

Autor 1: Heitor Alves dos Santos (Universidade Federal de São Carlos)
E-mail: hsantos_engprod@hotmail.com

Autor 2: Prof. Dr. José Carlos de Toledo (Universidade Federal de São Carlos)
E-mail: toledo@dep.ufscar.br

Resumo

A compreensão e controle da variabilidade dos processos produtivos tem se tornado complexa, devido ao aumento da competitividade, consumidores mais exigentes, entre outros fatores, representando, com isso, um desafio para as companhias e gestores. Para reduzir a variabilidade são utilizadas como suporte, técnicas estatísticas básicas, como Histograma, Gráfico de Pareto, Diagrama de Correlação, Gráfico de Pareto, Diagramas de Causa e Efeito, e técnicas estatísticas mais avançadas como o Planejamento de Experimento. Apesar da necessidade de utilização destas e outras técnicas, torna-se necessário avaliar quais os resultados concretos que elas podem proporcionar. Este trabalho tem o objetivo de analisar a relação entre a aplicação de técnicas estatísticas básicas e avançadas com os principais resultados percebidos, que podem ser obtidos com a aplicação das mesmas, por meio de uma pesquisa *survey* aplicada em uma amostra de 243 empresas de 7 segmentos industriais do estado de São Paulo. Pela análise de Regressão múltipla foi possível verificar que a melhoria dos índices de capacidade de processo, por exemplo, pode ser explicada em aproximadamente 50,4% pelas técnicas estatísticas básicas e avançadas, sendo o Diagrama de Causa e Efeito e a Análise de capacidade de processo as técnicas que mais contribuem para este resultado.

Palavras chaves: Técnicas Estatísticas, Regressão Linear.

1 Introdução

Com um mercado mais competitivo as empresas são estimuladas a reorganizar seus parâmetros de competitividade, para, com isso, fundamentar suas ações em qualidade nos processos, produtos e serviços. (DIKESCH; MOZZATO,2004)

Um dos elementos presentes nos processos é a variabilidade, a qual os gestores necessitam entender sua natureza, se são devido a causas comuns ou especiais, para, com isso, não tomarem decisões equivocadas, as quais podem causar desperdício ou levar ao aumento nos custos de produção. (MAKRYMICHALOS et al., 2005)

A fim de reduzir a variabilidade, os processos podem sofrer abordagens radical e/ou contínua de melhoria. A radical propõe uma mudança abrupta nos produtos/serviços e processos, isto pode ser exemplificado pela aquisição de um novo equipamento de produção ou software para gerenciamento dos processos. Nesta abordagem radical de forma geral, as decisões são tomadas pela alta gerência. (CARPINETTI, 2012)

A abordagem de melhoria contínua tem como característica a busca de aperfeiçoamento cíclico com o objetivo de alcançar melhores resultados de desempenho. Esta abordagem abrange as etapas de: Identificação dos problemas prioritários; observação e coleta de dados; análise e busca de causas – raízes; planejamento e implementação das ações e verificação de resultados. (CARPINETTI, 2012)

Estas etapas dos processos de melhora são operacionalizadas através das ferramentas da qualidade, que de acordo com Carpinetti (2012) podem ser classificadas como “As Sete Ferramentas da Qualidade”, as quais abrangem a: Estratificação; folha de verificação; gráfico de Pareto; diagrama de causa e efeito; histograma; diagrama de dispersão e gráfico de controle.

Além destas ferramentas, existem “As 7 Ferramentas Gerenciais”, as quais abrangem: diagrama de relações; diagrama de afinidades; diagrama de árvore; matriz de priorização; matriz de relações; diagrama de processo decisório e diagrama de atividades. (CARPINETTI, 2012)

Segundo Evans e Lindsay (2005) através da aplicação de métodos e técnicas estatísticas em atividades de planejamento, controle e melhoria da qualidade, consegue-se entender e reduzir as fontes de variabilidade inseridas nos processos que afetam seus resultados. Estas técnicas podem

ser divididas em três áreas de aplicação da estatística: Estatística Descritiva, Inferência Estatística e Estatística Preditiva.

Além desta tipologia as técnicas estatísticas podem ser divididas conforme sua complexidade (EVANS; LINDSAY, 2005):

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

Segundo Montgomery (2004), desde meados do século XX as técnicas estatísticas fazem parte da evolução dos métodos da qualidade, demonstrando assim sua importância nos programas gerenciais de controle e melhoria da qualidade.

Desta maneira, é necessário verificar se a utilização das técnicas estatísticas contribui para a obtenção de resultados satisfatórios nas empresas, pois, segundo Ringen e Holtskog (2011) de cada 3 projetos de melhoria contínua, dois falham em alcançar os resultados esperados.

