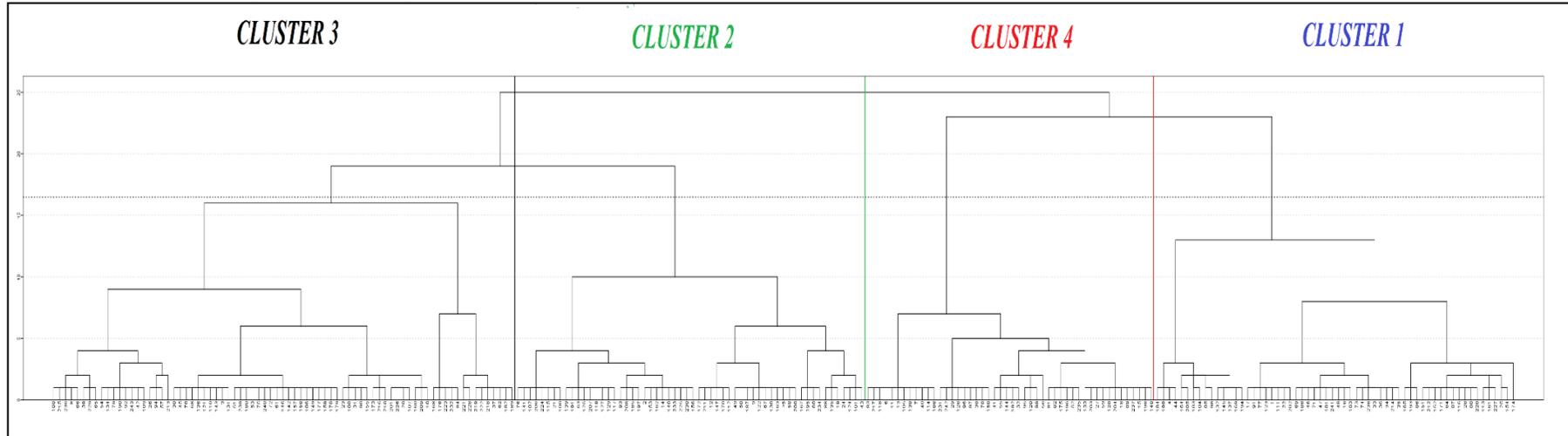
TABELA 5.5 – Análise do coeficiente de aglomeração

Número de <i>clusters</i>	Coeficiente de aglomeração	Variação	Variação percentual do coeficiente em relação ao <i>cluster</i> anterior
1	1452,000		
2	1310,287	141,713	9,76%
3	1180,268	130,018	9,92%
4	1073,088	107,180	9,08%
5	987,507	85,581	7,98%
6	915,075	72,433	7,33%
7	860,153	54,921	6,00%
8	811,620	48,533	5,64%
9	767,901	43,718	5,39%
10	729,000	38,902	5,07%
11	692,125	36,874	5,06%
12	659,456	32,670	4,72%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Além da análise do método de variação dos coeficientes de aglomeração, utilizou-se o Dendograma da figura 5.2, para a confirmação do número de *clusters* a serem formados. É observado a existência de 4 *clusters* destacados.

FIGURA 5.2 - Dendograma obtido pelo método hierárquico



Fonte: Adaptado do Software SPSS

5.3.2 Análise e interpretação dos *clusters*

Após a utilização do método hierárquico para definir o número de *clusters* a serem escolhidos, é aplicado o método não hierárquico, o qual definirá os elementos em cada *cluster*, relação com os fatores definidos na análise fatorial e parte da validação dos *clusters*.

Assim pode haver diferenças entre o número de elementos de cada *cluster* utilizando os 2 métodos, entretanto, com o método não hierárquico o estabelecimento dos *clusters* torna-se mais assertivo.

O método não hierárquico adotado foi o *K-means*, cuja aplicação é adequada para *clusters* de grande quantidade de dados (FÁVERO et al., 2009)

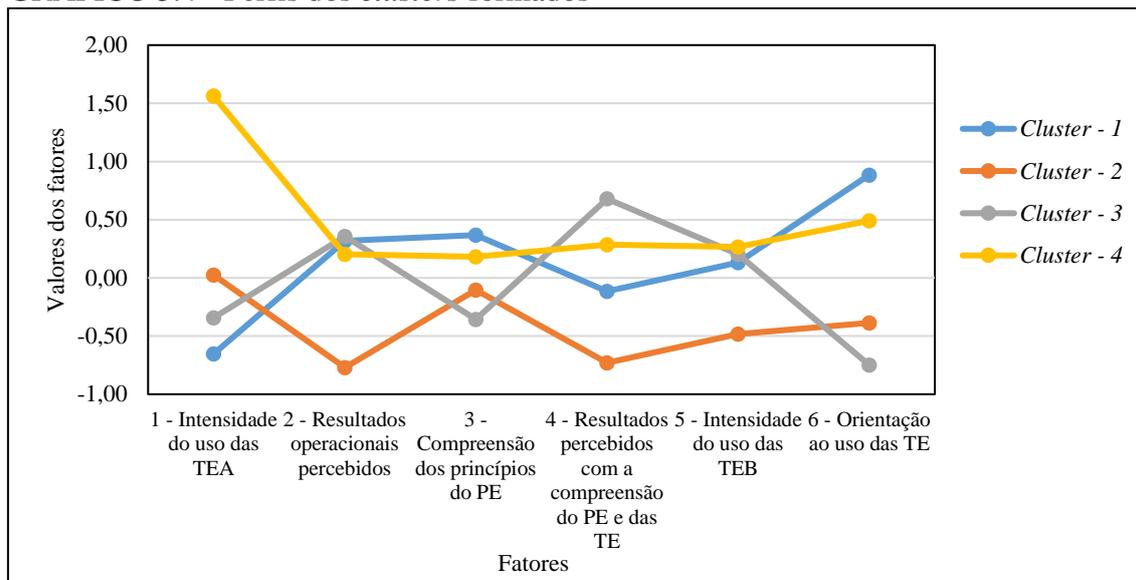
Ao se utilizar o método não hierárquico *K-means* obtém-se a tabela 5.6, que de acordo com Fávero et al. (2009) fornece os valores das distâncias finais entre os centroides dos *clusters*, apresentando desta forma, a média de cada variável (Fatores) para cada um dos *clusters* finais.

Com base na tabela 5.6 o gráfico 5.4 apresenta no eixo y os valores dos fatores e os perfis dos *clusters* formados nesta análise.

TABELA 5.6 - Médias dos fatores para cada cluster

Clusters	Fatores						Média dos Clusters
	1	2	3	4	5	6	
1	-0,65326	0,31813	0,36872	-0,11561	0,13142	0,88470	0,15568
2	0,02488	-0,77073	-0,10347	-0,73080	-0,48179	-0,38744	0,40822
3	-0,34299	0,35542	-0,35677	0,67938	0,20201	-0,74892	0,03531
4	1,56267	0,20326	0,18128	0,28640	0,26743	0,49157	0,49876
Média dos fatores	0,14782	0,02652	0,02244	0,02984	0,02976	0,05997	
Variação dos fatores	0,966514	0,286686	0,101597	0,362485	0,119394	0,573648	

Fonte: Adaptado do Software SPSS

GRÁFICO 5.4 - Perfis dos *clusters* formados

Fonte: Elaborado pelo autor

Através do gráfico 5.4 e da tabela 5.6, é possível analisar as relações entre os fatores da análise fatorial e os clusters formados. O *cluster* 1 possui média de 0,15568, o segundo maior resultado, em comparação com a média dos outros *clusters*. O valor do fator 1 (Intensidade do uso das TEA) é o menor que dos outros *clusters*, contudo, este *cluster* possui os maiores valores para o fator 2 (Resultados Operacionais), fator 3 (Compreensão dos princípios do PE) e o fator 6 (Orientação ao uso das TE).

O *cluster* 1 apresenta o maior valor para Resultados Operacionais percebidos acompanhados dos valores, para Compreensão dos princípios do PE, Orientação ao uso das TE e Intensidade do uso das TEB.

Não se pode inferir, no entanto, qual dos fatores mais influenciam nos Resultados Operacionais percebidos. Segundo Fávero et al. (2009) devido a ortogonalidade entre os fatores, os resultados para a Correlação de Pearson (R) originados da Regressão Linear seriam nulos.

Basicamente, este *cluster* possui bons resultados operacionais, orientados nos princípios do PE e nas TE e como o *cluster* 1 possui os valores positivos para os fatores 2, 3, 5 e 6, ou seja, quase a totalidade dos fatores, ele é denominado de “Empresas quase avançadas”.

O *cluster* 2 possui média de - 0,40822, a menor entre os *clusters*. Apesar de ter o segundo maior valor para o fator 1 (Intensidade do uso das TEA), todos os valores para

os outros fatores são negativos e abaixo da média dos fatores. Isto indica que as empresas deste *cluster* percebem baixo desempenho operacional, assim como na orientação ao uso das TE, dos princípios do PE e na utilização das TEB. Como apenas 1 fator deste *cluster* é positivo, ele é denominado de “Empresas iniciantes”.

O *cluster* 3 com média de - 0,03531, possui a maior discrepância entre os outros *clusters*, devido a alternância dos valores de seus fatores, ora positivos, ora negativos. Por exemplo, o *cluster* 3 possui a maior média para o Resultados Operacionais, porém, os valores para Intensidade do uso de TEA, compreensão dos princípios do PE e orientação ao uso das TE, estão abaixo da média destes fatores. Apesar disso, o cluster 3 detêm o maior valor (0,67938) para os Resultados com a compreensão de PE e das TE (fator 4) e maior valor (0,35542) para os Resultados Operacionais (fator 2) e o segundo maior valor (0,20201) para a intensidade do uso das TEB (fator 5), porém, com baixa aplicação das TEA, e compreensão dos princípios do PE.

Isso indica que as empresas deste *cluster* possuem resultados operacionais percebidos, com utilização das TEB, mas com baixa orientação ao uso das TE, utilização de TEA e compreensão do PE. Como este *cluster* possui 3 fatores com resultados médios negativos e 3 positivos, ele é denominado de “Empresas intermediárias”.

Por último, o *cluster* 4 apresenta a maior média (0,49876) entre cada *cluster*. Além disso, todos os fatores possuem valores positivos, como a Intensidade do uso das TEA (fator 1) com 1,56267 e a Intensidade do uso das TEB (fator 5) com 0,26743 são os valores mais elevados. Além disso, o *cluster* 4 é o único cujos valores dos fatores são constantes, ou seja, para este *cluster* não há a mesma alternância de valores negativos e positivos, presentes nos demais *clusters*. Isto indica que as empresas do *cluster* 4 de forma geral, não possuem os maiores valores para todos os fatores, como Resultado operacionais percebidos e Intensidade do uso de TEB, por exemplo, mas, apresentam resultados positivos de forma geral. Desta maneira, este *cluster*, pode ser denominado de “Empresas avançadas”.

Na tabela 5.6 são apresentadas as variações dos valores para cada fator, o fator 1 (Intensidade do uso das TEA) e o fator 6 (Orientação ao uso das TE), possuem os maiores valores, o que representa a dificuldade de as empresas obterem resultados parecidos para estes fatores, o que não ocorre com os fatores 3 (Compreensão dos princípios do PE) e 5 (Intensidade do uso das TEB). Assim, as empresas possuem compreensão dos princípios

do PE e utilizam as TEB de forma semelhante, todavia, poucas empresas conseguem aplicar as TEA.

Em termos gerais os *clusters* com melhores resultados (em termos dos valores dos fatores), de forma decrescente são os *clusters* 4, 1, 3 e 2.

A tabela 5.7 apresenta a composição e a classificação de cada *cluster*, o 4 possui 16,9% da amostra, isto representa que existem menos “Empresas Avançadas”, mais de 28,0% são de “Empresas iniciantes”, com os piores resultados em termos dos valores dos fatores. As “Empresas intermediárias” e “Empresas quase avançadas” representam por 28,0% e 26,7% da amostra, respectivamente

TABELA 5.7- Classificação e composição de cada cluster

<i>Cluster</i>	Quantidade de empresas por cluster	Classificação dos clusters	%
1	65	Empresas quase avançadas	26,7%
2	69	Empresas Iniciantes	28,4%
3	68	Empresas intermediárias	28,0%
4	41	Empresas avançadas	16,9%
Total	243		100,0%

Fonte: Elaborado pelo autor

5.3.3 Análise descritiva dos *clusters* formados

Através da tabela 5.8 é possível verificar como os segmentos industriais são compostos em função de cada *cluster* formado. Destacando as maiores porcentagens de *cluster* para cada segmento, verifica-se que o segmento de Alimentos e Bebidas é constituído por 45,45% das empresas do *cluster* 3 e 30,30% do 1. Autopeças é dividido de forma igualitária, ou seja, os 4 *clusters* possuem 25,00% das empresas deste segmento. O segmento de bens de consumo e de higiene pessoal possui 47,06% das empresas do *cluster* 1 e 23,53% do 2. O segmento de eletroeletrônicos e eletrodomésticos são compostos por 48,48% das empresas do *cluster* 1 e 24,24% do 3. Para as empresas da indústria farmacêutica 46,15%, são do *cluster* 2 e 23,08% do 3. Máquinas e equipamentos

seriados possui 50,00% das empresas do *cluster* 3 e 26,19% do 2. O segmento químico é formado por 46,67% das empresas do *cluster* 2 e 26,67% do 4.

