ESCOLA POLITÉCNICA
DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ANDRÉ REZENDE TEIXEIRA JÚNIOR
RONALDO YUZO SASAKI

DIFICULDADES NA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA

Professor Orientador: Adherbal Caminada Netto

São Paulo
Dezembro
2008

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

DIFICULDADES NA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA

Trabalho de formatura apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Graduação em Engenharia

André Rezende Teixeira Júnior
Ronaldo Yuzo Sasaki

Orientador: Adherbal Caminada Netto

Área de Concentração:
Engenharia Mecânica

São Paulo
2008

FICHA CATALOGRÁFICA

Sasaki, Ronaldo Yuzo
Teixeira Jr, André Rezende
Dificuldades na Aplicação da Metodologia Seis Sigma, por A. R. e R. S. Teixeira Jr., Sasaki e A. Caminada Netto. São Paulo: EPUSP, 2008.
65 p.

Trabalho de formatura – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Seis Sigma 2. Questionário 3. Empresa 4. Aplicação da Metodologia I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Mecânica II.t.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre iluminou a nossa caminhada.

Ao nosso Orientador Adherbal Caminada Netto pelo estímulo e atenção que nos concedeu durante o curso.

Aos nossos amigos pelo constante incentivo e troca de experiências.

Aos nossos pais e familiares pelo apoio e colaboração ao longo desses anos.

RESUMO

Neste trabalho foi desenvolvido um questionário de avaliação que contribui para identificar quais os principais fatores críticos que impedem as empresas de implementar a metodologia Seis Sigma. Essa ferramenta nos permite também identificar as razões que levam uma empresa a obter sucesso ou fracasso, além de promover uma análise mais profunda dos diferentes motivos que levam as empresas a terem diferentes fatores críticos na implementação. Esses potenciais fatores, baseado no histórico de fracassos e sucessos de empresas que já adotaram o programa são: Recurso financeiro, alta gerência, cultura de trabalho em equipe, capacitação na metodologia e planejamento estratégico. O resultado dessa primeira etapa do estudo foi utilizado para adequar o programa as necessidades da empresa, levando em consideração metodologias de qualidade anteriormente adotadas, tamanho da empresa dentre outros fatores específicos da empresa. A empresa em que aplicamos a metodologia chama-se MICRON. A implementação do programa se deu no processo de fabricação de bicos, principal produto da empresa.

ABSTRACT

In this report, it was developed questionnaire for assessing which helps to identify the key critical factors that prevent companies from implementing the Six Sigma methodology. This tool allows us to also, address the reasons a company to achieve success or failure, as well as promoting a deeper analysis of the different reasons that lead companies to have different factors critical in the implementation. These potential factors, based on the history of failures and successes of companies that have already adopted the program are: Appeal financial, senior management, culture of teamwork, training in the methodology and strategic planning. The result of this first stage of study was used to tailor the program to the company needs, taking into account the quality methodologies previously adopted, size of company among other factors specific to the company. The company which we implemented the methodology is called MICRON. The implementation of program was made in the process of manufacturing, the main product made by the company.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1. INTRODUÇÃO 9

2. O SEIS SIGMA 11

3. FATORES CRÍTICOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO SEIS SIGMA 13

3.1. Recursos financeiros 13

3.2. Alta Gerência 13

3.3. Cultura de Trabalho em Equipe 14

4. CAPACITAÇÃO NA METODOLOGIA 15

4.1 Desconhecimento da Metodologia 15

4.2 Falta de tempo para treinamento 16

4.3. Planejamento Estratégico 16

5. O QUESTIONÁRIO 17

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS 23

7. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA 37

7.1. Tipos De Falhas 44

7.2. Analise Das Falhas 49

7.3. Recomendações 53

7.3.1. Fatores A Serem Analisados 54

7.3.2. Automação 56

7.3.3. Criação De Padrões Para Manutenção 60

8. CONCLUSÕES 61

9. ANEXOS 62

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Comparação DMAIC x PDCA 15
Figura 2 – Modelo de Excelência de Gestão 16
Figura 3 – Importância de Iniciativas Prévias 23
Figura 4 – Empecilhos para aplicação imediata de qualquer metodologia de qualidade . 25
Figura 5 – Responsabilidade na melhoria da qualidade 27
Figura 6 – O que é mais praticado nas empresas 28
Figura 7 - Empresas com faturamento acima de R$ 2 milhões anuais 29
Figura 8 - Empresas com faturamento entre R$500 mil a R$2 milhões anuais 29
Figura 9 - Empresas com faturamento entre R$100 mil e R$500 mil anuais 30
Figura 10 – Fatores de Sucesso de qualquer metodologia 31
Figura 11 – O que a empresa espera de uma metodologia de qualidade 32
Figura 12 - Apenas empresas que já aplicaram o Seis Sigma 33
Figura 13 – Razões pelas quais a empresa não pretende adotar o Seis Sigma 34
Figura 14 – Maiores obstáculos para o sucesso do Seis Sigma 35
Figura 15 – Razões pelas quais a empresa decide por adotar o Seis Sigma 36
Figura 16 – Fluxograma de Processos 38
Figura 17 – Setor de Estocagem da Mícron 40
Figura 18 – Montagem Núcleo – Capa Externa 41
Figura 19 - Fresadora 42
Figura 20 – Controle de Qualidade 43
Figura 21 – Diagrama de Pareto dos Problemas Encontrados 45
Figura 22 – Diagrama Causa e Efeito 45
Figura 23 – Gráfico de Pareto com as falhas funcionais 46
Figura 24 – Gráfico de Pareto das Fontes de Defeito 49
Figura 25 – Gráfico de Pareto das Principais Causas 50
Figura 26 – Causas Raiz da Falha 52
Figura 27 – Soluções Propostas 53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela de Problemas 44

1. INTRODUÇÃO

Baseado em metodologias como controle da qualidade, gerenciamento da qualidade total e zero defeito, a metodologia Seis Sigma, originalmente formulada pela Motorola, tem se tornado cada vez mais popular. Isso se deve em grande parte aos benefícios obtidos com sua aplicação nas mais diversas áreas, incluindo empresas tanto na área de manufatura quanto na área de serviços.

Porém, na hora de decidir se o Seis Sigma deve ser implementado ou não, surge uma série de dúvidas, seja por falta de conhecimento da metodologia, por falta de recursos necessários, falta de confiança nos resultados a serem obtidos ou mesmo incerteza quanto à duração do sucesso obtido com a implementação.

Este trabalho visa identificar e analisar todas essas dificuldades encontradas pelas empresas na hora de aplicar o Seis Sigma, bem como os pontos críticos que precisam ser desenvolvidos por serem extremamente necessários para obtenção de um resultado satisfatório.

Através de um questionário, poderemos obter informações a respeito dos principais motivos que impedem as empresas de aplicarem a metodologia, além de identificar características comuns entre as empresas que obtiveram sucesso.

Para mostrar como o Seis Sigma pode ser interpretado de diferentes maneiras por especialistas e usuários da metodologia em termos de objetivos a serem atingidos e razões para se utilizar o Seis Sigma, utilizou-se de definições dadas por colegas e amigos e de algumas outras encontradas em sites relacionados com o assunto.