A falta de compreensão e correta utilização das técnicas estatísticas, pode ser uma das causas. Este artigo tem como objetivo analisar qual é a contribuição das técnicas estatísticas básicas e avançadas (13 variáveis de pesquisa) para o alcance de resultados percebidos (8 variáveis de pesquisa) em uma amostra de 243 empresas de 7 segmentos industriais do Estado de São Paulo.

Este trabalho é organizado nos seguintes itens:

- Métodos de pesquisa;
- Análise descritiva;
- Análise dos Resultados;
- Considerações Finais.

2 Método de pesquisa

Para a obtenção da amostra de 243 empresas foi elaborado como instrumento de coleta de dados, um questionário estruturado com perguntas fechadas. Onde a primeira versão foi aplicada e testada em 3 empresas.

Após o teste, modificação das questões e finalização do questionário completo, foi realizada uma listagem com profissionais de diversos segmentos industriais através de mídias sociais como o *LinkedIn*, posteriormente, os profissionais foram contactados e foi enviado os links para responder os questionários. Desta maneira, 243 empresas foram alcançadas.

Com as respostas obtidas do questionário, foi feita a análise de consistência das mesmas, através do valor de Alfa de Cronbach que foi 0,96, considerado valor excelente segundo Hair et al. (2005).

Para a análise dos dados, foi utilizada a análise multivariada que conforme Hair et al. (2005) se refere a todos os métodos estatísticos que no mesmo instante, analisam múltiplas medidas sobre cada indivíduo ou objeto de investigação.

Segundo Montgomery (2004), o controle multivariado é utilizado para o monitoramento simultâneo de duas ou mais características da qualidade inter-relacionadas, ou seja, quando não se deve analisar individualmente cada uma dessas características.

Entre as técnicas multivariadas escolhidas, foi utilizada a Análise de Regressão Múltipla, para verificar a relação de casualidade entre o uso das técnicas estatísticas e os resultados operacionais percebidos das empresas da amostra, esta análise foi realizada através do software SPSS® (*Statistic Package for Social Study*, versão 19.0).

O método escolhido de regressão foi o *backward* onde a retirada das variáveis as quais apresentam níveis baixos de correlação com a variável dependente, são automaticamente excluídos do modelo, até ser obtido um modelo onde todas as variáveis se enquadram nos limites exigidos.. (FÁVERO et al, 2009)

As questões (variáveis) foram respondidas em uma escala *likert* (entre “1 – discordo totalmente” e “5 – concordo totalmente”) que representa a percepção da intensidade de concordância, dos entrevistados, com afirmações associadas às variáveis de pesquisa referentes ao uso das técnicas estatísticas básicas e avançadas e aos resultados operacionais percebidos.

As variáveis de pesquisa, obtidos por meio do questionário aplicado, foram divididas em 3 módulos (A, B e C) as quais representam as variáveis que estão no quadro 1, sendo TEB (Técnicas Estatísticas Básicas), TEA (Técnicas Estatísticas Avançadas) e R (Resultado Operacional percebido).

Quadro 1 - Descrição das variáveis de pesquisa

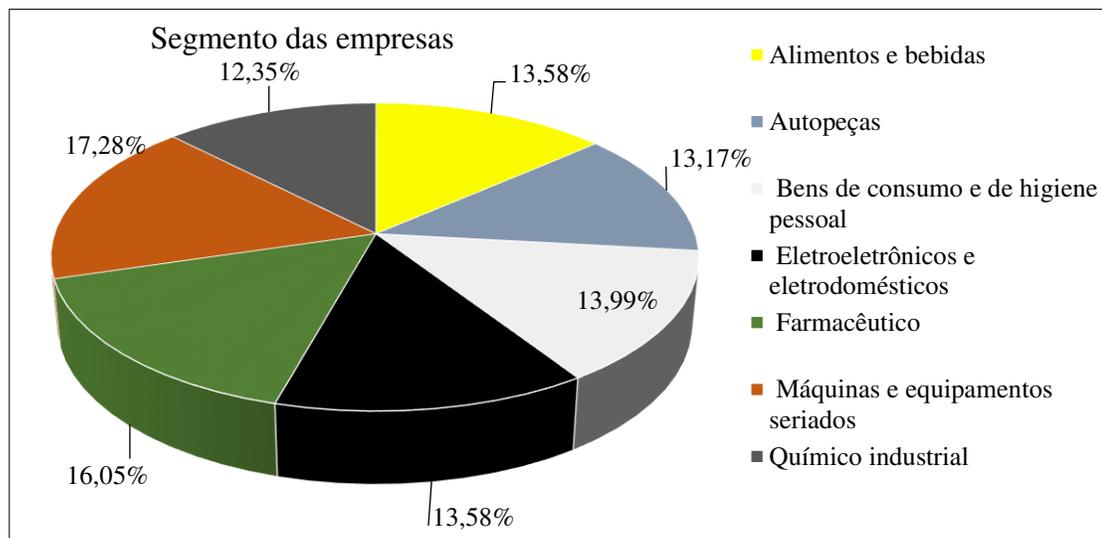
Tipo	Descrição	Código
A	Intensidade de uso TEB - Histograma	TEB1
	Intensidade de uso TEB - Diagrama de Pareto	TEB2
	Intensidade de uso TEB - Diagrama de Correlação	TEB3
	Intensidade de uso TEB - Diagrama de Causa e Efeito	TEB4
	Intensidade de uso TEB - Estratificação	TEB5
	Intensidade de uso TEB - Folha 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
B	Intensidade de uso TEA - Planejamento de Experimentos	TEA1
	Intensidade de uso TEA - Análise de Regressão Múltipla	TEA2
	Intensidade de uso TEA - Técnicas de Análise Multivariada	TEA3
C	Redução do Índice de não conformidades identificadas internamente à unidade/planta	R1
	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