TABELA 5.8 – Composição relativa dos segmentos industriais em função dos clusters

Setor	<i>Cluster 1</i>	<i>Cluster 2</i>	<i>Cluster 3</i>	<i>Cluster 4</i>	Total
Alimentos e Bebidas	10 - 30,30%	5 - 15,15%	15 - 45,45%	3 - 9,09%	33
Autopeças	8 - 25,00%	8 - 25,00%	8 - 25,00%	8 - 25,00%	32
Bens de consumo e de higiene pessoal	16 - 47,06%	8 - 23,53%	3 - 8,82%	7 - 20,59%	34
Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos	16 - 48,48%	5 - 15,15%	8 - 24,24%	4 - 12,12%	33
Farmacêutico	4 - 10,26%	18 - 46,15%	9 - 23,08%	8 - 20,51%	39
Máquinas e equipamentos seriados	7 - 16,67%	11 - 26,19%	21 - 50,00%	3 - 7,14%	42
Químico	4 - 13,33%	14 - 46,67%	4 - 13,33%	8 - 26,67%	30

Fonte: Elaborado pelo autor

Em síntese, o *cluster* 1 classificado como “Empresas quase avançadas” com 65 empresas, é formado por mais empresas dos segmentos de Bens de consumo/Higiene pessoal e Eletroeletrônicos/Eletrodomésticos, ambas com 16 e Alimentos/Bebidas com 10, entre outras.

O *cluster* 2, “Empresas iniciantes” com 69 empresas é formado por 18 empresas do segmento Farmacêutico, 14 do químico e Máquinas/Equipamentos seriados com 11, entre outras.

O *cluster* 3, “Empresas intermediárias” é composto por 68 empresas, possui 21 empresas de Máquinas/Equipamentos seriados, 15 Alimentos/bebidas e 9 Farmacêutico, entre outras.

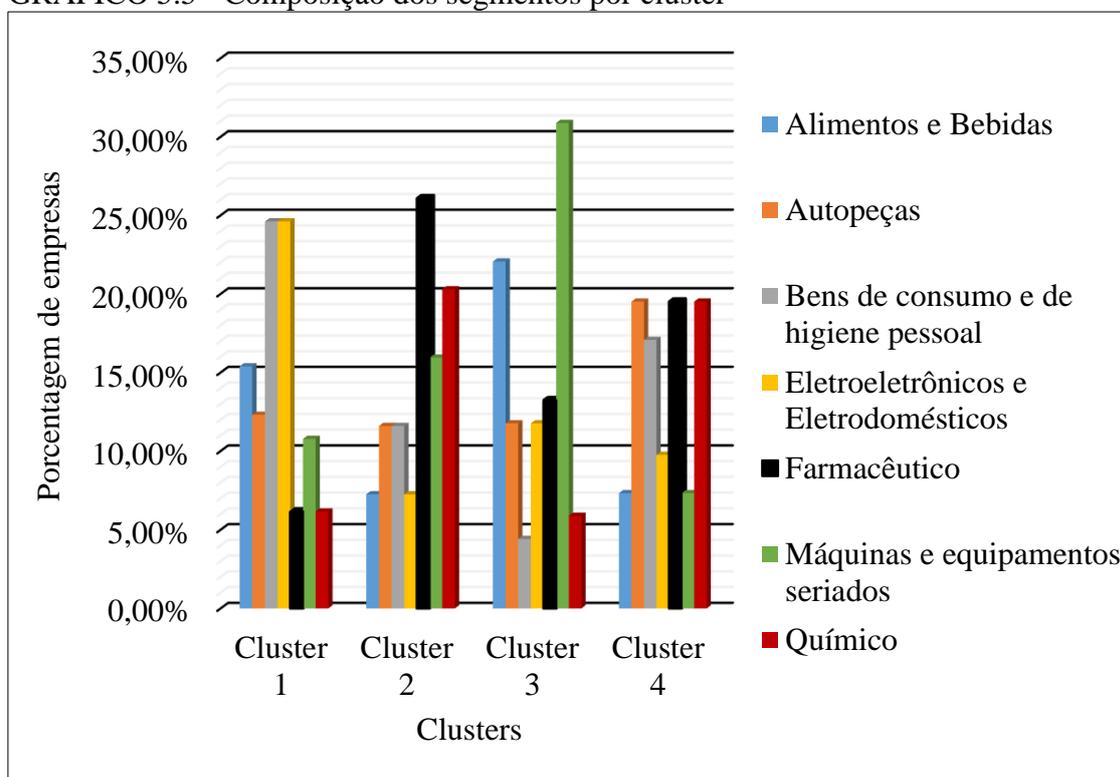
O *cluster* 4, “Empresas avançadas”, possui 41 empresas e tem menor diferença no número de empresas para cada segmento, assim o segmento de Autopeças, Farmacêutico e Químico possuem 8 empresas. Estas análises são caracterizadas também pela tabela 5.9 e o gráfico 5.5.

TABELA 5.9 - Composição relativa dos *clusters* em função dos segmentos industriais

Setor	Alimentos/Bebidas	Autopeças	Bens de consumo/higiene pessoal	Eletroeletrônicos/Eletrrodomésticos	Farmacêutico	Máquinas/equipamentos seriados	Químico	Total
Cluster 1	10 - 15,38%	8 - 12,31%	16 - 24,61%	16 - 24,61%	4 - 6,15%	7 - 10,77%	4 - 6,15%	65
Cluster 2	5 - 7,25%	8 - 11,59%	8 - 11,59%	5 - 7,25%	18 - 26,08%	11 - 15,94%	14 - 20,29%	69
Cluster 3	15 - 22,06%	8 - 11,76%	3 - 4,41%	8 - 11,76%	9 - 13,23%	21 - 30,88%	4 - 5,88%	68
Cluster 4	3 - 7,32%	8 - 19,51%	7 - 17,07%	4 - 9,76%	8 - 19,51%	3 - 7,32%	8 - 19,51%	41

Fonte: Elaborado pelo autor

GRÁFICO 5.5 - Composição dos segmentos por cluster



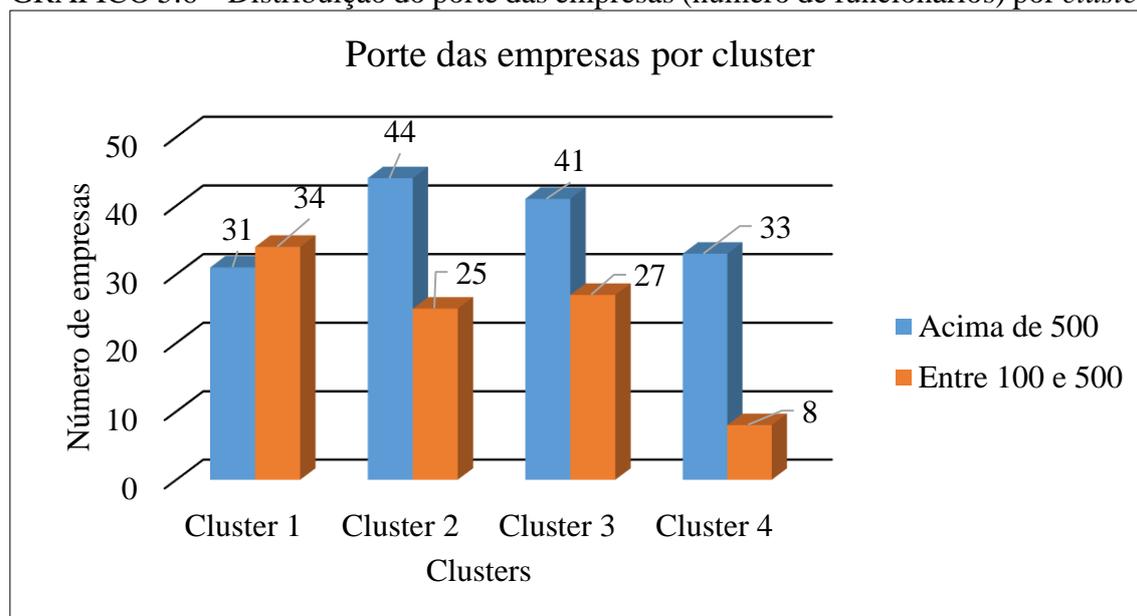
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se através do gráfico 5.5 que os clusters 4 e 1 possuem os segmentos majoritários divididos.

No gráfico 5.6 está a relação do tipo de porte das empresas por *cluster*, onde o *cluster* 1 possui 34 empresas (52,3%) entre 100 a 500 funcionários e 31 empresas (47,7%) com mais de 500 funcionários.

O *cluster 2* possui mais empresas com mais de 500 funcionários, 44 empresas (63,7%) e 25 empresas (36,2%) entre 100 e 500 funcionários. O *cluster 3* possui 41 empresas (60,3%) acima de 500 funcionários e 27 empresas (39,7%) entre 100 e 500 funcionários. O *cluster 4* possui mais empresas com mais de 500 funcionários, 33 empresas (80,4%) e 8 empresas (19,5%) entre 100 e 500 funcionários.

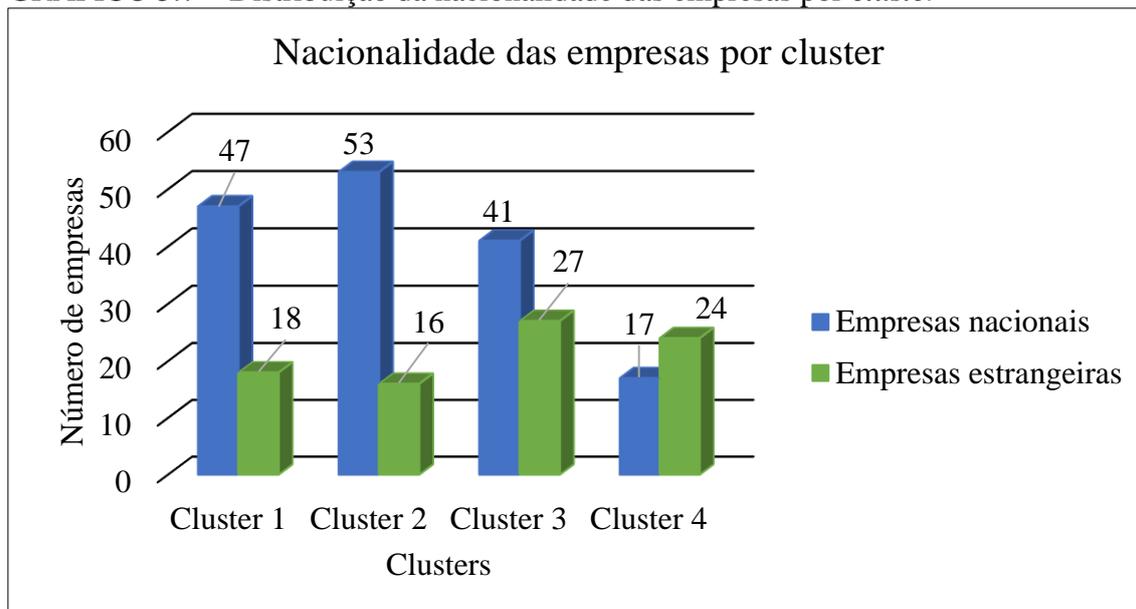
GRÁFICO 5.6 – Distribuição do porte das empresas (número de funcionários) por *cluster*



Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se com o gráfico 5.6 que apenas no *cluster 1*, as empresas de médio porte (100 a 500 funcionários) são a maioria, nos outros *clusters* as empresas de grande porte (acima de 500 funcionários) são majoritárias. Pressupõe-se que empresas de grande porte possuem melhores condições para o desenvolvimento de programas de melhoria conforme Pinto et al. (2006).