“O Seis Sigma é um método para reduzir os níveis de defeitos abaixo de 3.4 defeitos por milhão de oportunidades os níveis de defeitos e melhorar a qualidade”

"O Seis Sigma é um conjunto de práticas originalmente desenvolvido pela Motorola para melhorar sistematicamente o processo de eliminação de defeitos".

Wikipedia

"É uma metodologia que visa gerenciar variações nos processos que causam defeitos, objetivando sua diminuição, além de reduzir custos".

"É uma metodologia que utiliza métodos estatísticos e não-estatísticos integrados em uma seqüência lógica usualmente através de uma abordagem de gestão de projetos com o objetivo de atingir elevados níveis de desempenho".

Consultoria Flemming

"Seis Sigmas é uma filosofia de negócios que visa à obtenção de produtos virtualmente livres de defeitos".

Jack Welch

2. O SEIS SIGMA

Ao longo dos últimos anos, muito tem sido escrito e falado sobre “Lean” e “Seis Sigma”, e em muitas indústrias, geralmente ambos são reconhecidos por contribuir substancialmente nos resultados, aumentando a competitividade e elevando os níveis de serviços para os clientes.

A implementação do Seis Sigma requer que conhecemos uma metodologia. Harry (Breakthrough Strategy) (HARRY,2000d) definiu 8 passos para o desenvolvimento da metodologia Seis Sigma: Reconhecer, Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar, Padronizar, Integrar.

Alguns outros como Werkema, Breyfogle, Neuman, usam a metodologia DMAIC (a mais utilizada até então), onde se estabelecem 5 etapas: Define, Measure, Analyse, Improve and Control.

Define (Definição): Identificação dos clientes, processos críticos para a qualidade e também os produtos a serem melhorados. Seleção dos projetos de melhoria, definição do escopo dos projetos e obtenção do aval da direção para o projeto. As ferramentas mais utilizadas nessa etapa são: QFD (Quality Function Deployment), Custos da Qualidade ou BSC, Pareto, Análise Financeira, Diagrama de Causa e Efeito, Benchmarking, Fluxogramas, entre outras. Os processos que geram as chamadas “Critical to Quality” devem ser mapeados para verificar se estes podem ser simplificados, utilizando o SIPOC.

Measure (Medição): Definição de um padrão mensurável para os processos, validação do sistema de medição e a efetiva medição do desempenho. A medição das saídas dos processos se dá em termos de eficácia e eficiência. Para este passo, devem-se coletar dados, avaliar a capacidade do sistema de medição e medir a situação atual (inicial). Ferramentas e métodos mais usados são: MSA (Measurement System Analysis),

Cp/Cpk, DPMO (defeitos por milhão de oportunidades), Box-Plot, PPM, histograma, amostragem, etc.

Analyse (Analise): Com os dados coletados no processo para se estabelecer o desempenho atual e capacidade do processo, ajusta-se os objetivos de desempenho e detectam-se as causas básicas dos defeitos ou fontes potenciais de variações. Avaliar as falhas reais, analisar correlações entre variáveis, analisar interações e efeitos. Esta fase consiste em identificar benchmarks e metas, que podem ser atingidos por meio de redução de variabilidade e controle. As ferramentas mais utilizadas são: Testes de Hipóteses, DZOE (Design of Experiments), Correlação/Regressão, FMEA, intervalo de confiança, Ishikawa

Improve (Melhoria): Define-se qual é a melhor alternativa, definição de um novo processo, revisão do FMEA, e no fim elabora-se um plano de ação para remoção da causa dos defeitos. O resultado é uma relação de ajustes de processo propostos para desempenho melhorado. As ferramentas mais utilizadas são: DOE, Manufatura Enxuta, Poka-yokes, Confiabilidade, Cp/Cpk, Plano de Ação 5W1H.

Control (Controle): Nesta etapa, a solução é implementada e o nível sigma é recalculado. Deve-se realizar um acompanhamento inicial e padronizar a solução. A informação deve ser difundida, a fim de se acelerar melhorias similares em outras áreas. Para isso devem ser empregadas as seguintes ferramentas de qualidade: Controle Estatístico de Processo (CEP), plano de controle, auditorias, padronização, dimensionamento e tolerâncias geométricas (GD&T).

3. FATORES CRÍTICOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO SEIS SIGMA

Em princípio, qualquer tipo de organização pode implementar o Seis Sigma, seja ela do ramo de serviços, comércio, terceiro setor ou qualquer outro. Porém, podem surgir algumas barreiras antes e durante a aplicação da metodologia. Por isso, é necessário que a instituição esteja preparada para adotar a metodologia. Através do questionário, poderemos avaliar quais são os maiores obstáculos na implementação do Seis Sigma. A seguir, analizar-se-á alguns dos potenciais fatores críticos: Recursos financeiros, alta gerência, cultura de trabalho em equipe, capacitação e planejamento estratégico.

Recursos financeiros

Para que uma empresa se torne apta a implementar o Seis Sigma, é exigido um gasto inicial, sendo grande parte direcionado à capacitação de funcionários, o que deixa muitas empresas inseguras quanto ao retorno que poderá ser obtido com o investimento. É importante que esses treinamentos sejam dados a pessoas estratégicas, que tenham perspectivas de permanecer por um longo tempo na empresa para que o investimento seja diluído ao longo dos projetos realizados pelo funcionário treinado. Esse retorno pode ser medido, já que pode-se calcular a redução de custos obtida com o projeto. Mas além do retorno financeiro, pode-se observar um outro tipo de retorno, não mensurável, que é mudança de comportamento na rotina dos colaboradores.

Alta Gerência

A figura de um líder comprometido com o projeto é fundamental para servir de exemplo para os outros membros da equipe. É importante que o líder fomente discussões para incentivar desde início um sentimento de participação em todos os envolvidos no projeto para que se sintam em um ambiente de cooperação e confiança.

Faz parte das responsabilidades da alta gerência fornecer todas as ferramentas e recursos necessários para que a equipe mantenha-se em busca de atingir sua meta sem perder o foco devido a outras preocupações. Cabe também a gerência incentivar as equipes com planos de retribuição baseados nos resultados obtidos.

A liderança também tem papel fundamental na escolha de projetos. Para a inserção do Seis Sigma na organização, é importante que os primeiros projetos obtenham sucesso, pois servem para avaliar se a empresa se encontra em um patamar suficiente para inserir a metodologia como prática permanente. Quando um tema de projeto é muito amplo, é mais difícil de mensurar os resultados.

Faz parte do papel de um líder definir claramente os objetivos do projeto para que não se perca o foco e surjam dúvidas e questionamentos posteriores sobre quais rumos o projeto deve tomar.

Cultura de Trabalho em Equipe

O fato de o mercado ter se tornado mais competitivo gerou a necessidade de mudanças e adaptações das empresas nas últimas décadas. Com prazos mais curtos e tarefas mais complexas, têm sido cada vez mais necessário à cooperação entre áreas e o envolvimento de pessoas com diferentes habilidades. Devido a essas dificuldades, é preciso que conhecimento técnico e habilidade interpessoal estejam sempre presentes durante o projeto Seis Sigma para garantir o sucesso.