Fonte: Elaborado pelos autores

3 Análise descritiva

Por meio da análise da figura 1, observa-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 e bebidas e Eletroeletrônicos e eletrodomésticos, ambos com (13,58%), autopeças (13,17%) e químico industrial com (12,35%).

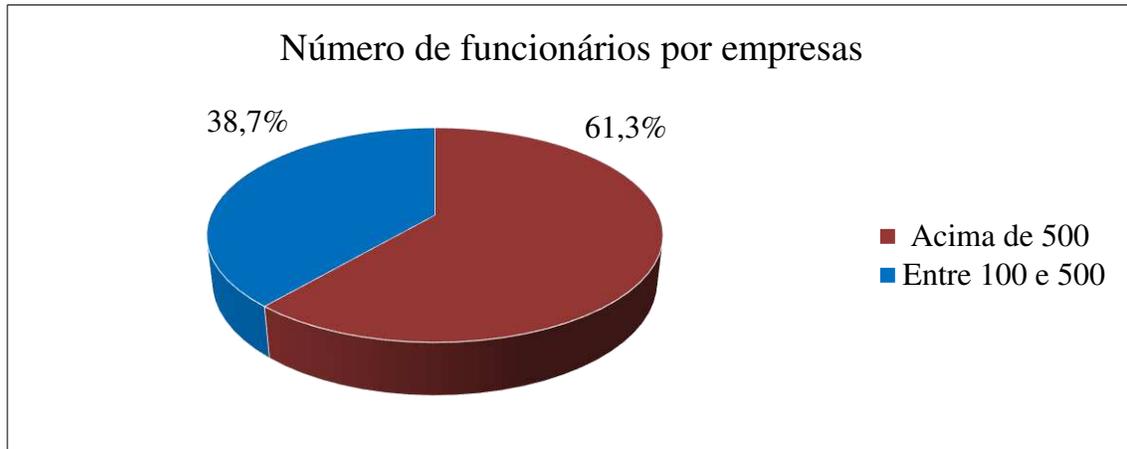
Figura 1 - Descrição do segmento das empresas



Fonte: Elaborado pelos autores

Na figura 2 apresenta-se o porte das empresas segundo o número de colaboradores. A maior parte da amostra (61,32%) é composta por empresas com mais de 500 colaboradores. As empresas que possuem entre 110 e 500 funcionários representam 38,68% do total. Não foram pesquisadas empresas com menos de 100 funcionários, por se considerar um ambiente menos propício de se encontrar o uso de TE.