No gráfico 5.7 está a relação da nacionalidade das empresas da amostra por *cluster*, onde o *cluster 1* possui 47 empresas nacionais (72,3%) e 18 (27,7%) estrangeiras. O *cluster 2* é composto por 53 empresas nacionais (76,8%) e 16 (23,2%) estrangeiras, o *cluster 3* é formado por 41 empresas nacionais (60,3%) e 27 (39,7%) estrangeiras, de forma contrária, o *clusters 4* possui em sua maioria empresas estrangeiras, 24 (58,5%) e 17 (41,5%) empresas nacionais.

GRÁFICO 5.7 – Distribuição da nacionalidade das empresas por *cluster*

Fonte: Elaborado pelo autor

Através do gráfico 5.7 observa-se que o *cluster 4* é composto em sua maioria por empresas estrangeiras, o que não ocorre com os outros *clusters*, inclusive o 1. Isso indica que não é possível afirmar se e em qual nível, a presença de empresas estrangeiras colabora para que os *clusters* obtenham melhores resultados percebidos (valor dos fatores positivos), pois o *cluster 1* de “Empresas quase avançadas” é composto por apenas 38,29% de empresas estrangeiras.

Analisando as tabelas 5.8 e 5.9 e os gráficos 5.5, 5.6, e 5.7 é possível sintetizar as características apresentadas pelos *clusters* formados, no quadro 5.2.

QUADRO 5.2 – Principais características dos *clusters* formados

<i>Cluster</i>	Quantidade de empresas	Classificação dos <i>clusters</i>	% da amostra	Segmentos industriais predominantes	Porte da empresa predominante	Nacionalidade predominante
1	65	Empresas quase avançadas	26,70%	Bens de consumo/higiene e pessoal e Eletroeletrônicos/Eletrodomésticos	Entre 100 a 500 funcionários	Empresas nacionais
2	69	Empresas iniciantes	28,40%	Farmacêutico e Químico	Acima de 500 funcionários	Empresas nacionais
3	68	Empresas intermediárias	28,00%	Máquinas/equipamentos seriados e Alimentos/bebidas	Acima de 500 funcionários	Empresas nacionais

<i>Cluster</i>	Quantidade de empresas	Classificação dos <i>cluster</i>	% da amostra	Segmentos industriais predominantes	Porte da empresa predominante	Nacionalidade predominante
4	41	Empresas avançadas	16,90%	Autopeças, Farmacêutico e Químico	Acima de 500 funcionários	Empresas estrangeiras

Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com o quadro 5.2, os *clusters* 1, 2 e 3 são formados majoritariamente por empresas nacionais, apenas o 1 é composto em sua maioria por empresas entre 100 a 500 funcionários. O *cluster* 4 de “Empresas avançadas”, é formado em sua maioria por empresas dos segmentos industriais de autopeças, farmacêutico e químico, apesar disso, a característica que diferencia este *cluster* dos restantes, é o fato do cluster 4 possuir mais empresas estrangeiras comparadas com as nacionais.

5.3.4 Relação entre os *clusters* e os resultados percebidos

Um dos objetivos deste trabalho é analisar os resultados percebidos obtidos pelas empresas mais fundamentadas em PE e no uso das TE. Para tanto, analisa-se a quantidade de empresa que alcançaram resultados positivos relacionadas às variáveis do tipo F (variáveis R, as quais representam o desempenho operacional percebido médio dos últimos 3 anos e os benefícios subjetivos percebidos com a aplicação das TE e princípios do PE). Assim é verificado as empresas que responderam positivamente (respostas na categoria “Frequentemente” somadas as respostas na categoria “Sempre”) para os Resultados operacionais percebidos - Rop (variáveis R1 à R8), Benefícios subjetivos percebidos com a aplicação das TE e princípios do PE - Bsub (variáveis R9 à R15) e tanto Resultados operacionais percebidos quanto benefícios subjetivos com a aplicação das TE e princípios do PE – Rop e Bsub (Variáveis R1 à R15). Isto é apresentado na tabela 5.10.

TABELA 5.10 – Relação entre as empresas e variáveis de resultado percebidos

<i>Clusters</i>	Rop	Porcentagem no <i>cluster</i>	Bsub	Porcentagem no <i>cluster</i>	Rop e Bsub	Porcentagem no <i>cluster</i>	Empresas por <i>cluster</i>
1	8	12,31%	4	6,15%	3	4,61%	65
2	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	69
3	6	8,82%	10	14,70%	4	5,88%	68
4	12	29,26%	11	26,82%	7	17,07%	41

Fonte: Elaborado pelo autor

Através da tabela 5.10 verifica-se que em relação ao *cluster* 4, 12 empresas conseguiram Resultados operacionais (Rop) isto representa 29,26% das empresas deste *cluster*, 11 empresas obtiveram Benefícios subjetivos (Bsub), representando 26,82% das empresas e 7 conseguiram tanto Resultados operacionais percebidos quanto Benefícios subjetivos percebidos com a aplicação das TE e princípios do PE (Rop e Bsub), representando 17,07% das empresas do *cluster* 4.

O *cluster* 1 de “Empresas quase avançadas” possui 8 empresas com Rop, 4 com Bsub e 3 com Rop e Bsub, já o *cluster* 3 de “Empresas intermediárias” possui 6 empresas com Rop, 10 com Bsub e 4 com Rop e Bsub.

Os resultados do *cluster* 2 apresentados na tabela 5.10 são nulos para Rop, Bsub e Rop e Bsub, o que confirma as análises da tabela 5.6 e o gráfico 5.4.

Assim, esses resultados mostram que o *cluster* 4, “Empresas avançadas”, possui empresas com os melhores resultados operacionais percebidos e relacionados com o uso de PE e TE, demonstrando as empresas mais fundamentadas nos princípios do PE e no uso do TE obtiveram resultados operacionais percebidos, o que responde uma das perguntas de pesquisa.

5.3.5 Relação entre os *clusters* e o uso dos programas de melhoria

Um dos objetivos deste trabalho é analisar a existência de associação entre os programas de melhoria, o uso de PE, TE e os benefícios percebidos, para tanto é utilizada a análise de associação que de acordo Morettin e Bussab (2004) a quantificação do grau de associação entre duas variáveis é efetuada pelos coeficientes de associação ou correlação.

Além da análise do tempo de uso dos programas de melhoria, o emprego da análise de associação é realizado para verificar a existência de associação entre os *clusters* formados e as variáveis que representam o Porte da empresa (número de funcionários), a Importância da qualidade para a estratégia competitiva da unidade/empresa (A8) e os Programas de Melhoria. Para quantificar esta análise, é utilizado o teste de Qui-quadrado devido ao tamanho da amostra ser maior que 20 observações ($n > 20$) com valor de significância de 5% e testando as seguintes hipóteses:

- a) Hipótese nula (H_0): não há associação entre os *clusters* e a variável específica;
- b) Hipótese alternativa (H_1): há associação entre os *clusters* formados e a variável específica;

De acordo com a tabela 5.11, é possível observar que para todas as variáveis a hipótese nula, é rejeitada, ou seja, existe associação entre os *clusters* e as variáveis, pois, os níveis de significância são menores que 5%.

TABELA 5.11 - Associação entre as variáveis e os clusters

Variáveis	Níveis de significância (p - <i>value</i>)	Rejeita-se H_0 ?
Importância da qualidade...	0,000	Sim
Porte da empresa	0,007	Sim
<i>Lean Manufacturing</i>	0,000	Sim
Seis Sigma	0,000	Sim
<i>Lean Seis Sigma</i>	0,000	Sim
TQM	0,004	Sim
TPM	0,000	Sim

Fonte: Adaptado do Software SPSS

Após a análise de associação é verificada o grau de associação entre os *clusters* e as variáveis apresentadas na tabela 5.11. Ao analisar a importância da qualidade para a estratégia competitiva da unidade/empresa (A8), verifica-se com a tabela 5.12 que 74,90% das respostas se encontram na categoria “Alto”, ou seja, as empresas consideram em alto grau o papel da qualidade para sua competitividade. O *cluster* com maior proporção de respostas para esta categoria é o 4, classificado como “Empresas avançadas” com 95,12%, seguido pelo 3, 2 e 1, com 83,82%; 66,67% e 61,54% respectivamente.

O *cluster* 1 de “Empresas quase avançadas”, possui menor relação de respostas na categoria alto, todavia, não contém empresas que consideram “Baixo” a importância da qualidade, além de obter 38,46% das empresas na categoria “Médio”, a maior proporção em comparação com outros *clusters*.

TABELA 5.12 - Relação entre a importância da qualidade e os *clusters*

Respostas	Clusters				Total
	1	2	3	4	
Baixo	0 – 0,00%	5 – 7,25%	2 – 2,94%	0 – 0,00%	7 – 2,88%
Médio	25 – 38,46%	18 – 26,08%	9 – 13,23%	2 – 4,88%	54 – 22,22%
Alto	40 – 61,54%	46 – 66,67%	57 – 83,82%	39 – 95,12%	182 – 74,90%
Total	65	69	68	41	243

Fonte: Elaborado pelo autor

As relações entre o porte das empresas e os *clusters* foram apresentadas no gráfico 5.6, onde o *cluster* 1 possui 47,69% por empresas de grande porte e 52,30% de empresas de médio. O *cluster* 2 é formado por 63,76% de empresas de grande porte e 36,23% de empresas de médio. O *cluster* 3 é composto por 60,29% de empresas de grande porte e 39,70% de empresas de médio. O *cluster* 4 possui 80,48% de empresas de grande porte e o restante (19,51%) de empresas de médio.

Para as variáveis que representam os programas de melhoria a primeira análise é realizada para o Seis Sigma, na tabela 5.13.

TABELA 5.13 - Relação entre o uso do Seis Sigma e os *clusters*

Respostas	Clusters				Total
	1	2	3	4	
Não possui	30 – 46,15%	46 – 66,67%	40 – 58,82%	12 – 29,27%	128 – 52,67%
De 0 a 5 anos	19 – 29,23%	18 – 26,09%	17 – 25,00%	7 – 17,07%	61 – 25,10%
De 5 a 10 anos	12 – 18,46%	2 – 2,90%	5 – 7,35%	13 – 31,70%	32 – 13,17%
Mais de 10 anos	4 – 6,15%	3 – 4,35%	6 – 8,82%	9 – 21,95%	22 – 9,05%
Total	65	69	68	41	243

Fonte: Elaborado pelo autor

Na tabela 5.13 é possível verificar que grande parte das empresas (52,67%) não utilizam o Seis Sigma e 25,10% usam este programa a menos de 5 anos, indicando uma possível dificuldade das empresas em aplicá-lo.

No *cluster 1*, 46,15% das empresas não utilizam o Seis Sigma, 29,23% o aplicam até 5 anos, a maior proporção comparada aos outros *clusters*. No *cluster 2*, classificado como “Empresas iniciantes”, 66,67% das suas empresas, não utilizam o SS, maior proporção entre os *clusters* (o mesmo ocorre com o *cluster 3*, com 58,82%).

O *cluster 4* classificado como “Empresas avançadas” se destaca em relação ao uso do Seis Sigma, por ter 31,70% das empresas aplicando este programa entre 5 a 10 anos e 21,95% por mais de 10 anos, sendo estas proporções maiores se comparadas aos outros *clusters*. Corroborando assim, a razão deste *cluster* obter o maior valor para o fator 1 (Intensidade do uso de TEA). O Seis Sigma contribui de forma significativa para a utilização destas técnicas e da compreensão do PE, conforme apresentado no quadro 2.9 no capítulo 2 dessa dissertação.

A análise referente ao *Lean Manufacturing* é apresentada na tabela 5.14.

TABELA 5.14 - Relação entre o uso do *Lean Manufacturing* e os *clusters*

Respostas	Clusters				Total
	1	2	3	4	
Não possui	20 – 30,77%	40 – 57,97%	28 – 41,18%	13 – 31,70%	101 – 41,56%
De 0 a 5 anos	25 – 38,46%	21 – 30,43%	21 – 30,88%	9 – 21,95%	76 – 31,27%
De 5 a 10 anos	17 – 26,15%	6 – 8,69%	13 – 19,12%	9 – 21,95%	45 – 18,52%
Mais de 10 anos	3 – 4,62%	2 – 2,90%	6 – 8,82%	10 – 24,39%	21 – 8,64%
Total	65	69	68	41	243

Fonte: Elaborado pelo autor

O mesmo comportamento observado para o Seis Sigma, ocorre para o *Lean Manufacturing*, de acordo com a tabela 5.14. Grande parte das empresas, 41,56%, não aplicam o LM e 31,27% o utilizam a menos de 5 anos.