A equipe que constitui um projeto Seis Sigma deve contar com pessoas de diferentes setores e áreas que terão participação em diferentes níveis. Alguns terão responsabilidades do início ao fim do projeto, desde o planejamento até sua execução, formando a equipe núcleo. Outros serão úteis em apenas determinadas fases do projeto fornecendo suporte sempre que solicitados. Ainda existem os especialistas que são fundamentais devido ao seu conhecimento sobre um assunto específico.

4. CAPACITAÇÃO NA METODOLOGIA

4.1 Desconhecimento da Metodologia

Apesar de cada vez mais popular, o Seis Sigma ainda é um estranho para algumas empresas. Em muitos casos, os funcionários já ouviram falar da metodologia, mas nunca aplicaram ou nem mesmo conseguiram aplicar sem um treinamento prévio. Algumas outras metodologias tal qual o PDCA se aproximam do DMAIC, a mais comum dentre as utilizadas no programa Seis Sigma. As empresas que já utilizam o PDCA como metodologia de solução de problemas não precisam mudar para o DMAIC para a implementação do Seis Sigma. Na figura abaixo, é possível observar a equivalência entre as duas metodologias.

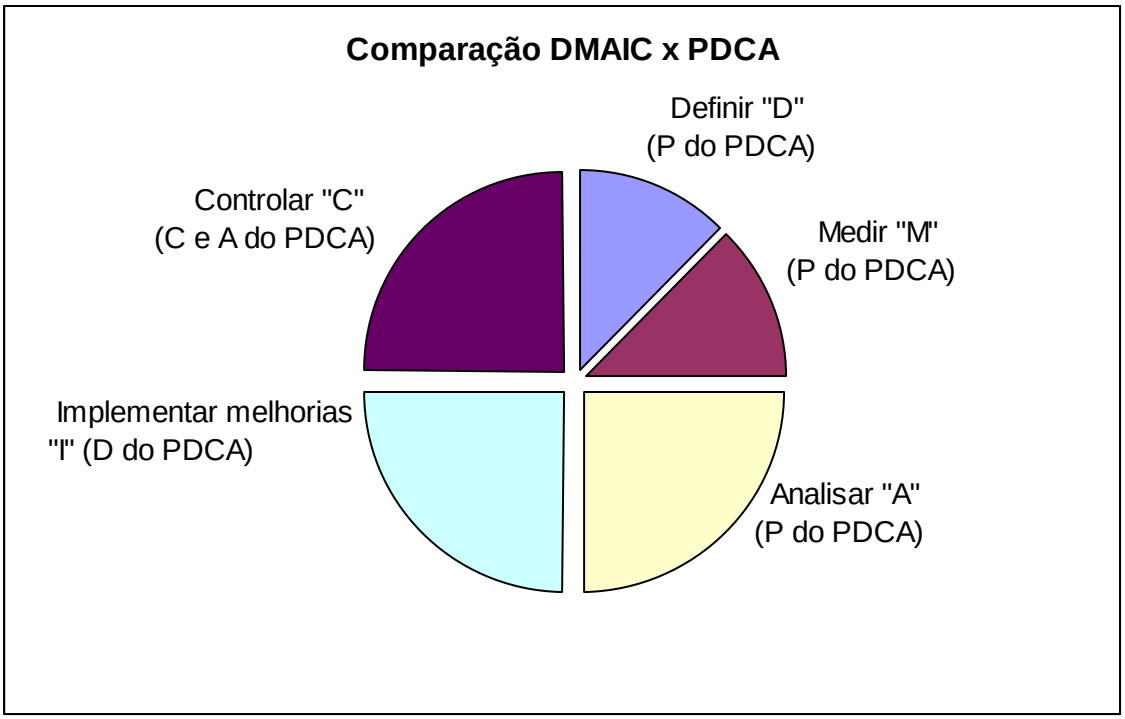

Figura 1 – Comparação DMAIC x PDCA

4.2 Falta de tempo para treinamento

Ainda sobre a falta de capacitação dos funcionários, podemos discutir sobre a falta de tempo daqueles mais indicados para receber o treinamento. Como a maioria das empresas não possui pessoas exclusivas para aplicação de projetos Seis Sigma, os funcionários têm responsabilidades no seu dia-a-dia que não permitem que se dediquem a seus treinamentos.

4.3. Planejamento Estratégico

Um dos motivos das empresas fracassarem com o Seis Sigma é a escolha inadequada do tema do projeto. É importante que o resultado do projeto gere impacto sobre aspectos estratégicos das empresas.

Alguns projetos Seis Sigma podem ser concluídos em pouco tempo, porém uma empresa com cultura Seis Sigma precisa ter projetos constantemente pois os maiores benefícios não ocorrem em curto prazo.

(Fundação Nacional da Qualidade, 2006).

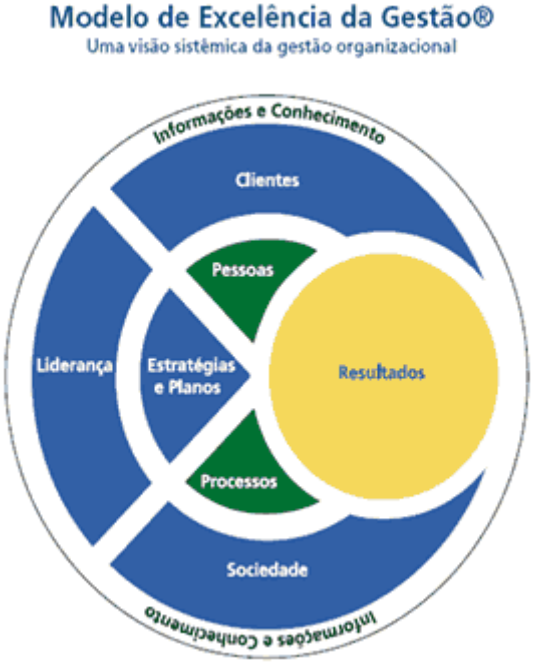

Figura 2 – Modelo de Excelência de Gestão

5. O QUESTIONÁRIO

A discussão sobre o tema de nosso trabalho convergiu para um ponto em comum: o uso de questionários aplicados a diversas empresas e pessoas a fim de se estabelecer quais são os pontos críticos na aplicação da metodologia Seis Sigma. Foram criadas diversas perguntas a respeito, sempre focando nestes fatores críticos.

O público-alvo do nosso questionário, a princípio, são todas as empresas de quaisquer ramos de atuação. Identificamos que este seria o ponto "diferente" de vários outros questionários já realizados por outros autores, pois queríamos ter uma visão mais abrangente, desmistificando alguns fatores que pessoas leigas poderiam ter a respeito das metodologias de qualidade, e retirando quaisquer preconceitos que estes métodos possam carregar.

Para que pessoas leigas pudessem responder aos questionários sem dúvidas, foi preciso usar uma linguagem um pouco menos técnica, porém mais objetiva. A ordem das questões também foi levada em consideração, haja vista que queríamos "induzir" o entrevistado a responder todas as questões. A primeira parte é de dados que chamamos demográficos, onde se conhece um pouco mais sobre a empresa. A segunda parte é de dados objetivos, que, como o próprio nome diz, tenta-se atingir os objetivos do questionário.

Outro aspecto importante é com relação à não obrigatoriedade de se informar os dados pessoais do entrevistado. Para que isso não virasse um fator limitante, resolvemos deixar estes campos como opcional. Porém, mesmo assim, iremos avaliar algumas das questões de acordo com estes dados.