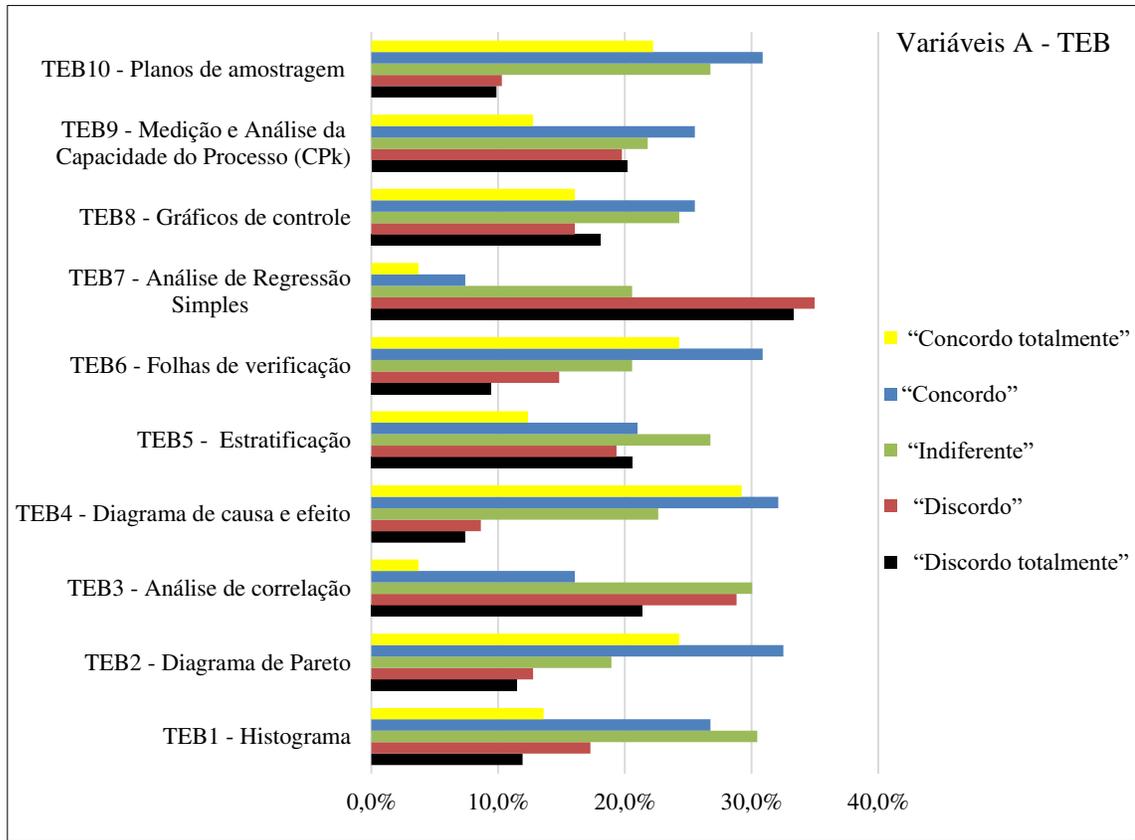
Figura 2 - Número de funcionários das empresas da amostra



Fonte: Elaborado pelos autores

Em relação às respostas, para as Técnicas Estatísticas Básicas (TEB), observa-se na figura 3, que TEB2, TEB4, TEB6, possuem grau de utilização elevado devido a frequência de resposta do nível “Concordo totalmente” em torno de 25 a 30% e baixa frequência para resposta “Discordo totalmente” e “discordo” entre 10 a 15%. Outras técnicas como TB1, TB10, TB9, TB8 possuem frequência elevada (25 a 35%) nas respostas “Indiferente” e “Concordo”.

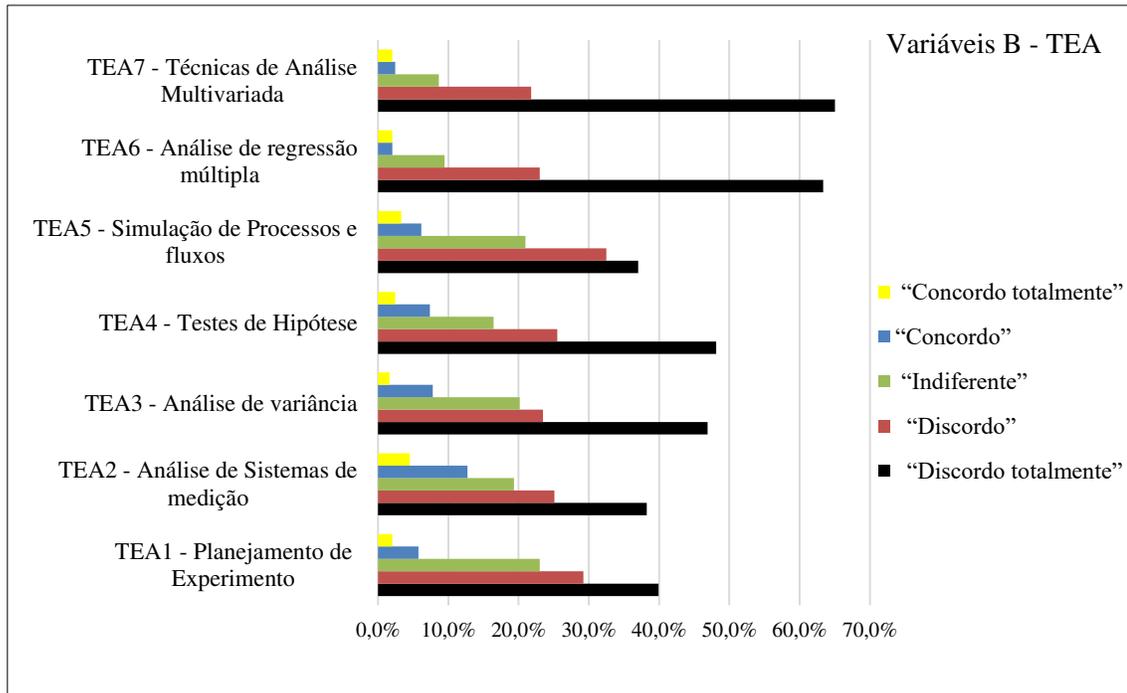
Figura 3 - Descrição das frequências das respostas para TEB



Fonte: Elaborado pelos autores

Em relação às Técnicas Estatísticas Avançadas (TEA), observa-se na figura 4 que todas as Técnicas questionadas às empresas são pouco utilizadas devido à elevada porcentagem (40%) da frequência das respostas do nível “Discordo totalmente”.