O *cluster 1* possui a maior proporção de empresas utilizando o LM entre 0 a 5 e entre 5 a 10 anos, 38,46% e 26,15% respectivamente, contribuindo para que este *cluster*

obtenha valores positivos para os fatores 2 (Resultados Operacionais) e 5 (Intensidade do uso das TEB) devido ao LM.

Os *clusters* 2 e 3 possuem a maior proporção de empresas que não aplicam o LM, 57,97% e 41,18%, respectivamente. O *cluster* 4 dispõe da maior quantidade absoluta e relativa de empresas que usam o LM a mais de 10 anos, 10 empresas (24,39%).

A análise referente ao *Lean Seis Sigma* é apresentada na tabela 5.15.

TABELA 5.15 - Relação entre o uso do *Lean Seis Sigma* e os *clusters*

Respostas	Clusters				Total
	1	2	3	4	
Não possui	53 - 81,59%	59 - 85,51%	49 - 72,06%	19 - 46,34%	180 - 74,07%
De 0 a 5 anos	6 - 9,23%	8 - 11,59%	14 - 20,58%	9 - 21,95%	37 - 15,23%
De 5 a 10 anos	6 - 9,23%	1 - 1,45%	3 - 4,41%	5 - 12,19%	15 - 6,17%
Mais de 10 anos	0 - 0,00%	1 - 1,45%	2 - 2,94%	8 - 19,51%	11 - 4,53%
Total	65	69	68	41	243

Fonte: Elaborado pelo autor

Na tabela 5.15 é predominante a proporção de empresas que não aplicam o LSS, 74,07%, sendo maior em comparação aos outros programas. Os *clusters* 1, 2 e 3 detêm a maior quantidade relativa de empresas que não usam o LSS, 81,59%, 85,51% e 72,06% respectivamente. O *cluster* 3 possui 20,58% das suas empresas aplicando o LSS até 5 anos.

Os *clusters* 1 e 4 possuem mais empresas utilizando o LSS entre 5 a 10 anos, 12,19% e 19,51% respectivamente. Da mesma maneira como ocorrido com o LM, o *cluster* 4 tem a maior quantidade relativa (19,51%) e absoluta (8) de empresas aplicando o LSS a mais de 10 anos.

A análise referente ao TQM é apresentada na tabela 5.16.

TABELA 5.16 - Relação entre o uso do TQM com e os *clusters*

Respostas	Clusters				Total
	1	2	3	4	
Não possui	46 - 70,77%	56 - 81,16%	45 - 66,18%	16 - 39,02%	163 - 67,08%
De 0 a 5 anos	6 - 9,23%	11 - 15,94%	8 - 11,76%	7 - 17,07%	32 - 13,17%
De 5 a 10 anos	5 - 7,69%	1 - 1,45%	4 - 5,88%	7 - 17,07%	17 - 6,99%
Mais de 10 anos	8 - 12,31%	1 - 1,45%	11 - 16,18%	11 - 26,83%	31 - 12,76%
Total	65	69	68	41	243

Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com a tabela 5.16, 67,08% das empresas não usam o TQM, contudo, 12,76% o aplicam a mais de 10 anos, a maior proporção ao se comparar os programas de melhoria.

Os *clusters* 1, 2 e 3 possuem 70,77%, 81,16% e 66,18%, respectivamente, das suas empresas que não aplicam o TQM. Os destaques para este programa estão para o *cluster* 4, que tem 17,07%, das suas empresas usando o TQM até 5 anos, 17,07% de 5 a 10 anos e 26,83% aplicando a mais de 10 anos.

A análise referente ao TPM é apresentada na tabela 5.17.

TABELA 5.17 - Relação entre o uso do TPM e os *clusters*

Respostas	Clusters				Total
	1	2	3	4	
Não possui	35 - 53,85%	45 - 65,22%	38 - 55,88%	14 - 34,15%	132 - 54,32%
De 0 a 5 anos	10 - 15,38%	14 - 20,29%	17 - 25,00%	6 - 14,63%	47 - 19,34%
De 5 a 10 anos	16 - 24,62%	7 - 10,14%	7 - 10,29%	15 - 36,58%	45 - 18,52%
Mais de 10 anos	4 - 6,15%	3 - 4,35%	6 - 8,82%	6 - 14,63%	19 - 7,82%
Total	65	69	68	41	243

Fonte: Elaborado pelo autor

Na tabela 5.17 verifica-se que 54,32% das empresas não usam o TPM, todavia, 18,52% o utilizam entre 5 a 10 anos.

Entre as empresas que não aplicam o TPM, estão as dos *clusters* 2, 3, 1 e 4 com 65,22, 55,88, 53,85 e 34,15%, respectivamente. O *cluster* 4 possui 36,58% de suas empresas, aplicando o TPM entre 5 a 10 anos e 14,63% a mais de 10 anos, comportamento semelhante aos outros programas apresentados.

Através das tabelas 5.11, 5.12, 5.13, 5.14, 5.15, 5.16 e 5.17 é possível verificar que a aplicação dos programas de melhoria ocorre de forma simultânea, ou seja, as empresas podem utilizar mais de um programa de melhoria no mesmo momento. Por exemplo, no *cluster* 4 as empresas que utilizam os programas de melhoria a mais de 10 anos são 44, o que extrapola o número de 41 empresas para este *cluster*.

A síntese das informações relacionadas a análise de *cluster* e a análise de associação, apresentadas anteriormente, estão no quadro 5.3.

QUADRO 5.3 - Síntese da análise de cluster e associação

Cluster	Qtd empresas	Classificação	% da amostra	Segmentos industriais predominantes	Porte predominante	Nacionalidade predominante	Importância da qualidade	SS	LM	LSS	TQM	TPM
1	65	Empresas quase avançadas	26,70%	Bens de consumo/higiene pessoal e Eletroeletrônicos/Eletrodomésticos	Médio	Empresas nacionais	Maioria das empresas - considera m alta	- 29,23% das empresas deste cluster aplicam até 5 anos	- 38,46% das empresas deste cluster aplicam entre 0 a 5 anos. - 26,15% das empresas deste cluster aplicam entre 5 a 10 anos.	A maioria das empresas deste cluster não aplicam	A maioria das empresas deste cluster não aplicam	A maioria das empresas deste cluster não aplicam
2	69	Empresas iniciantes	28,40%	Farmacêutico e Químico	Grande	Empresas nacionais	Maioria das empresas - considera m alta	A maioria das empresas deste cluster não aplicam	A maioria das empresas deste cluster não aplicam	A maioria das empresas deste cluster não aplicam	A maioria das empresas deste cluster não aplicam	A maioria das empresas deste cluster não aplicam
3	68	Empresas intermediárias	28,00%	Máquinas/equipamentos seriados e Alimentos/bebidas	Grande	Empresas nacionais	Maioria das empresas - considera m alta	A maioria das empresas deste cluster não aplicam	A maioria das empresas deste cluster não aplicam. - 30,88% aplicam até 5 anos.	A maioria das empresas deste cluster não aplicam. - 20,58% aplicam até 5 anos	A maioria das empresas deste cluster não aplicam	A maioria das empresas deste cluster não aplicam
4	41	Empresas avançadas	16,90%	Autopeças, Farmacêutico e Químico	Grande	Empresas estrangeiras	Maioria das empresas - considera m alta	- 31,70% das empresas deste cluster aplicam entre 5 a 10 anos - 21,95% das	- 21,95% das empresas deste cluster aplicam entre 5 a 10 anos - 24,39% das empresas deste cluster aplicam	- 12,19% das empresas deste cluster aplicam entre 5 a 10 anos - 19,51%	- 17,07% das empresas deste cluster aplicam entre 0 a 5 anos - 17,07% das empresas deste cluster aplicam entre 5 a 10 anos	- 36,58% das empresas deste cluster aplicam entre 5 a 10 anos. - 14,63% das empresas deste cluster aplicam a

<i>Cluster</i>	Qtd empresas	Classificação	% da amostra	Segmentos industriais predominantes	Porte predominante	Nacionalidade predominante	Importância da qualidade	SS	LM	LSS	TQM	TPM
								empresas deste cluster aplicam a mais de 10 anos	a mais de 10 anos	das empresas deste cluster aplicam a mais de 10 anos	anos. - 26,83% das empresas deste cluster aplicam a mais de 10 anos	mais de 10 anos

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme apresentado no quadro 5.3, e com o auxílio do quadro 2.7 e do gráfico 5.4, o *cluster 1* é formado por empresas que consideram de forma elevada a importância da qualidade para a estratégia competitiva da unidade/empresa, mas somente 29,23% aplicam o SS até 5 anos, 38,46% aplicam o LM até 5 e 26,15% entre 5 a 10 anos.

O uso do SS que abrange todos os princípios do PE e as TE em todos os níveis de complexidade, contribui para que o *cluster 1*, “Empresas quase avançadas”, tenha os valores positivos para os fatores 2, 3, 5 e 6.

A maioria das empresas do *cluster 2*, “Empresas iniciantes” consideram em alta importância a qualidade, porém, grande parte destas, não aplicam os programas de melhoria considerados nesta pesquisa, isto confirma os valores negativos para os fatores obtidos na análise fatorial.

O *cluster 3*, “Empresas intermediárias”, é formado em grande parte por empresas que consideram alta a importância da qualidade para a estratégia competitiva, mas de forma apenas incipiente, aplicam os programas de melhoria. Isto é confirmado pois 30,88% das empresas deste cluster aplicam o SS até 5 anos e 20,58% usam o LM pelo mesmo período. Isto colabora para que o *cluster 3* obtenha os fatores 2, 4 e 5 como positivos, devido a presença de PE e utilização das TE no SS e a ênfase na aplicação de TEB no LM.

O *cluster 4*, “Empresas avançadas”, possui todos os fatores da análise fatorial positivos e a obtenção do maior valor para a aplicação das TEA. Isto é comprovado pois, além de considerarem a importância para a qualidade na estratégia da empresa, a maioria destas, aplicam todos os programas de melhoria analisados. Com destaque para os programas utilizados que são empregados por mais de 5 anos, onde 53,65% das empresas deste *cluster* aplicam o SS por este período, 46% o LM e 43% o TQM.

Como os princípios do PE estão pouco presentes no LM e no TQM, conforme quadro 2.7, assim como as TE serem pouco utilizadas nestes programas, os valores positivos de todos os fatores do *cluster 4* podem ser mais resultantes da utilização do SS e LSS. Isto ocorre, pois, 53,65% das empresas desse *cluster* usam o SS por mais de 5 anos e 31,70% empregam o LSS pelo mesmo período.

Além do SS, no LSS os princípios do PE estão presentes assim como a utilização das TE, desta maneira, as empresas do *cluster 4* possuem bom desempenho em termos de

valores positivos para os fatores obtidos na análise fatorial e conseqüentemente receber a classificação de “Empresas avançadas”.

Pode se inferir com as análises anteriores, principalmente do quadro 5.3, que o uso de um programa de melhoria específico por menos de 5 anos, pode não contribuir para a obtenção de valores positivos dos fatores e conseqüentemente para a compreensão dos princípios do PE e a aplicação das TE.

Assim, ao analisar o *cluster* 4, observa-se que a principal associação entre os programas de melhoria, o uso de PE e de TE e os benefícios percebidos está no uso destes programas de melhoria, com destaque para o SS e o LSS, por mais de 5 anos, o que pode ser determinante na obtenção de resultados operacionais percebidos. Através disto, responde-se uma das perguntas de pesquisa relacionadas à existência de associação entre o uso dos programas de melhoria, PE e TE e os benefícios percebidos.

5.3.6 Validação da Análise de *cluster*

A análise variância ANOVA (*Analysis of Variance*) é aplicado para verificar quais variáveis contribuem para distinguir os *clusters*. Tais variáveis devem possuir níveis de significância, menores que 5% ($p \leq 0,05$). Espera-se que, caso uma variável consiga distinguir bem os *clusters*, a variabilidade dela entre os grupos será elevada e a variabilidade interna será mínima. (FÁVERO et al., 2009)

Com o auxílio da análise de variância é possível verificar quais fatores mais contribuem para que os *clusters* sejam diferentes entre si. Isto é realizado por meio das médias de cada fator. De acordo com a tabela 5.18, todos os fatores contribuem para este objetivo pois $p \text{ value} \leq 0,05$.