Para avaliar se o entendimento de pessoas leigas diante de nosso questionário estava satisfatório, a primeira ação foi distribuir o questionário internamente às empresas em que os autores estagiavam para identificar possíveis problemas de interpretação e

quaisquer problemas que possam ter passado despercebidos pelos autores. Além disso, foi constatado que o tempo para a conclusão do questionário estava razoável, visto que era de aproximadamente 15 minutos.

O método de mensuração adotado é de média da pontuação de cada item de cada questão, adotando, se desejável, os parâmetros estabelecidos na parte demográfica do questionário.

Neste trabalho, temos um objetivo claro e consistente de estabelecer alguns parâmetros para identificar quais são os problemas mais freqüentes quando se fala em aplicar o Seis Sigma numa dada empresa.

A escolha das questões foi baseada no quê queríamos analisar. Dividimos o questionário em duas partes: os dados demográficos e os dados objetivos. Dividimos assim pois queremos descobrir se há alguma correlação entre essas duas partes.

A primeira questão do nosso questionário refere-se ao número de funcionários da empresa. Não queremos, neste momento, estabelecer se a empresa é de pequeno porte, médio ou grande porte. Apenas estabelecemos alguns intervalos de acordo com o nosso público alvo.

O faturamento da empresa é expressa na questão de número 2, onde queremos avaliar de maneira bem simples a situação econômica da empresa. Com esta questão temos como propósito relacionar algumas das questões do tipo objetiva com esta característica da empresa, como, por exemplo, se o fator “capital investido” interfere de forma predominante em empresas com um faturamento baixo. Segundo a classificação de porte de empresa adotada pelo BNDES e aplicável à indústria, comércio e serviços, conforme a Carta Circular nº 64/02, de 14 de outubro de 2002, a classificação é a seguinte:

- Microempresas: receita operacional bruta anual ou anualizada até R$ 1.200 mil (um milhão e duzentos mil reais).

- Pequenas Empresas: receita operacional bruta anual ou anualizada superior a R$ 1.200 mil (um milhão e duzentos mil reais) e inferior ou igual a R$ 10.500 mil (dez milhões e quinhentos mil reais).

- Médias Empresas: receita operacional bruta anual ou anualizada superior a R$ 10.500 mil (dez milhões e quinhentos mil reais) e inferior ou igual a R$ 60 milhões (sessenta milhões de reais).

- Grandes Empresas: receita operacional bruta anual ou anualizada superior a R$ 60 milhões (sessenta milhões de reais).

Este critério não foi adotado haja vista que os intervalos de valores estão muito acima do nosso público alvo, que é empresas de pequeno porte.

A terceira e a quarta questão referem-se ao ramo de atuação da empresa. Novamente, queremos estabelecer uma correlação entre o ramo de atividade da empresa e os dados objetivos. Queremos verificar se, por exemplo, o quesito “treinamento para funcionários” é mais importante para uma empresa de serviços do que para uma empresa manufatureira.

O lugar geográfico que a empresa abrange é citado na quinta questão, onde se pôde avaliar se há algum regionalismo para adoção da metodologia, e se há algum tipo de semelhança entre os problemas enfrentados para aplicação do Seis Sigma.

O público alvo das empresas em questão é relacionado no sexto item. Com esta questão queremos analisar se os fatores cruciais dependem do público alvo. Em outras palavras, se o público alvo determina quais são os maiores empecilhos.

Na parte objetiva de nosso questionário, a maioria das perguntas são de classificação. Assim podemos analisar quantitativamente o grau de importância de cada um dos fatores.

As questões de número 7 e 8 remetem-se a metodologias utilizadas previamente. Existem inúmeras outras metodologias, porém as principais estão citadas nesta questão. Resolvemos colocar isto em pauta visto que queríamos medir se as experiências relacionadas a aplicações de outros métodos fizeram com que as empresas “olhassem” as dificuldades de outra maneira.

As questões 9 e 16 tratam das dificuldades enfrentadas na adoção de qualquer programa de qualidade e do Seis Sigma, respectivamente. Colocamos duas questões tratando do mesmo tema a fim de identificar qualquer tipo de discordância do entrevistado para com este questionário. Iremos fazer uma análise mais aprofundada para estes casos.

A décima questão aponta quais são os maiores responsáveis pela melhoria da qualidade. Iremos analisar nesta pergunta se o nível hierárquico de cada entrevistado influi na resposta desta questão. Porém vale ressaltar que não era obrigatório o preenchimento dos dados pessoais em cada questionário, pois não queríamos que este fosse um fator limitante.

Com a décima primeira questão queremos analisar se há alguma correlação quanto aos treinamentos dados pela empresa e o sucesso da aplicação de quaisquer metodologias de qualidade. Esta questão foi amplamente discutida entre a dupla, pois se trata de uma questão que visa à solução do problema. Em outras palavras, o treinamento pode ser um fator chave no sucesso da metodologia. Iremos verificar se esta afirmação está correta analisando esta questão.

A questão 12 tenta refletir quais são os fatores mais cruciais para o sucesso de qualquer metodologia de qualidade. Iremos analisar de forma conjunta com outros parâmetros, como o faturamento, ou o número de funcionários da empresa.

A questão de número 13 dá uma idéia do que a empresa espera de uma metodologia de qualidade, como, por exemplo, redução de custos, aumento da produtividade, etc.

A questão 14 serve como base para as outras 3 restantes. Na verdade, esta questão serve como um direcionador para as outras. Como nosso público alvo não é de apenas empresas que têm intenção de adotar o Seis Sigma, e sim de qualquer tipo de empresa, tivemos que orientar nossa pesquisa para estas duas vertentes.

As 3 últimas questões são de extrema importância no nosso questionário, pois trata de assuntos relacionados ao tema de nosso trabalho.

As questões de números 15 e 16 tentam extrair do entrevistado quais são as razões pela falta de interesse em se adotar o programa Seis Sigma como metodologia de Qualidade da empresa. Estas questões são muito importantes para se saber o que deve ser trabalhado antes de se cogitar a implementação deste método.

A última questão refere-se as razões que influenciaram na adoção da metodologia. Esta questão pode ser "encarada" da mesma forma das duas últimas, se formos analisar as razões com menores pontuações.

Os questionários foram enviados para diversas empresas via e-mail e também a diversos fóruns de discussão sobre Seis Sigma encontrados na Internet, como *eGroups*, *Orkut, Yahoo Grupos.* Após o recebimento dos questionários respondidos, constatamos que o meio mais eficaz foi o por fóruns de discussão. Este método se mostrou eficaz pois conseguimos atingir um número bem mais expressivo de pessoas.

Junto com o questionário foi enviada uma carta convidando a todos a responderem o nosso questionário, e explicando que o preenchimento dos dados pessoais era opcional.

Foram recebidos até o momento 47 questionários, sendo que 4 foram descartados devido ao fato de estarem com respostas inconsistentes e incompletas. Os resultados foram consolidados em uma planilha Excel.

Estes 43 questionários servem como base estatística de analise qualitativa das respostas, pois ao se analisar estatisticamente o grau de significância e o erro encontram valores que permitem 95% de significância e uma incerteza de 15 pontos percentuais, qualificando a amostra como de valor qualitativo de analise.