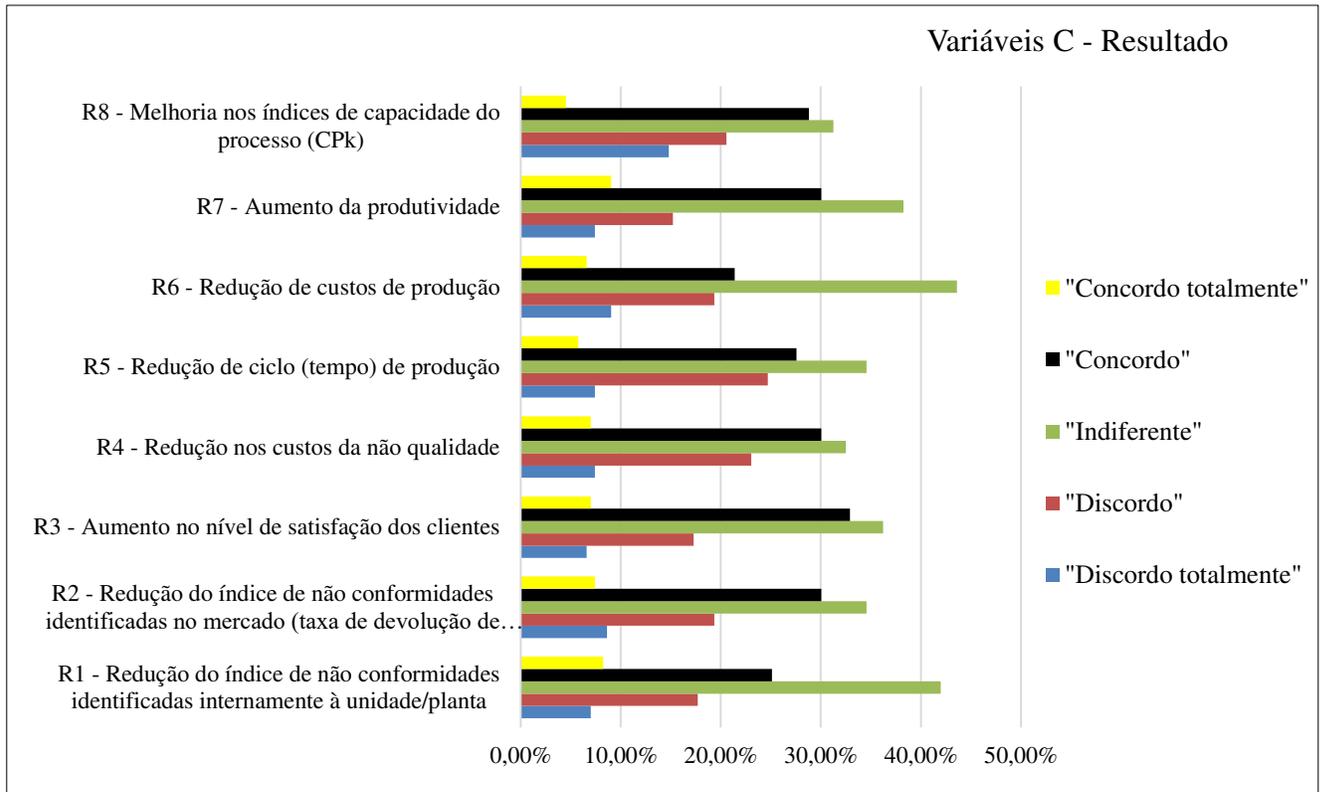
Figura 4: Descrição das frequências das respostas para TEA



Fonte: Elaborado pelos autores

Com a análise da figura 5, observa-se que as variáveis Resultados (C) possuem respostas frequentes (entre 35 a 45%) nos níveis “Indiferente”. No entanto, todas as 8 variáveis de Resultado recebem mais de 20% de respostas na categoria “Concordo”, ou seja, parte das empresas percebe algum resultado satisfatório, sendo o aumento do nível de satisfação dos clientes (R3), Redução dos índices de não conformidade (R2), aumento da produtividade (R7) e melhoria nos índices de capacidade de processo – CPk (R8), as variáveis de resultado com as maiores porcentagens de respostas na categoria “Concordo”.