TABELA 5.18 - Análise de variância (ANOVA) para cada fator

Fator	<i>Cluster</i>		Erro		F	Sig.
	Média do quadrados	df	Média dos quadrados	df		
1 - Intensidade do uso de Técnicas Estatísticas Avançadas	45,300	3	0,444	239	102,044	0,000

Fator	Cluster		Erro		F	Sig.
	Média do quadrados	df	Média dos quadrados	df		
2 - Resultados operacionais percebidos	19,283	3	0,771	239	25,027	0,000
3 - Compreensão dos princípios de PE	6,526	3	0,931	239	7,013	0,000
4 - Resultados percebidos com a compreensão dos princípios de PE e da aplicação das TE	24,156	3	0,709	239	34,055	0,000
5 - Intensidade do uso de Técnicas Estatísticas Básicas	7,616	3	0,917	239	8,305	0,000
6 - Orientação ao uso das técnicas estatísticas	36,427	3	0,555	239	65,597	0,000

Fonte: Adaptado do software SPSS

Ainda para validar a análise de *cluster* realizada, foi aplicado o procedimento de análise discriminante, a qual gera funções discriminantes (combinações lineares das variáveis) que aumentam a distinção dos grupos descritos pelas categorias de determinada variável dependente. O objetivo principal da análise discriminante é elaborar previsões a respeito de qual grupo certa observação (neste caso empresas) irá pertencer (FÁVERO et al., 2009)

Com o auxílio da análise discriminante gerada pelo *software* SPSS, é possível verificar a capacidade de classificação dos casos (empresas) em função dos *clusters* formados. Esta análise é necessária para verificar se houve diferença entre a utilização dos métodos hierárquico e não hierárquico da análise de *cluster*.

Deste modo, por meio da tabela 5.19 observa-se *hit ratio* de 96,7%, ou seja, a precisão da classificação das empresas para cada *cluster* ficou próxima de 100%. Para Hair et al. (2005) o mínimo recomendado é de 50,25%.

TABELA 5.19 - Matriz de classificação dos clusters

Número do cluster	Grupo previsto				Total	
	1	2	3	4		
N	1	63	1	0	1	65

Número do <i>cluster</i>	Grupo previsto				Total
	1	2	3	4	
2	0	67	2	0	69
3	0	0	66	2	68
4	1	1	0	39	41
%	1	96,9	1,5	,0	100,0
	2	,0	97,1	2,9	100,0
	3	,0	,0	97,1	100,0
	4	2,4	2,4	,0	95,1

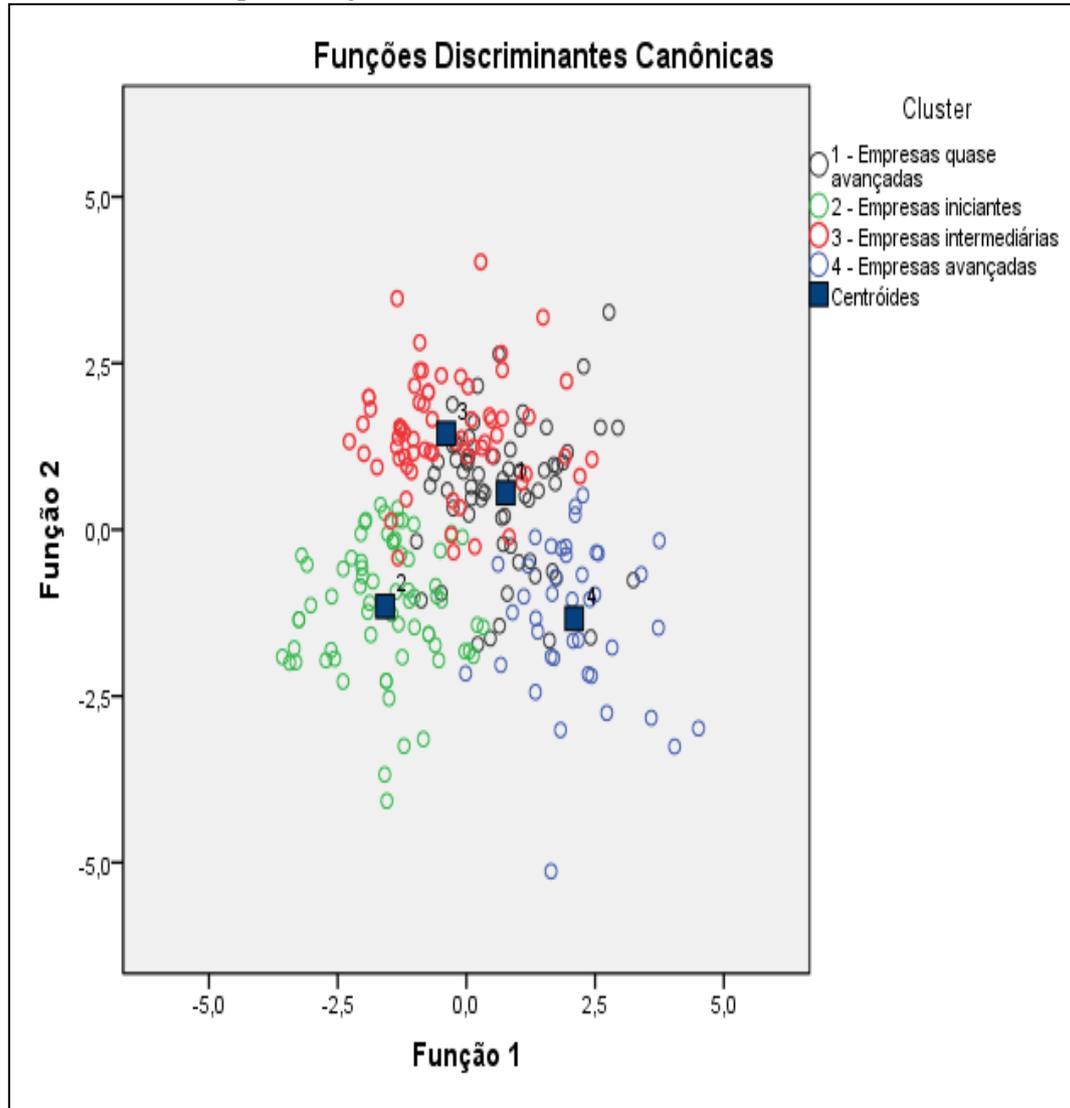
96,7% de precisão na classificação dos casos.
(hit ratio)

Fonte: Adaptado do software SPSS

Além de apresentar os resultados anteriores, a análise discriminante também auxilia na verificação gráfica dos centroides dos clusters, verificando assim se estes são diferentes entre si. (PESTANA; GAGEIRO, 2003)

Com a figura 5.3 é possível verificar como estão dispostos as empresas e os centroides dos *clusters* formados. Observa-se que os centroides possuem valores distintos, além disso, os *clusters* são destacados de acordo com os elementos (empresas). As funções 1 e 2 são provenientes da análise discriminante realizada. A função 1 apresenta a posição das empresas de diferentes clusters no eixo x e de forma semelhante, a função 2 expõe a posição das empresas de diferentes clusters no eixo y.

FIGURA 5.3 - Representação dos clusters e centroides



Fonte: Adaptado do software SPSS

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo descreve as principais conclusões da dissertação, assim como suas limitações e sugestões para pesquisas futuras.

6.1 Conclusões

Através desta pesquisa foi possível verificar que o Pensamento Estatístico (PE) possui diferentes termos para defini-lo como filosofia de aprendizado segundo Makrymichalos et al. (2005), pensamento de processo segundo Snee (1990), capacidade de observação de acordo com Coleman (2013), abordagem de resolução de problemas conforme Krishnamoorthi (2010), entre outros. Em todos estes conceitos está presente a variação como um elemento inserido nos processos. Além disso, o PE fundamenta a aplicação das ferramentas e Técnicas Estatísticas (TE) para controlar e reduzir estas variações. Para tanto, é necessário observar os diferentes processos como interconectados entre si.

Um dos objetivos da pesquisa foi identificar a presença dos princípios do PE e das TE, nos programas de melhoria analisados, assim, foi possível observar, por meio da revisão bibliográfica, o nível de presença do PE e das TE nos programas de melhoria, como o Seis Sigma (SS), *Lean Manufacturing* (LM), *Lean Seis Sigma* (LSS), TQM (*Total Quality Management* – Gestão da Qualidade Total) e TPM (*Total Productive Maintenance* – Manutenção Produtiva Total).

Conforme apresentado no quadro 2.7, programas como o SS possuem os princípios do PE presentes e mais fundamentados, ao contrário do LM e TQM, os quais não consideram a variação como um elemento inserido nos processos, isto é, a variação como “um fato da vida”. Esses programas buscam a eliminação de desperdícios, mas não o controle da variação. Assim, estes programas não entendem a variabilidade dos processos e a variação inserida neles como o elemento central na obtenção do “sucesso”. O TPM busca eliminar a variabilidade dos processos, mas também não possui ferramentas para controle da variação. Apesar disso, todos os programas de melhoria pesquisados nesta dissertação se preocupam em analisar os processos de forma interconectada, todavia, de maneiras e em níveis diferentes.

Isso reflete na aplicação das TE e ferramentas que cada programa usa na redução das fontes de variação. O SS e o LSS aplicam – nas em seus diferentes níveis de complexidade, sendo os únicos programas que também enfatizam o uso de Técnicas Estatísticas Avançadas (TEA).

Os programas TQM e TPM usam algumas ferramentas como FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis* – Análise dos Modos e Efeitos de Falha), CEP (Controle Estatístico de Processos). O LM tem como foco a aplicação das Técnicas Estatísticas Básicas (TEB) para a resolução das fontes de desperdício e outros problemas encontrados nos processos.

Além de analisar a presença do PE e das TE nos programas de melhoria, esta dissertação apresentou os resultados de uma pesquisa *survey* em uma amostra de 243 empresas de 7 segmentos industriais, para analisar os resultados da aplicação do PE e do uso das TE. Foi possível observar que 60,5% dos entrevistados reconhecem o entendimento de que a redução da variação de processos é crítica/importante para o desempenho da manufatura, porém, 53,90% das empresas não realizam a medição da confiabilidade de dados. Além disso, 37,0% consideram que a visão de processo não está consolidada para os operadores do processo principal e 36,6% não reconhecem que o processo pode ser considerado em estado de controle estatístico. Infere-se assim que grande parte das empresas possui pouca compreensão quantitativa de como a variação pode influenciar de forma positiva ou negativa seus processos.

Em relação às TE, 61,32% das empresas usam o Diagrama de Causa e Efeito e 56,79% empregam o Diagrama de Pareto. Em relação às técnicas menos utilizadas, 68,31% das empresas não usam as Folhas de Verificação e 50,21% não empregam a Análise de Correlação. As TEA (Técnicas Estatísticas Avançadas) são pouco utilizadas, devido a predominância de respostas nas categorias “Raramente” e “Nunca” em 74,19% da amostra. Isto levanta a hipótese de que as empresas podem enfrentar problemas quando se depararem com problemas produtivos mais complexos e necessitarem de técnicas de análise mais sofisticadas.

Em relação aos resultados relacionados com o desempenho operacional percebido médio dos últimos 3 anos e os resultados subjetivos percebidos com a aplicação das TE e princípios do PE, observou - se que para 41,98% das empresas houve aumento da preocupação em medir e compreender a variabilidade dos processos e investigar suas causas, 39,92% das empresas conseguiram obter aumento no nível de satisfação dos

clientes, todavia, para 56,79% das empresas os funcionários operacionais não se sentem à vontade e motivados para aplicação de PE e TE, para 38,27% das empresas não foi possível obter aumento do nível de compreensão dos processos e da capacidade para resolução de problemas, com a difusão e uso de PE e TE. Com isso, percebe-se que mesmo sem fundamentação dos conceitos de PE e TE, as empresas conseguiram perceber um aumento em alguns indicadores operacionais.

Foram identificados 4 *clusters*, formados em função dos 6 fatores obtidos na análise fatorial, que corresponde a 67,33% da variação total dos dados. Esses fatores representam a utilização das TEA, resultados operacionais percebidos, compreensão do PE, resultados percebidos relacionados com a compreensão do PE e TE, utilização das TEB e orientação para uso das TE.

Através dessa análise constatou - se que o *cluster* 4 é o de melhores resultados em função dos fatores, ele foi denominado de “Empresas avançadas”. Este possui 16,9% da amostra, o que corresponde a 41 empresas. Este *cluster* é o único com todos os fatores da análise fatorial positivos, com maiores valores para o uso das TEA e TEB. Ele é formado em sua grande maioria por empresas estrangeiras, dos segmentos de Autopeças, Farmacêutico e Químico e com mais de 500 funcionários.