Segue o procedimento de calculo a seguir, para demonstrar a adequação da amostra:

$$\Omega = \frac{Z^2 * p * (1 - p)}{c^2} \quad (1)$$

Onde:

Ω = Espaço Amostral

Z = Coeficiente da distribuição normal

p = porcentagem de respostas válidas

c = Intervalo de confiança

Quando temos uma população finita, há um fator de correção explicitado como:

$$\Omega_{nova} = \frac{\Omega}{1 + \frac{\Omega - 1}{População}} \quad (2)$$

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

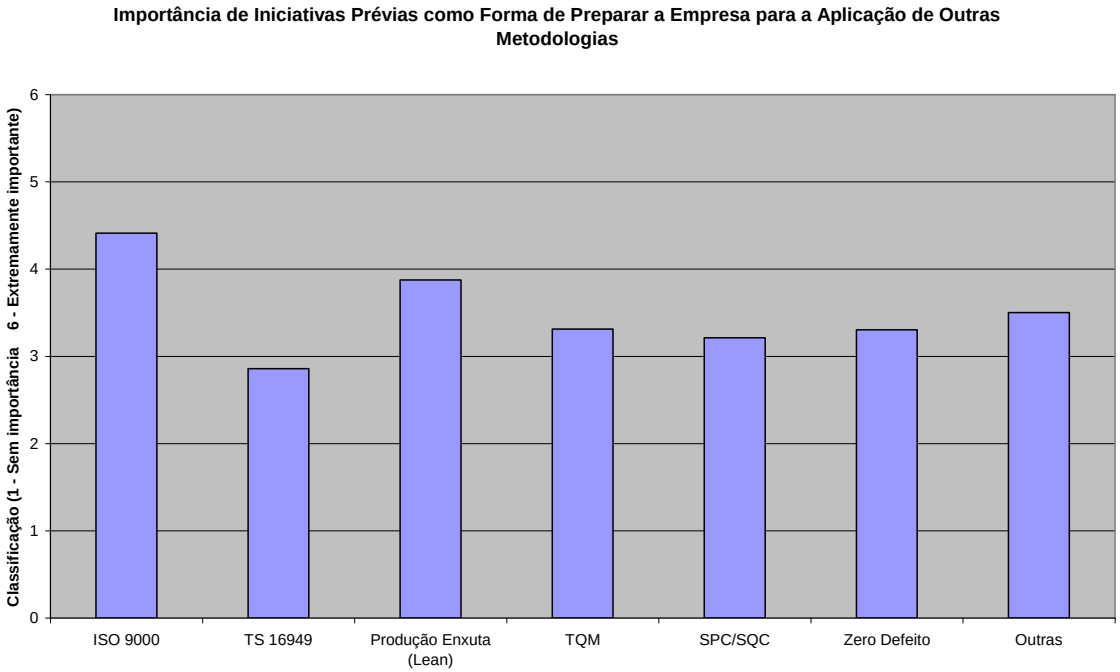

Figura 3 – Importância de Iniciativas Prévias

Os programas de qualidade anteriormente adotados pela organização devem ser levados em conta e integrados ao Seis Sigma, para que fiquem claro que eles não foram "abandonados" em função de uma "nova moda". Isto é: o Seis Sigma deve ser visto como um upgrade para esses programas, que se tornou necessário para garantir à empresa o alcance de metas mais desafiadoras.

Como podemos perceber, houve maiores médias nas avaliações das metodologias ISO9000 e Lean. Provavelmente essas duas metodologias foram as mais importantes de acordo com as pessoas que responderam o questionário pois elas são as mais conhecidas diante das outras alternativas. ISO 9000 é uma concentração de normas que formam um modelo de gestão da qualidade para organizações que podem, se desejarem, certificar seus sistemas de gestão através de organismos de certificação. Lean, traduzido em

Português como “Enxuta” (por exemplo, manufatura enxuta) é uma forma de organizar seus negócios para que toda a perda nos processos seja eliminada ou pelo menos fortemente reduzida.

O Seis Sigma dá sustentação às normas ISO 9000 e auxilia a empresa a satisfazer os requisitos das normas, já que fornece embasamento a todos os princípios de gestão da qualidade: foco no cliente, liderança, envolvimento das pessoas, abordagem de processo, abordagem factual para tomada de decisão, melhoria contínua, abordagem sistêmica para a gestão e benefícios mútuos nas relações com os fornecedores. Por exemplo, a ISO 9000 requer que exista um processo de melhoria contínua implementado na empresa, mas não diz como - já o Seis Sigma estabelece como implementar esse processo. Talvez este seja o fato de termos a ISO9000 como sendo a melhor classificada entre as iniciativas prévias.

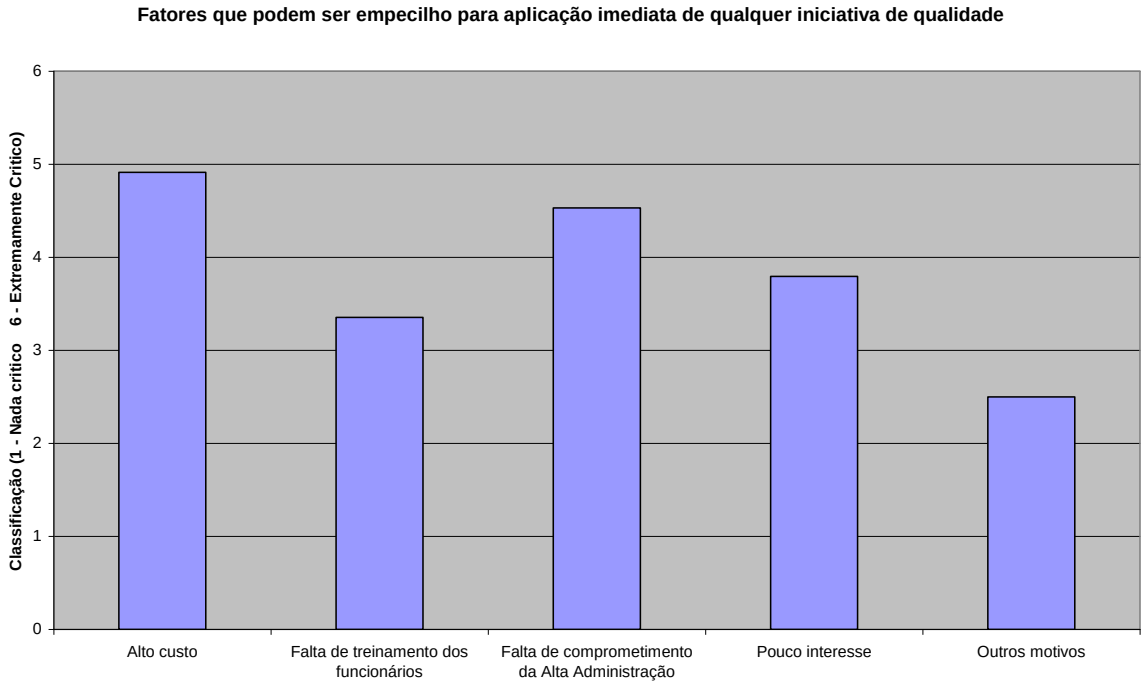

Figura 4 – Empecilhos para aplicação imediata de qualquer metodologia de qualidade

Temos no gráfico que 2 alternativas tiveram uma classificação de muito crítico. Isso mostra que não é apenas um empecilho que faz com que as empresas tenham dificuldades na aplicação do Seis Sigma, e sim vários empecilhos. A mais baixa média entre as 4 alternativas definidas foi a de falta de treinamento dos funcionários. Isso desmente algumas afirmações de que qualquer iniciativa de qualidade é um treinamento. Muitas empresas acreditam que tudo que eles precisam fazer é treinar seus funcionários e os resultados aparecerão. No entanto, o treinamento é somente um elemento para que se obtenha resultados. O aconselhamento é mais importante, e deveria ser feito por pessoas que têm experiências práticas na entrega de grandes projetos. A medida do sucesso para um investimento no Seis Sigma não deveria ser em forma de feedback da sala do treinamento, mas a conclusão dos projetos de sucesso que dão valor de negócio significativo.