Figura 5: Descrição das frequências das respostas para Resultados (R)



Fonte: Elaborado pelos autores

3 Análise dos Resultados

A regressão linear estuda a relação entre duas ou mais variáveis explicativas, cuja apresentação seja na forma linear. A regressão pode ser simples, com apenas uma variável explicativa ou múltipla, com mais de uma variável independente (FÁVERO et al, 2009).

De acordo com Fávero et al. (2009) o modelo geral de regressão linear segue a equação 1.

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \mu \quad (1)$$

Sendo, Y a variável dependente (fenômeno de estudo); α representa o ponto de interceptação; a constante, β_k ($k = 1, 2, \dots, n$) são os coeficientes angulares de cada variável; X_k , representa as variáveis explicativas (métricas ou *dummies*) e μ é o termo do erro que representa a diferença entre o valor real e o previsto de Y e também representa possíveis variáveis que não foram inseridas no modelo e poderiam ser boas candidatas para tal.

Na análise será utilizada a regressão linear múltipla com o objetivo de analisar a relação de casualidade entre as 10 variáveis sobre uso das TEB e as 3 TEA com as 8 variáveis de resultados percebidos (R).

De acordo com Hair et al. (2009) a qualidade explicativa da regressão linear múltipla pode ser medida pelo Coeficiente de Determinação (R^2), o qual indica quanto as variáveis dependentes (Y) podem ser explicadas pelas independentes (X). Este coeficiente pode variar de 0 a 1. Assim quanto mais próximo de 1, maior o poder de explicação da regressão.

Além do valor do Coeficiente de Determinação, pode ser utilizado o nível de significância do teste t, cujo objetivo é a medição da significância estatística de cada parâmetro (α e β_n) considerado no modelo, ou seja, qual o risco do valor desses parâmetros ser zero e, portanto, não se poder afirmar que exerce influência em Y. Para níveis de significância de t ($p - value$) $< 0,05$, as variáveis independentes têm alta correlação com a variável dependente Y (FÁVERO et al, 2009).

Nesta análise as variáveis dependentes são representadas pelas variáveis R. Assim para cada valor de R terá uma combinação de variáveis independentes (TEB e TEA) que são as 13 Técnicas Estatísticas Básicas e Avançadas, formando assim 8 modelos de regressão linear múltipla. Estes modelos são formados para verificar qual melhor combinação de variáveis para alcançar cada resultado percebido.

Para avaliar os valores de Coeficientes de Determinação de cada modelo de regressão linear múltipla, observa-se na tabela 1 os valores de R quadrado para as 8 variáveis dependentes.

Tabela 1- Coeficientes de Determinação para as variáveis R

Resultado R - Variáveis dependentes	Valor de R quadrado do modelo
R1	0,326
R2	0,234
R3	0,306
R4	0,334
R5	0,331
R6	0,334
R7	0,271
R8	0,491

Fonte: Adaptado do software SPSS

De acordo com a tabela 1, o maior valor para R quadrado é para a variável R8 [Melhoria nos índices de capacidade do processo (CPk)]. Isto representa que a variação da variável dependente R8 pode ser explicada pelas variáveis independentes (Técnicas Básicas e Avançadas) em 49,10%. Ou seja, o modelo é explicado em quase 50% pelas TEB e TEA.

Em relação as variáveis independentes que compõem o modelo de regressão linear múltipla, a tabela a tabela 2 apresenta os valores dos coeficientes para cada variável e seu respectivo nível de significância. Todas as variáveis possuem $p < 0,05$.

Tabela 2 – Composição dos modelos de Regressão Múltipla

Variáveis dependentes - Resultado R	Valor do coeficiente	Variáveis independentes	Níveis de significância (p - value)
R1	1,202	Constante	0,000
	0,159	TEB3	0,013
	0,157	TEB4	0,005
	0,159	TEA1	0,023
	0,196	TEA2	0,014
R2	1,591	Constante	0,000
	0,130	TEB2	0,015
	0,177	TEB7	0,012
	0,129	TEB9	0,021
	0,145	TEA1	0,043
R3	1,451	Constante	0,000
	0,132	TEB2	0,024
	0,126	TEB5	0,037
	0,154	TEB7	0,029
	-0,143	TEB8	0,015
	0,123	TEB9	0,043
	0,129	TEB10	0,017
R4	1,190	Constante	0,000
	0,144	TEB5	0,006
	0,139	TEB6	0,007
	0,134	TEB7	0,046
	0,134	TEB9	0,039
	0,185	TEA1	0,005
R5	0,926	Constante	0,000
	0,120	TEB4	0,048
	0,128	TEB5	0,021