Um dos objetivos desta pesquisa foi analisar os resultados percebidos obtidos pelas empresas mais fundamentadas em PE e no uso das TE. Através da tabela 5.10 observa-se que em relação ao *cluster* 4, 12 empresas conseguiram resultados operacionais percebidos, o que representa 29,26% das empresas deste *cluster*, 11 empresas obtiveram benefícios subjetivos percebidos com o uso dos princípios do PE e das TE representando 26,82% das empresas e 7 empresas (17,07%) obtiveram tanto resultados operacionais quanto benefícios subjetivos percebidos com uso do PE e TE.

Esses resultados mostram que o *cluster* 4, “Empresas avançadas”, em comparação aos outros 3 *clusters*, possui empresas com os melhores resultados operacionais percebidos e relacionados com o uso de PE e TE. Isso demonstra que as empresas mais fundamentadas nos princípios do PE e no uso do TE obtiveram resultados operacionais percebidos, respondendo assim a uma das perguntas de pesquisa.

Outro objetivo desta pesquisa foi analisar a existência de associação entre os programas de melhoria, o uso de PE e de TE e os benefícios percebidos. Para tanto, foi necessário comprovar a existência de associação entre os programas de melhoria e os

clusters e que as empresas usam mais de um programa ao mesmo tempo. Constatou-se que o LM é o programa de melhoria mais empregado, seguido pelo SS. Apesar disso, grande parte das empresas ainda não usam os programas de melhoria. Entre os *clusters* formados, o 2, denominado de ‘Empresas iniciantes’, possui menos empresas que usam algum programa de melhoria.

Ao contrário do *cluster* 2, o 4 possui os melhores resultados em função dos fatores e em termos de resultados operacionais e benefícios percebidos com o uso do PE e TE, para isto, ao se considerar as empresas do cluster 4, que usam os programas de melhoria há mais de 5 anos, 53,65% empregam o SS, 46,34% utilizam o LM, 31,70% o LSS, 43,90% o TQM e 51,21% o TPM. Todos os *clusters* contem empresas que utilizam programas de melhoria, mas o diferencial constatado no *cluster* 4, é o emprego destes, por um período de tempo mais longo. O uso do SS e do LSS, programas que utilizam as TEB e TEA, também contribuem para os valores dos fatores do *cluster* 4 serem positivos, assim como para que as empresas deste *cluster* obtivessem resultados operacionais e benefícios subjetivos percebidos com o uso do PE e TE.

A obtenção de resultados positivos dos fatores com a utilização dos programas de melhoria por um período de tempo mais longo, também é observado nos *clusters* 1 e 3, denominados de “Empresas quase avançadas” e “Empresas intermediárias”, respectivamente. Considerando as empresas que usam os programas de melhoria por mais de 5 anos, 30,77% das empresas do cluster 1, empregam o LM e 30,77% usam o TPM. Em relação as empresas do cluster 3, 27,94% utilizam o LM e 22,06% usam o TQM, pelo mesmo período.

Na análise realizada do *cluster* 4, de empresas mais fundamentadas em PE e TE, observou-se a principal associação entre os programas de melhoria, o uso de PE, TE e os benefícios percebidos está no uso destes programas de melhoria, com destaque para o SS e o LSS, por mais de 5 anos, o que pode ser determinante na obtenção de resultados operacionais percebidos. Através disto, responde-se uma das perguntas de pesquisa sobre a existência de associação entre PE, TE, programas de melhoria e resultados percebidos.

O objetivo principal desta dissertação foi analisar o nível de presença dos princípios do PE e das TE nos programas de melhoria e os resultados percebidos com esse uso em uma amostra de empresas industriais do Estado de São Paulo. Para tanto, pôde se observar que os programas SS e LSS possuem maior presença dos princípios do

PE e das TE e a utilização a longo prazo, desses programas, colaboram mais para a melhor compreensão dos princípios do PE e melhor uso das TE e podem ser determinantes na obtenção de resultados operacionais e benefícios subjetivos percebidos com o uso do PE e TE, o que foi demonstrado pelos resultados das empresas do *cluster* 4, no gráfico 5.4, no quadro 5.3 e na tabela 5.10.

6.2 Limitações desta pesquisa

A ausência de mais pesquisas de campo que mostram modelos de aplicação estruturados do PE dificulta sua compreensão e o monitoramento das falhas em sua aplicação. Grande parte da bibliografia utilizada para este trabalho está relacionada a definições do PE. Como este não é amplamente difundido, aumenta-se a dificuldade de análise direta do PE nas empresas da amostra. Para contrapor essa dificuldade, esta dissertação verificou a presença do PE nos programas de melhoria, contudo, não há muitas pesquisas relacionadas a este tema.

Outro fator limitante para esta pesquisa foi a ausência de análise por segmentos industriais, que possivelmente podem influenciar positivamente ou negativamente para a difusão do PE, TE e uso dos programas de melhoria. Isso dificulta a análise das possíveis influências que os segmentos industriais analisados têm nos resultados desta pesquisa, pois, determinado segmento industrial pode ou não colaborar para que haja melhor fundamentação em PE e/ou melhor uso das TE.

Outra limitação foi na análise de quais certificações de sistemas de gestão podem colaborar de forma positiva ou negativa no uso de PE, TE e programas de melhoria, assim como na obtenção de resultados percebidos operacionais e relacionados ao PE e TE.

6.3 Sugestões para pesquisas futuras

Como proposta para continuidade desta pesquisa, sugere-se a análise de outros métodos de aplicação do PE, assim como, verificação empírica de quais conceitos do PE mais colaboram para sua compreensão.

Além disso, faz - se a sugestão de utilizar outras técnicas multivariadas para analisar as relações de causalidade entre as variáveis analisadas neste trabalho, com o

objetivo de verificar quantitativamente (de forma positiva ou negativa) a contribuição destas variáveis para a obtenção dos resultados operacionais percebidos e os benefícios subjetivos percebidos com a aplicação das TE e princípios do PE). Por exemplo, aplicando a análise de regressão ou modelagem de equações estruturais pode ser verificado como, e em que grau, o nível de satisfação dos clientes é dependente das variáveis apresentadas nesta pesquisa ou outras a serem propostas.

A mesma sugestão, apresentada no parágrafo anterior, pode ser feita para os segmentos industriais considerados desta pesquisa. Assim, pode ser analisada a existência ou não de relações de causalidade entre os segmentos industriais e outras variáveis de pesquisa e de que maneira os certificados de sistemas de gestão, que as empresas destes segmentos possuem, podem influenciar os resultados.

REFERÊNCIAS

ABRAHAN, B. Statistics in Business and Industry: Implementation. **International Statistical Review**. v.73, n.2, p.173-176, 2005.

AGARWAL, A.; CHAURASIA, B.;GARG, D. Framework to improve performance through implementing Lean Six Sigma strategies to oil exporting countries during recession or depression. **International Journal of Productivity and Performance Management**. Vol.65. No.3, pp. 422-432. 2016.

ALVES, A.C.; DINIS-CARVALHO, J.; SOUSA, R.M. Lean production as promoter of thinkers to achieve companies' agility, **The Learning Organization**, Vol. 19 No. 3, pp. 219-237. 2012.

ANDERSON-COOK, C. M. et al. Statistical engineering – forming the foundations. **Quality Engineering**. v.24, n.2, p.110-132, 2012.

ANDERSSON, R.; ERIKSSON, H.; TORSTENSSON, H. Similarities and differences between TQM, Six Sigma and lean, **The TQM Magazine**, Vol. 18 No. 3, pp. 282-96. 2006.

ANTONELLI, S. C.; SANTOS, A. B. Aplicação da abordagem estatística no contexto da gestão da qualidade: um *survey* com indústrias de alimentos de São Paulo. **Gestão da Produção**. São Carlos, v. 18, n. 3, p. 509-524, 2011.

ANTONY, J. Six Sigma vs TQM: some perspectives from leading practitioners and academics. **International Journal of Productivity and Performance Management**. Vol.58. No.3, pp. 274-279. 2009.

ANTONY, J.et al. Can Six Sigma be the 'cure' for our 'ailing' NHS? **Leadership in Health Services**, Vol. 20 No. 4, pp. 242-253. 2007.

ANTONY, J., et al. Lean Six Sigma for higher education institutions (HEIs): challenges, barriers, success factors, tools/techniques, **International Journal of Productivity and Performance Management**, Vol. 61 No. 8, pp. 940-948, 2012.

ARNHEITER, E. A.; MALEYEFF, J.; VENKATESWARAN, V. The continuing evolution of Lean Six Sigma. **The TQM Journal**. Vol.24. No.6. pp. 542-555. 2012.

ATTRI, R. et al. Analysis of barriers of total productive maintenance (TPM). **Int J Syst Assur Eng Manag**, n. 4, v. 4, p.365–377, 2013.

BAKKE, A. H.; LEITE, A. S. M.; SILVA, L. B. Estatística multivariada: Aplicação da análise fatorial na Engenharia de Produção. **Revista Gestão Industrial**. Paraná. v. 04, n. 04: p. 01-14, 2008.

BARTHOLOMEW, D. What is Statistics? **J.R. Statist Soc. A**, **158**, Part 1, 1-20. 1995.

BENDELL, T. A review and comparison of six sigma and the lean organizations. **The TQM Magazine**, Vol. 18 No. 3, pp. 255-62. 2006.

BHASIN, S.; BURCHER, P. Lean viewed as a philosophy, **Journal of Manufacturing Technology Management**, Vol. 17 No. 1, pp. 56-72. 2006.

BHUIYAN, N.; BAGHEL, A. An overview of continuous improvement: from the past to the present, **Management Decision**, Vol. 43 No. 5, pp. 771-81. 2005.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO (BNDES). **Quem pode ser cliente**. Disponível em:
<<http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia/quem-pode-ser-cliente/>>. Acesso em: 13 mar. 2017.

BOLFARINE, H.; BUSSAB, W. O. **Elementos de amostragem**. 1. Ed. São Paulo: Editora Blucher, 2005.

BRITZ, G. C.; EMERLING, D. W.; HARE, L. B.; HOERL, R. W.; JANIS, S. J.; SHADE, J. E. **Improving performance through statistical thinking**. Milwaukee: ASQ Quality Press. 2000.

CALVO-MORA, A. et al. The relationships between soft-hard TQM factors and key business results. **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 34 No. 1, 2014a.

CALVO-MORA, A. et al. Mediation effect of TQM technical factors in excellence management systems. **Journal of Business Research**, v. 67, p. 769–774, 2014b.

CARVALHO, M. M.; ROTONDARO, R. G. Modelo Seis Sigma. In:_____. **Gestão da Qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro. Elsevier, 2005.

CHAKRAVORTY, S.S. Six Sigma programs: an implementation model, **International Journal of Production Economics**, Vol. 119 No. 1, pp. 1-16. 2009.

CHAURASIA, B.; GARG, D.; ARGAWAL, A. Framework to improve performance through implementing Lean Six Sigma strategies to oil exporting countries during recession or depression. **International Journal of Productivity and Performance Management**, Vol. 65 Iss 3 pp. 422 – 432. 2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Portal da Indústria. Perfis dos estados**. 2014. Disponível em:

< <http://perfilestados.portaldaindustria.com.br/estado/sp>>. Acesso em: 13 mar. 2017.

COLEMAN, S.Y. Statistical Thinking in the quality movement ± 25 years. **The TQM Journal**. v.25, n.6, p.597-605, 2013.

CORREDOR, P.; GOÑI, S. TQM and performance: Is the relationship so obvious? **Journal of Business Research**. v. 64, p.830–838, 2011.

CUA, K.O. et al. Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance. **Journal of Operations Management**. v. 19. p. 675–694. 2001.

DAHLGAARD, J. J.; DAHLGAARD – PARK, S. M. Lean production, Six Sigma quality, TQM and company culture, **The TQM Magazine**, Vol. 18 No. 3, pp. 253-81. 2006.

DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada: Um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo**. Ed 1. Porto Alegre: Bookman, 2008.

DE KONING, H. et al. Generic lean Six Sigma project definitions in financial services, **Quality Management Journal**, Vol. 15, pp. 32-45. 2008.

DRANSFIELD, S.B.; FISHER, N.I.; VOGEL, N.J. Using Statistics and Statistical Thinking to Improve Organisational Performance. **International Statistical Review**. v.67, n.2, p.99-150, 1999.

EVANS, J. R.; LINDSAY, W. M. **The Management and Control of Quality**. Mason: Thomson South-Western, 6^a ed., 760 p. 2005.

FÁVERO, L. P. et al., **Análise de dados: Modelagem multivariada para tomada de decisões**. 9. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 22 No. 2, pp. 152-194, 2002.