Ao montar um programa de Seis Sigma, é necessário um cuidado extremo: selecionar as pessoas adequadas para o treinamento; definir expectativas claras sobre

como o treinamento deve ser aplicado no local de trabalho; assegurar que seja fornecido suporte para os que são treinados quando retornarem ao seu trabalho; estabelecer monitoramento de desempenho pós-treinamento individual imediatamente; e fornecer às pessoas treinadas incentivos convincentes para que elas apliquem suas novas habilidades e seu conhecimento.

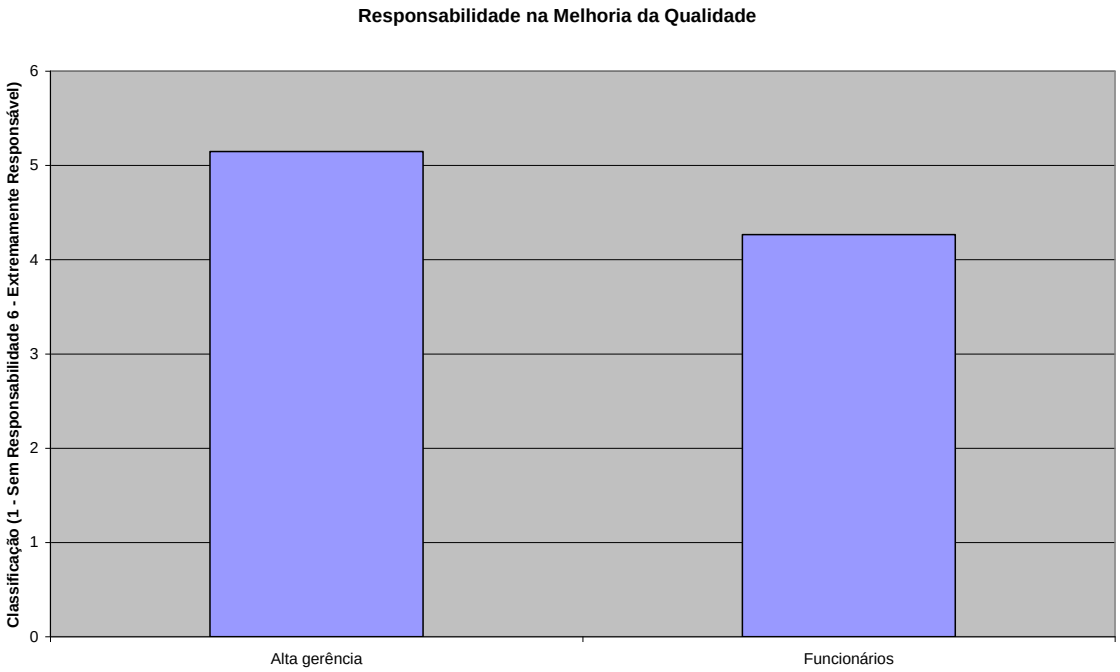

Figura 5 – Responsabilidade na melhoria da qualidade

Esta questão foi desenvolvida para sabermos se havia alguma discrepância entre as médias. Na verdade, estes valores estão de acordo com a expectativa. Não é possível responsabilizar apenas uma parte da empresa (alta gerência ou funcionários) na melhoria de qualidade. Para assegurar o sucesso de um programa de Seis Sigma nas organizações, o nível gerencial mais alto e os funcionários devem estar comprometidos. Por isso, os resultados do Seis Sigma devem ser mostrados desde o início, para que todos se sintam responsáveis pela melhoria ou piora nos processos.

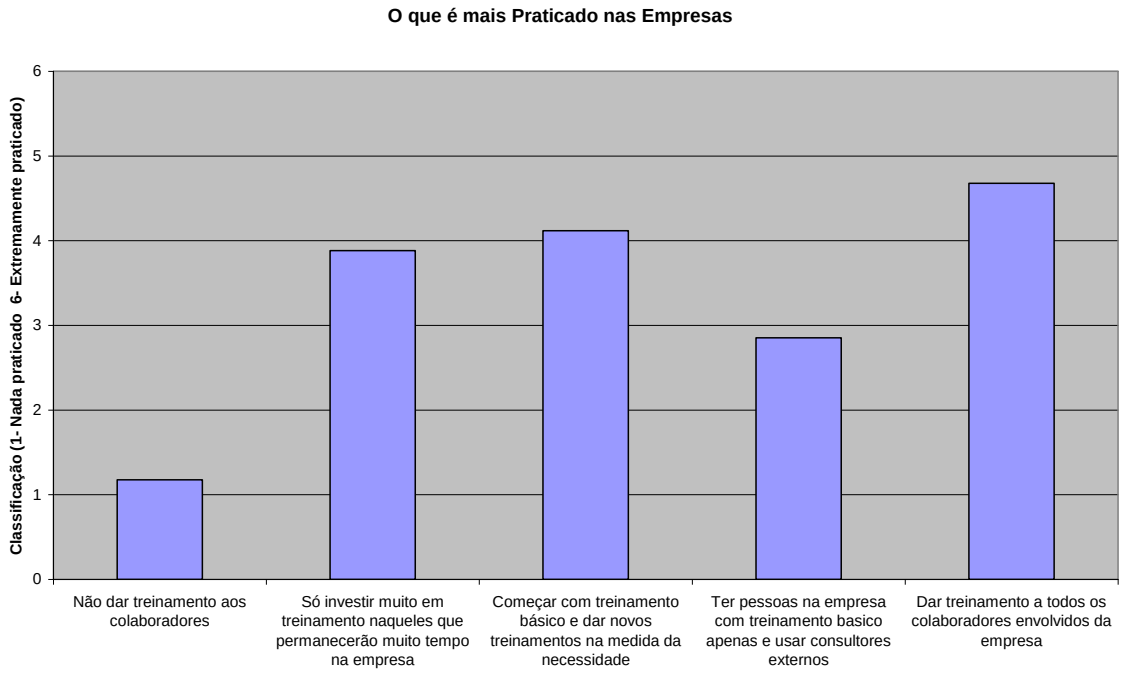

Figura 6 – O que é mais praticado nas empresas

Vemos neste gráfico que quando falamos de treinamento, as empresas estão bem divididas. Contanto, quando analisamos o treinamento de acordo com a faixa de faturamento da empresa, encontramos:

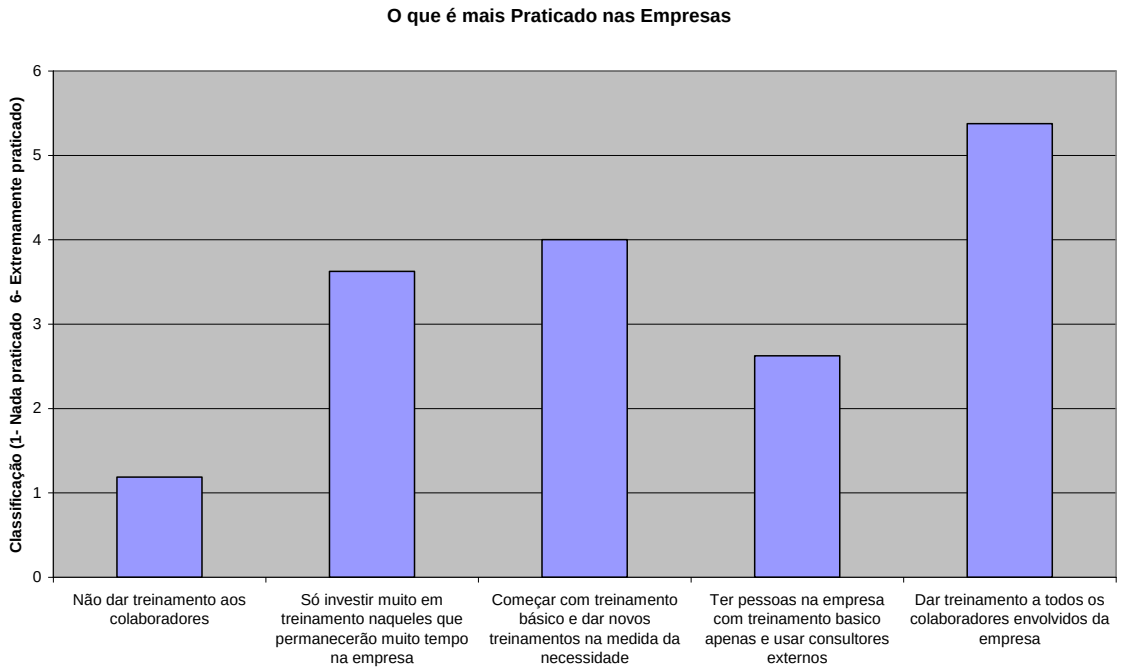

Figura 7 - Empresas com faturamento acima de R$ 2 milhões anuais

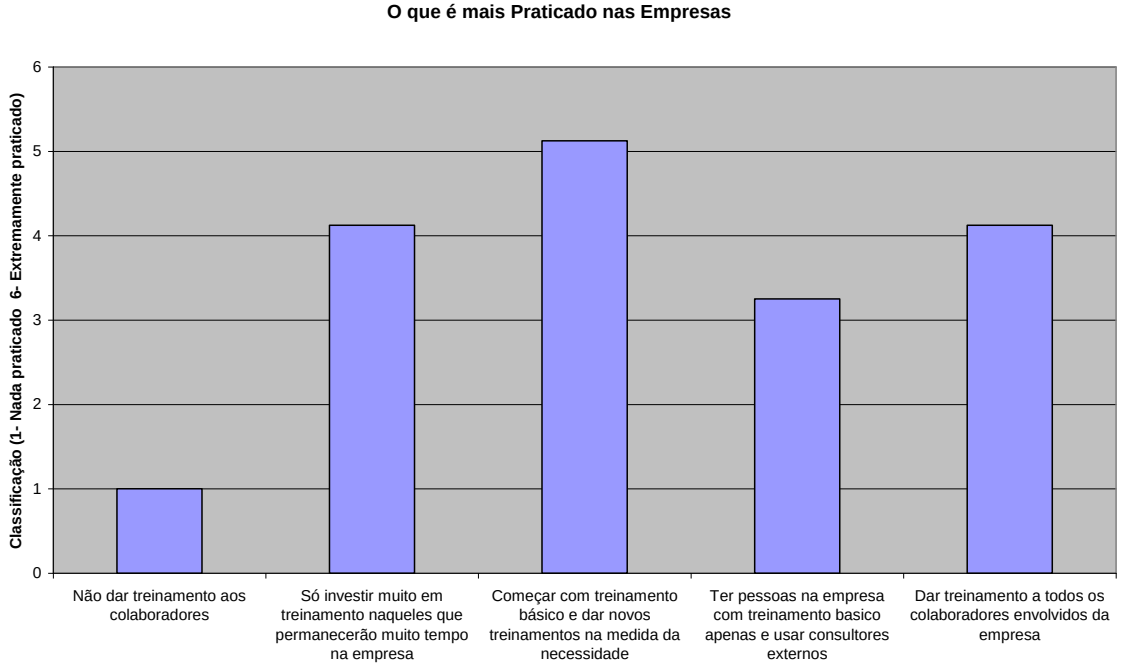

Figura 8 - Empresas com faturamento entre R$500 mil a R$2 milhões anuais

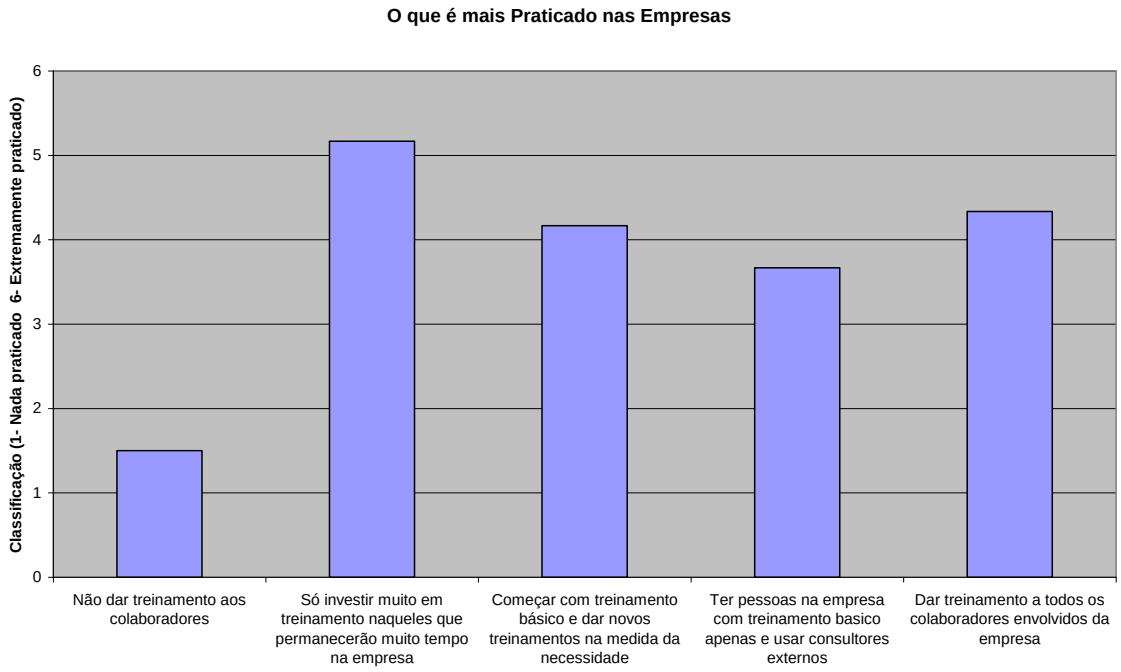

Figura 9 - Empresas com faturamento entre R$100 mil e R$500 mil anuais

Observando os 3 gráficos, podemos observar que o nível de treinamento que as empresas fornecem aos seus colaboradores está diretamente ligado ao seu faturamento.