Variáveis dependentes - Resultado R	Valor do coeficiente	Variáveis independentes	Níveis de significância (p - value)
R6	0,128	TEB6	0,020
	0,247	TEA1	0,000
	0,789	Constante	0,000
	0,149	TEB2	0,007
	0,123	TEB4	0,045
	0,108	TEB6	0,045
	0,155	TEA3	0,041
R7	1,429	Constante	0,000
	0,278	TEB4	0,000
	0,214	TEA1	0,003
	0,192	TEA2	0,020
R8	0,577	Constante	0,002
	0,203	TEB4	0,000
	0,366	TEB9	0,000
	0,168	TEA2	0,027

Fonte: Adaptado do software SPSS

Através da tabela 2, verifica-se que a Redução dos índices de não conformidade dentro da planta (R1) depende do uso do Diagrama de Correlação (TEB3), Diagrama de Causa e Efeito (TEB4), Planejamento de Experimentos (TEA1) e Análise de Regressão Múltipla (TEA2). Este modelo de Regressão é apresentado na relação (2).

$$R1 = 1,202 + 0,159 (TEB3) + 0,157 (TEB4) + 0,159 (TEA1) + 0,196 (TEA2) + \mu \quad (2)$$

A Redução dos índices de não conformidade em relação a reclamações e devoluções de produtos (R2) possui como variáveis independentes significativas o Diagrama de Pareto (TEB2), Análise de Regressão Simples (TEB7), Medição e análise de capacidade de processo - CPk (TEB9) e planejamento de Experimentos (TEA1). Este modelo de regressão é apresentado na relação (3).

$$R2 = 1,591 + 0,130 (TEB2) + 0,177 (TEB7) + 0,129 (TEB9) + 0,145 (TEA1) + \mu \quad (3)$$

O aumento dos níveis de satisfação do cliente (R3) depende do uso do Diagrama de Causa e Efeito (TEB2), Estratificação (TEB5), Análise de regressão simples (TEB7), os Gráficos de controle (TEB8), medição da análise de capacidade de processo – CPk (TEB9) e Planos de amostragem (TEB10). O modelo de regressão para a variável R3 é apresentado na relação (4).

$$R3 = 1,451 + 0,132 (TEB2) + 0,126 (TEB5) + 0,154 (TEB7) - 0,143 (TEB8) + 0,123 (TEB9) + 0,129 (TEB10) + \mu \quad (4)$$

A redução dos custos da “não – qualidade” (R4) possui como variáveis significativas independentes a Estratificação (TEB5), a Folha de Verificação (TEB6), a Análise de Regressão Simples (TEB7), a Medição e análise de capacidade de processo - CPk (TEB9) e o Planejamento de Experimentos (TEA1). O modelo de regressão para R4 é apresentado na relação (5).

$$R4 = 1,190 + 0,144 (TEB5) + 0,139 (TEB6) + 0,134 (TEB7) + 0,143 (TEB9) + 0,185 (TEA1) + \mu \quad (5)$$

A redução do tempo de produção (R5) tem como variáveis o Diagrama de Causa e Efeito (TEB4), a Estratificação (TEB5), a Folha de Verificação (TEB6) e o Planejamento de Experimentos (TEA1), o modelo para R5 é apresentado na relação (6).

$$R5 = 0,926 + 0,120 (TEB4) + 0,128 (TEB5) + 0,128 (TEB6) + 0,247 (TEA1) + \mu \quad (6)$$

A redução dos custos de produção (R6) tem como variáveis independentes o Diagrama de Pareto (TEB2), o Diagrama de Causa e Efeito (TEB4), a Folha de Verificação (TEB6) e as Técnicas de Análise Multivariada (TEA3), o modelo de regressão para a variável R6 é apresentado na relação (7).

$$R6 = 0,789 + 0,149 (TEB2) + 0,123 (TEB4) + 0,108 (TEB6) + 0,155 (TEA3) + \mu \quad (7)$$

O aumento de produtividade (R7) depende do Diagrama de Causa e Efeito (TEB4) do Planejamento de Experimentos (TEA1) e da Análise de Regressão Múltipla (TEA2), o modelo de regressão para R7 é apresentado na relação (8).

$$R7 = 1,429 + 0,278 (TEB4) + 0,214 (TEA1) + 0,192 (TEA2) + \mu \quad (8)$$

Os resultados para os índices de capacidades dos processos (R8) dependem da utilização do Diagrama de Causa Efeito (TEB4) e da Análise da Capacidade do Processo – CPk (TEB9). Este modelo é observado na relação (9)

$$R8 = 0,814 + 0,203 (TEB4) + 0,453 (TEB9) + \mu \quad (9)$$

De acordo com os 8 modelos de regressão para as variáveis R, é possível observar que técnicas estatísticas básicas como Diagrama de Pareto e Diagrama de Causa e Efeito estão presentes em todos os modelos exceto o 5, que é para variável R4 (Redução nos custos da “não qualidade”).