FRIENDLY, M. The golden age of statistical graphics. **Statistical Science**. v.23, n.4, p.502-535, 2008.

GEORGE, M.L. **Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed**, McGraw-Hill, New York, NY. 2002.

GLASER-SEGURA, D. A.; PEINADO, J.; GRAEML, A. R. Fatores influenciadores do sucesso da adoção da produção enxuta: uma análise da indústria de três países de economia emergente. **Revista Administração**, São Paulo, v.46, n.4, p.423-436, 2011.

GLASGOW, J. M. et al., Guiding inpatient quality improvement: A systematic review of Lean and Six Sigma. **Joint Commission Journal of Quality and Patient Safety**. v.36, n.12. p. 533 – 540, 2010.

GOH, T.N. Six sigma in industry: some observations after twenty-five years. **Quality and Reliability Engineering International**. v.27, n.2, p.221-227, 2011.

GONZALEZ, R. V. D., Gestão do conhecimento: uma análise do setor automobilístico a partir de fatores contextuais da organização. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, 2011.

GOUVÊA, M. A.; LA PLATA, J. P.F. Segmentos de médicos para a categoria de produtos cirúrgicos no Brasil. In: **IX SEMEAD – Seminários em Administração FEA – USP**, 2006, São Paulo.

HAIR, Jr., J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman. 2005.

HARE, L. B. Statistical engineering- principles and examples. **Quality Engineering**. v.24, n.2, p.153-161, 2012.

HELLSTEN, U.; KLEFSJÖ, B. TQM as a management system consisting of values, techniques and tools. **TQM Magazine**, v.12, n.4, p. 238–244, 2000.

HOERL, R. W.; SNEE, R. D. Statistical Thinking and Methods in Quality Improvement: a look to the future. **Quality Engineering**, v.22, n.3, p.119-129, 2010.

HOERL, R. W.; SNEE, R. D. **Statistical Thinking**: improving business performance. 2 ed. New Jersey: John Wiley&Sons, 514 p. 2012,

HUARNG, F.; CHEN, Y. Relationships of TQM philosophy, methods and performance: a survey in Taiwan. **Industrial Management & Data Systems**, v. 102, n. 4, p. 226-234, 2002.

JAYARAM, J. et al. Contingency relationships of firm size, TQM duration, unionization, and industry context on TQM implementation — A focus on total effects. **Journal of Operations Management**. v. 28, p.345–356, 2010.

JAIN, A.; BHATTI, R.; SINGH, H. Total productive maintenance (TPM) implementation practice, **International Journal of Lean Six Sigma**, Vol. 5 Iss 3 pp. 293 – 323. 2014.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 6 ed. Upper Saddle River: Person Education, 2007.

_____. **Applied multivariate statistical analysis**. 3. ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1992.

KORAKIANITI, E.; REKKAS, D. Statistical Thinking and Knowledge Management for Quality- Driven Design and Manufacturing in Pharmaceuticals. **Pharmaceutical Research**, Vol. 28 (7), p.1465-1479. 2011.

KRISHNAMOORTHY, K. S. Statistical Thinking for Engineers - What, Why, and How? In: **Industrial Engineering and Engineering Management (IE&EM)**, 2010 IEEE 17Th International Conference on. 2010.

KUMAR, U.D.; NOWICKI, D., RAMIREZ-MARQUEZ, J.E. e VERMA, D. On the optimal selection of process alternatives in a Six Sigma implementation, **International Journal of Production Economics**, Vol. 111 No. 2, pp. 456-467. 2008

KUMAR, U.D.; SARANGA, H., RAMIREZ-MARQUEZ, J.E. e NOWICKI, D. , Six Sigma project selection using data envelopment analysis, **The TQM Magazine**, Vol. 19 No. 5, pp. 419-441. 2007.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1995.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo**. Ed. 1. Porto Alegre: Bookman. 2005.

LUCIO, M. M.; JENKINS, S.; NOON, M. Fads, techniques and control: the competing agendas of TPM and Tecex at the Royal mail (UK). **Journal of Management Studies**, v.37, n. 4, 2000.

MAcKAY, R. J.; OLDFORD, W. **Stat 231 Course Notes Full 1994**. Waterloo: University of Waterloo. 1994.

MAKRYMICHALOS, M.; ANTONY, J.; ANTONY, F.; KUMAR, M. Statistical thinking and its role for industrial engineers and managers in the 21st century", **Managerial Auditing Journal**, v.20, n.4, p.354-363, 2005.

MANLY, B. J. F. **Métodos Estatísticos Multivariados: Uma introdução**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

MAROCO, J. **Análise estatística com utilização do SPSS**. 3. Ed. Lisboa: Edições Sílabo, 2007

MARTINS, R. A. Abordagens Quantitativa e Qualitativa. In: MIGUEL, P. A. C., et al. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 3. ed. Rio de Janeiro Elsevier, 2010.

MIGUEL, P. A. C. et al. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 3. ed. Rio de Janeiro Elsevier, 2010.

MIGUEL, P. A. C., Gestão da qualidade: TQM e modelos de excelência. In: _____. **Gestão da Qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro. Elsevier, 2005.

MIGUEL, P. A. C.; LEE HO, L. Levantamento tipo survey. In: MIGUEL, P. A. C., et al. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 3. ed. Rio de Janeiro Elsevier, 2010.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

MONTGOMERY, D. C. A modern framework for achieving enterprise excellence. **International Journal of Lean Six Sigma**, v.1, n.1, p.56-65, 2010.

_____. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 4. ed. Editora LTC: John Wiley& Sons, 2004.

MORETTIN, P.A.; BUSSAB, W.O. **Estatística básica**. 5.ed. São Paulo: Saraiva. 2004.

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. **The Six Sigma way: how GE, Motorola, and other top companies are honing their performance**. New York: McGraw-Hill Professional. 422p. 2000.

PATYAL, V. S.; MADDULETY, K. Interrelationship between Total Quality Management and Six Sigma: A Review. **Global Business Review** v.16, n.6, p. 1025–1060, IMI. 2015.

PESTANA, M. H.; GAGEIRO, J. N. **Análise de dados para ciências sociais: A complementariedade do SPSS**. 5. ed. Lisboa: Edições Sílabo, 2008.

PFANNKUCK, M.; WILD, C. J.; Statistical Thinking in Empirical Enquiry. International Statistical Institute. **International Statistical Review**. v. 67, n.3, p.223-265, 1999.

PINTO, S. H. B. et al. Implementação de Programas de Qualidade: Um *Survey* em Empresas de Grande Porte no Brasil. **Gestão & Produção**, v.13, n.2, p.191-203, 2006

PRASANTH et al. Interpretive Structural Modeling (ISM) and its application in analyzing factors inhibiting implementation of Total Productive Maintenance, (TPM),

International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 32 Iss 3 pp. 308 – 331. 2015.

REIS, E. **Estatística multivariada**. 2 ed. Lisboa: Edições Sílabo, 2001.

RINGEN, G.; HOLTSKOG, H. How enablers for lean product development motivate engineers, **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, Vol. 6 No. 12, pp. 1117-1127. 2011.

SANTOS, A. B. Modelo de referência para estruturar o programa de qualidade Seis Sigma: proposta e avaliação. São Carlos, Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos - UFSCar. 312 p. 2006.

SANTOS, A. B.; MARTINS, M. F. Modelo de referência para estruturar o Seis Sigma nas organizações. **Gestão & Produção**, v.15, n.1, p.43-56, 2008.

SCHERER, J. O. S. O.; RIBEIRO, J. L. D. Proposição de um modelo para análise dos fatores de risco em projetos de implantação da metodologia lean. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 20, n. 3, p. 537-553, 2013.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS. (SEBRAE). **Anuário do trabalho das micro e pequenas empresas 2014**. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Anuario-do%20trabalho-na%20micro-e-pequena%20empresa-2014.pdf>> 2014. Acesso em: 13 mar. 2017.

SENAPATI, N. R. Six Sigma: myths and realities. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 21, n. 6, p. 683-690, 2004.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R., **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas. 2007.

SINCLAIR, K. A.; SADLER, B. A. Going beyond SPC – Why we need statistical thinking in operations such as carbon plants. *In*: TOMSETT, A.; JOHNSON, J. (ed) **Essential Reading in Light Metals**. Wiley-TMS, v.4, 2013.p.365-370, 2004.

SNEE, R.D. Lean Six Sigma – getting better all the time, **International Journal of Lean Six Sigma**, Vol. 1 No. 1, pp. 9-29. 2010.

_____. Getting Better Business Results. Using statistical thinking and methods to shape the bottom line. **Quality Progress**, p.102-106, June 1998.

_____. Statistical thinking and its contribution to total quality. **The American Statistician**, v.44, n.2, p.116-121, May 1990.

SUNDARESHAN, S. D. et al. A Literature Review on Lean Implementations: A comprehensive summary. **Int. Journal of Engineering Research and Applications**. Vol. 5, Issue 11, pp.73-81, 2015.

SYNODINOS, N. E. The “art” of questionnaire construction: some important considerations for manufacturing studies. **Integrated Manufacturing Systems**, v.14, n.3, p.221-237, 2003.

TOHIDI, H. Six Sigma methodology and its relationship with Lean Manufacturing system. **Advances in Environmental Biology**, v.6, n. 2, p. 895-906, 2012.

TOLEDO, J. C. et al. **Qualidade: Gestão e Métodos**. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

Zu, X. et al. Mapping the critical links between organizational culture and TQM/Six Sigma practices. **Int. J. Production Economics**. v. 123, p. 86–106, 2010.

WALTER, O. M. F. C. Análise de ferramentas gratuitas para condução de *survey online*. **Produto & Produção**. vol.14 n.2, p. 44-58, 2013

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D.A **Máquina que mudou o mundo**. Campus: Rio de Janeiro, 1990.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; DANIEL, T. **Lean Thinking: Banish waste e create wealth in your Corporation**. Simon & Schuster, New York. 1996.

APÊNDICE A

TABELA A3 - Matriz das variâncias explicadas

Compon entes	Eigenvalues iniciais			Soma dos quadrados dos fatores extraídos			Soma dos quadrados dos fatores rotacionados		
	Total	% da Variânc ia	% Acumula da	Total	% da Variânc ia	% Acumula da	Total	% da Variâ ncia	% Acumula da
1	20,292	45,094	45,094	20,29 2	45,094	45,094	5,799	12,888	12,888
2	3,194	7,098	52,192	3,194	7,098	52,192	5,722	12,715	25,603
3	2,264	5,032	57,224	2,264	5,032	57,224	5,553	12,340	37,943
4	1,849	4,108	61,332	1,849	4,108	61,332	5,332	11,849	49,793
5	1,490	3,312	64,644	1,490	3,312	64,644	4,837	10,749	60,542
6	1,211	2,690	67,334	1,211	2,690	67,334	2,872	6,381	66,923
7	1,068	2,374	69,708	1,068	2,374	69,708	1,253	2,785	69,708
8	,953	2,117	71,825						
9	,910	2,023	73,848						
10	,814	1,810	75,658						
11	,782	1,738	77,396						
12	,685	1,523	78,919						
13	,629	1,398	80,317						
14	,559	1,243	81,560						
15	,534	1,187	82,747						
16	,501	1,114	83,861						
17	,469	1,043	84,904						
18	,456	1,014	85,918						
19	,440	,979	86,896						
20	,415	,923	87,819						
21	,408	,908	88,727						
22	,379	,841	89,568						
23	,352	,781	90,350						
24	,336	,747	91,097						
25	,333	,740	91,837						
26	,306	,681	92,518						
27	,283	,629	93,147						
28	,270	,599	93,746						

Compon entes	Eigenvalues iniciais			Soma dos quadrados dos fatores extraídos			Soma dos quadrados dos fatores rotacionados		
	Total	% da Variânc ia	% Acumula da	Total	% da Variânc ia	% Acumula da	Total	% da Variâ ncia	% Acumula da
29	,262	,582	94,328						
30	,253	,561	94,890						
31	,239	,531	95,421						
32	,222	,494	95,915						
33	,215	,479	96,394						
34	,188	,418	96,811						
35	,184	,409	97,220						
36	,164	,363	97,584						
37	,160	,356	97,940						
38	,157	,348	98,288						
39	,141	,313	98,601						
40	,131	,292	98,892						
41	,122	,271	99,164						
42	,119	,264	99,428						
43	,098	,217	99,644						
44	,088	,196	99,841						
45	,072	,159	100,000						

Fonte: Adaptado do software SPSS

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO

A - Dados gerais da unidade
1- Nome da empresa/unidade (opcional):
2- Nome, cargo e mail do entrevistado (opcional):
3- Há quanto tempo o entrevistado trabalha na empresa/unidade:
<input type="checkbox"/> Menos de um ano
<input type="checkbox"/> De um a três anos
<input type="checkbox"/> De três a cinco anos
<input type="checkbox"/> De cinco a dez anos
<input type="checkbox"/> Mais de dez anos
4 - Nacionalidade da empresa (capital majoritário):
5 - Setor de atuação da unidade produtiva:
<input type="checkbox"/> Automobilístico (Montadoras e Autopeças)
<input type="checkbox"/> Bebidas e Sucos
<input type="checkbox"/> Eletrodomésticos
<input type="checkbox"/> Eletroeletrônicos
<input type="checkbox"/> Máquinas e equipamentos
<input type="checkbox"/> Químico, Petroquímico e Farmacêutico
<input type="checkbox"/> Bens de consumo e produtos de higiene pessoal
<input type="checkbox"/> Alimentos
6 – Número de funcionários da unidade:
<input type="checkbox"/> Menos de 100
<input type="checkbox"/> Entre 100 e 500
<input type="checkbox"/> Acima de 500
7. Quais certificações a unidade já possui:
<input type="checkbox"/> ISO 9001
<input type="checkbox"/> ISO 22000
<input type="checkbox"/> ISO/TS 16949
<input type="checkbox"/> TL 9000
<input type="checkbox"/> BPF/APPCC
<input type="checkbox"/> ISO 14001
<input type="checkbox"/> ISO 17025
<input type="checkbox"/> AS 9000
<input type="checkbox"/> Outro
8 –Qual é o grau de importância da qualidade para a estratégia competitiva da unidade/empresa?
<input type="checkbox"/> Baixo
<input type="checkbox"/> Médio

<input type="checkbox"/> Alto				
9 - Quais Programas de Melhoria a unidade possui / Há quanto tempo?	Há quanto tempo:			
	Não Possui	De 0 a 5 anos	De 5 a 10 anos	Mais de 10 anos
Eventos Kaizen (Semanas Kaizen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Iniciativas de Melhoria no dia a dia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Programa (“Caixa”) de Sugestões estruturado (com direcionamento, análise e feedback)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Programa Seis Sigma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lean Manufacturing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lean Sigma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TPM	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TQM	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5S	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Outro (especifique*)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Qual o grau de atualização (ou da geração) da Tecnologia de Processamento e do Controle do Processo utilizado na unidade (ou seja, qual o grau de automação e de integração do processo principal)?				
<input type="checkbox"/> Baixo				
<input type="checkbox"/> Médio				
<input type="checkbox"/> Alto				
11. A unidade utiliza softwares para gestão integrada dos negócios? Quais?				
<input type="checkbox"/> ERP – Enterprise Resource Planning				
<input type="checkbox"/> CRM – Customer Relationship Management				
<input type="checkbox"/> PLM – Product Life-cycle Management				
<input type="checkbox"/> Outro:				
12. A unidade usa software específico de Estatística? Qual?				
<input type="checkbox"/> Estatística				
<input type="checkbox"/> SAS				
<input type="checkbox"/> SPSS				
<input type="checkbox"/> Minitab				
<input type="checkbox"/> Nenhum				
<input type="checkbox"/> Outro				
13. A unidade possui um Programa ou um conjunto estruturado de ações com foco na difusão, treinamento e aplicação do Pensamento Estatístico (PE) e/ou de Técnicas Estatísticas (TE)?				
<input type="checkbox"/> Sim, há menos de 5 anos				

<input type="checkbox"/> Sim, há 5 ou mais anos					
<input type="checkbox"/> Não					
14- Considerando os últimos 5 anos, tem aumentado o investimento (orçamento) destinado a capacitação e aplicação de PE e TE?					
<input type="checkbox"/> não tem aumentado (somente o investimento inicial e manutenção)					
<input type="checkbox"/> Aumentado pouco					
<input type="checkbox"/> Aumentado significativamente					
B – Presença e aplicação do Pensamento Estatístico na unidade					
Para as próximas questões/afirmações, utilize a escala abaixo. Se for conveniente/adequado utilize como referência o processo de manufatura principal na unidade.					
(1) Nunca (ou: não) (2) Raramente (ou: pouco) (3) Algumas vezes (ou: medianamente) (4) Frequentemente (ou: fortemente) (5) Sempre (muito fortemente)					
	1	2	3	4	5
1 - Os funcionários da manufatura, na unidade, recebem treinamento continuado sobre Princípios e PE	(<input type="checkbox"/>)				
2 - A alta administração apoia/lidera a implantação de Princípios e PE	(<input type="checkbox"/>)				
3 - O uso de Princípios e PE pode ser considerado suficientemente disseminado na manufatura da unidade	(<input type="checkbox"/>)				
4 - O processo de manufatura principal pode ser considerado em estado de controle estatístico, ou seja: estável, com predominância de causas comuns ou aleatórias de variação; com capacidade e variabilidade adequadas e em frequente redução	(<input type="checkbox"/>)				
5 - De modo geral a “visão de processo” está consolidada no pessoal de nível de supervisão e gestão	(<input type="checkbox"/>)				
6- De modo geral a “visão de processo” está consolidada nos operadores que atuam no processo principal da unidade	(<input type="checkbox"/>)				
7- De modo geral está consolidado na unidade a compreensão sobre variabilidade dos processos (ou seja, que os processos variam, devido a causas comuns e a causas especiais)	(<input type="checkbox"/>)				

8 - É comum na unidade a compreensão de que para se entender e analisar um processo é preciso quantificar e explicar a sua variação	<input type="checkbox"/>				
9 – É comum os supervisores e gestores questionarem os dados coletados (sua representatividade e confiabilidade), ou acessados em bases de dados da empresa, para representar um processo ou produto	<input type="checkbox"/>				
10 – Quando aplicável, mede-se e analisa-se a confiabilidade de dados e de seus respectivos sistemas de medição por meio de técnicas como Análise do Sistema de Medição ou MSA	<input type="checkbox"/>				
11 – É comum a cultura/comportamento/atitude de raciocinar e tomar decisões com base em fatos e dados (é comum o uso de dados estatísticos para entender e analisar os processos)	<input type="checkbox"/>				
12 – É comum a consideração de relações de causa e efeito nas análises de dados sobre produtos e processos	<input type="checkbox"/>				
13 - Na unidade há um entendimento de que a redução da variação de processos é crítica/importante para o desempenho da manufatura	<input type="checkbox"/>				
C – Uso de Técnicas Estatísticas na unidade					
1 – De modo geral a unidade aplica sistematicamente Técnicas Estatísticas (TE) para controle do processo, gestão e melhoria da qualidade?					
OBS: Se a resposta da questão anterior foi SIM, não responda a questão 2 e vá para a questão 3. Se a resposta à questão 1 for NÃO, além da questão 2 você também poderá responder as questões 3 e 4 e as seguintes					
<input type="checkbox"/> Sim					
<input type="checkbox"/> Não					
2 - Por que não aplica? (você pode assinalar mais de uma alternativa)					
<input type="checkbox"/> aplica-se muito esporadicamente, em função de demandas externas e outras prioridades da empresa					
<input type="checkbox"/> não sentimos a necessidade de aplicação sistemática/rotineira					
<input type="checkbox"/> falta de conhecimento interno que suporte a aplicação sistemática					
<input type="checkbox"/> falta de uma cultura adequada para aplicação de PE/TE					
<input type="checkbox"/> não se acredita no potencial da aplicação de PE/TE					
<input type="checkbox"/> tem-se uma visão predominante de que a aplicação de PE/TE é complexa					

() de modo geral o nível de formação e de conhecimento do pessoal não permite essa aplicação					
() os gestores vêem as TE somente como algo para se ‘combater incêndios’					
() os gestores acreditam que as TE só podem ser utilizadas no chão de fábrica e não são importantes para questões gerenciais e estratégicas.					
3. Qual a intensidade (numa escala de nunca a sempre) de uso das Técnicas Estatísticas Básicas e Intermediárias:					
Utilize a seguinte escala: (1) Nunca (2) Raramente (3) Algumas vezes (4) Frequentemente (5) Sempre					
	1	2	3	4	5
Histograma	()	()	()	()	()
Diagrama de Pareto	()	()	()	()	()
Diagrama de Correlação	()	()	()	()	()
Diagrama de Causa e Efeito	()	()	()	()	()
Conceito/Princípio de Estratificação	()	()	()	()	()
Folha de Verificação (formulário planejado para organizar a coleta e registro de dados)	()	()	()	()	()
Análise de Regressão Simples	()	()	()	()	()
Gráficos de Controle (cartas de controle ou de Shewhart)	()	()	()	()	()
Medição e análise da capacidade do processo (CPk)	()	()	()	()	()
Amostragem para Aceitação (Planos de Amostragem)	()	()	()	()	()
4. Qual a intensidade (numa escala de nunca a sempre) de uso das Técnicas Estatísticas Avançadas:					
	1	2	3	4	5
Planejamento de Experimentos (DOE – Design of Experiments)	()	()	()	()	()
Análise do Sistema de Medição (MSA – Measurement System Analysis)	()	()	()	()	()
Análise de Variância (ANOVA)	()	()	()	()	()
Teste de Hipóteses	()	()	()	()	()
Técnicas de Simulação de Processos e Fluxos	()	()	()	()	()

Análise de Regressão Múltipla	<input type="checkbox"/>				
Técnicas de Análise Multivariada	<input type="checkbox"/>				
5 - A planta mantém (indica formalmente) um líder(gestor, facilitador, etc) para orientar, acompanhar e treinar as pessoas na aplicação rotineira de TE.	<input type="checkbox"/>				
6–A orientação e exemplos sobre como aplicar as TE são disponibilizadas de maneira clara e visual (quando isso é possível para a técnica específica) para as pessoas e áreas envolvidas nessas aplicações	<input type="checkbox"/>				
7 - As pessoas que adquirem conhecimento técnico específico ao desenvolverem um projeto de melhoria aplicando TE são alocadas (prioritariamente) em novos projetos para aplicação desse conhecimento	<input type="checkbox"/>				
D – Resultados percebidos com a aplicação de PE e TE (na unidade)					
Considere como referência um desempenho médio nos últimos 3 anos no processo de manufatura principal da unidade.					
RESULTADOS/INDICADORES MAIS OBJETIVOS Para as próximas questões, utilize a seguinte escala: (1) Nenhum (ou: nada) (2) Pequeno (ou: pouco) (3) Moderado (ou: medianamente) (4) Grande (ou: fortemente) (5) Muito grande (ou: muito fortemente)					
	1	2	3	4	5
1 - Houve redução do índice de não conformidades identificadas internamente à unidade/planta	<input type="checkbox"/>				
2 - Houve redução do índice de não conformidades identificadas no mercado (taxa de devolução de produto e ou de reclamações de clientes)	<input type="checkbox"/>				
3 – Houve aumento no nível de satisfação dos clientes	<input type="checkbox"/>				
4 - Houve redução nos custos da não qualidade	<input type="checkbox"/>				
5 - Houve redução de ciclo (tempo) de produção	<input type="checkbox"/>				

6 - Houve redução de custos de produção	()	()	()	()	()
7 - Houve aumento da produtividade	()	()	()	()	()
8 – Houve melhoria nos índices de capacidade do processo (CPk)	()	()	()	()	()
CONSIDERE OS RESULTADOS/INDICADORES DE PERCEPÇÃO DA SATISFAÇÃO COM O USO DE PE-TE					
	1	2	3	4	5
1 –O nível de satisfação dos tomadores de decisão (gestores) com o uso de PE e TE pode ser considerado como	()	()	()	()	()
2–Os funcionários de nível operacional se sentem à vontade e motivados para aplicação de PE e TE	()	()	()	()	()
3– O aumento do nível de compreensão dos processos e da capacidade para resolução de problemas, com a difusão e uso de PE e TE, pode ser considerado como	()	()	()	()	()
4- A contribuição do uso de PE e TE para a consolidação (maturidade, robustez) de Programas de Melhoria (Eventos Kaizen, Seis Sigma, Lean, TPM, etc) pode ser considerado como	()	()	()	()	()
5- O nível de redução da variabilidade e de melhoria da estabilidade e da capacidade dos processos pode ser considerado como	()	()	()	()	()
6– O aumento da preocupação com medir e compreender a variabilidade dos processos e investigar suas causas pode ser considerado como	()	()	()	()	()
7– Com o uso de PE e TE a mudança da cultura organizacional em prol da qualidade pode ser considerada	()	()	()	()	()