Além disso, pode ser observado que os modelos de regressão para variáveis de Resultados observados externamente à empresa como (R2 e R3) relativamente exigem o uso de mais técnicas, inclusive técnicas estatísticas avançadas, possivelmente devido a sua complexidade e por serem resultados mais multifatoriais.

Apesar disso, variáveis como R7 (O aumento de produtividade) o qual teoricamente depende de mais fatores, nesta pesquisa indicou um modelo mais simples (depende de menos técnicas estatísticas) e que pode não refletir a real complexidade para o alcance melhores níveis de produtividade.

Considera-se os valores do coeficiente de determinação apresentados na tabela 1, apenas o modelo (9) pode ser explicado pelas variáveis dependente em cerca de 50%. Os outros modelos possuem valores menores, demonstrando assim que são pouco precisos, apesar dos níveis de significância apresentados na tabela 2, comprovando que as variáveis dependentes de cada modelo de regressão, possuem alta correlação com a variável independente.

4 Considerações Finais

Neste trabalho foi possível verificar com a pesquisa *survey* realizada em 243 empresas de 7 segmentos industriais do Estado de São Paulo que as Técnicas Estatísticas Básicas mais utilizadas são o Diagrama de Pareto (TEB2), Diagrama de Causa e Efeito (TEB4) e Folha de Verificação (TEB6), apesar disso, as Técnicas Estatísticas Avançadas, Planejamento de Experimentos (TEA1), Regressão Linear Múltipla (TEA2) e Técnicas de Análise Multivariada (TEA3) não são utilizadas

Com a aplicação da análise de Regressão Múltipla foi possível observar que a melhoria nos índices de capacidade de processo – CPK pode ser explicada em 50,4% pelas técnicas estatísticas básicas Diagrama de Causa e Efeito e a Análise de Capacidade de Processo - CPk (TEB9). Outros 7 modelos de regressão foram analisados, contudo, estes podem ser explicados pelas técnicas que os compõem em no máximo 33,4%.

Verificou-se que as variáveis que formavam os modelos de Regressão são compostas em grande parte, por técnicas estatísticas básicas.

Apesar dos baixos valores de coeficiente de determinação (R quadrado) todas as variáveis que formam os modelos de regressão possuem alta correlação com as variáveis dependentes R, devido aos valores dos níveis de significância.

As ações de melhoria contínua nos processos de produção de bens e serviços são operacionalizadas através das técnicas e ferramentas da qualidade. Apesar da ampla utilização destas técnicas, torna-se necessário verificar a relação de aplicação destas com os resultados percebidos, para com isso, avaliar se a os projetos de melhoria são eficientes, pois conforme Ringen e Holtskog (2011) de cada 3 projetos de melhoria contínua, dois falham em alcançar os resultados esperados.

Assim, a análise realizada neste trabalho apresentou a necessidade de verificar as relações de casualidade entre a utilização das técnicas estatísticas e o resultado que se pretende alcançar com a utilização delas.

Através disso, é possível oferecer a gestores de produção uma previsão parcial dos resultados que podem ser obtidos com uso de técnicas estatísticas, que servem de apoio para os projetos de melhoria contínua.

Referências

- CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**. São Paulo, Atlas, 2012.
- COSTA, C. E. S. **O “DOE” como ferramenta da qualidade para o desenvolvimento de produtos à base de solo estabilizado com rejeitos industriais, para uso na construção civil**. ENEGEP. 1997.
- DIKESCH, L. E.; MOZZATO, A. R. Gestão da produção: um estudo das indústrias do vestuário no Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓSGRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 28., Curitiba, 2004. **Anais...**Rio de Janeiro: ANPAD, 2004.
- EVANS, J. R.; LINDSAY, W. M.. **The Management and Control of Quality**. Mason: Thomson South-Western, 6. ed., 2005, 760 p.
- FÁVERO et al. **Análise de dados: Modelagem multivariada para tomada de decisões**. 9. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- FIGUEIREDO, D. B. F.; SILVA, J. A. J. Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. **Opinião pública**, Pernambuco, v. 16, n. 1, p. 160–185, 2010.
- GARSON, D. G. **Factor Analysis: Statnotes**. Carolina do Norte: North Carolina State University Public Administration Program, 2008.
- 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.
- HAIR, Jr., J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman. 2005.

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

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.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 516 p.

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

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.

SNEE, R. D.. *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.

WERKEMA, M. C. C. **Planejamento e análise de experimentos: como identificar, avaliar as principais variáveis influentes em um processo**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, E.E.UFMG, 1996.

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