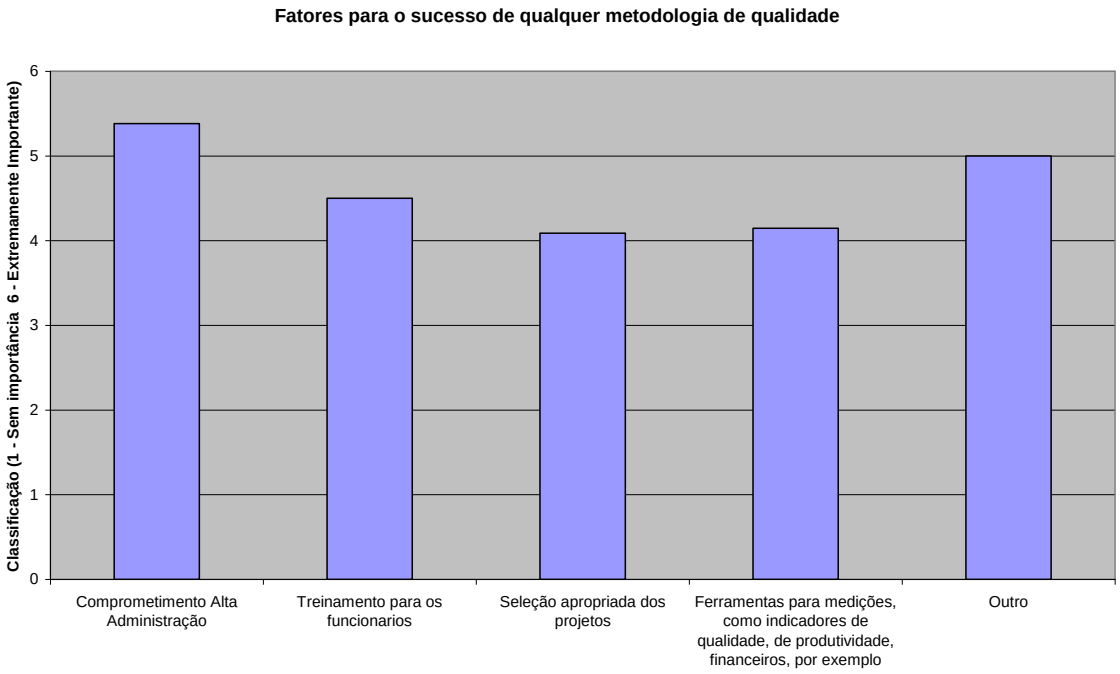

Figura 10 – Fatores de Sucesso de qualquer metodologia

O fator de sucesso de comprometimento da alta administração foi a melhor avaliada. A implementação do Seis Sigma exige uma mudança de postura de todos os membros da organização, sendo assim, é natural que as pessoas tenham receio das mudanças que são causadas quando o Seis Sigma é adotado e que criem uma resistência que pode ser difícil de ser vencida sem o apoio da liderança da organização. Este apoio e a gestão da organização devem ser feitos pela Alta Administração. Perez-Wilson (1999, p.211) reforça a importância do comprometimento da alta administração como líderes do processo dessa mudança cultural, a quem os demais seguirão. O CEO (Chief Executive Officer) ou o presidente da empresa é o líder definitivo do programa Seis Sigma. São exemplos: Jack Welch, na GE, Larry Bossidy, na Allied Signal e Bob Galvin, na Motorola, em 1987.

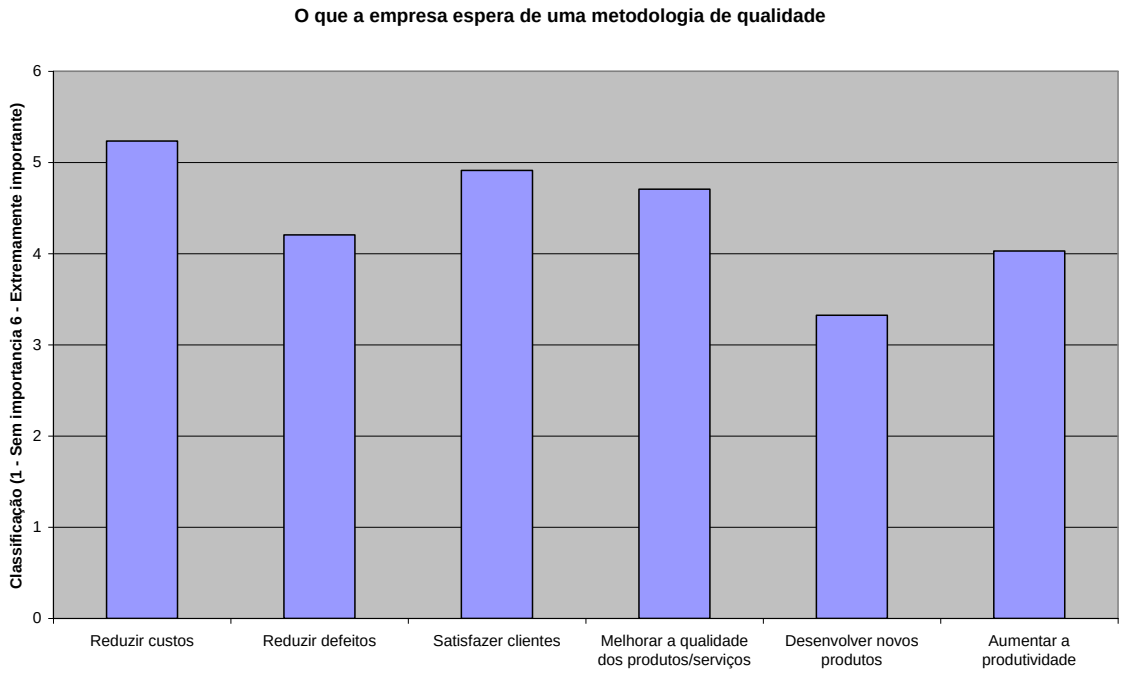

Figura 11 – O que a empresa espera de uma metodologia de qualidade

Desenvolvemos esta questão como uma questão abrangente e não direcionada ao Seis Sigma pois queríamos verificar o real intuito das organizações adotarem metodologias de qualidade. O principal foco do Seis Sigma é reduzir defeitos. Porém esta não foi a mais bem avaliada. Pelo contrário, foi a segunda pior avaliada. Isso mostra que mesmo a empresa aplicando o Seis Sigma, o principal motivo não é reduzir defeitos. O gráfico seguinte mostra as mesmas alternativas, porém agora somente com as empresas que já aplicaram o Seis Sigma em seus processos. Vamos verificar se os motivos melhor avaliados mudam:

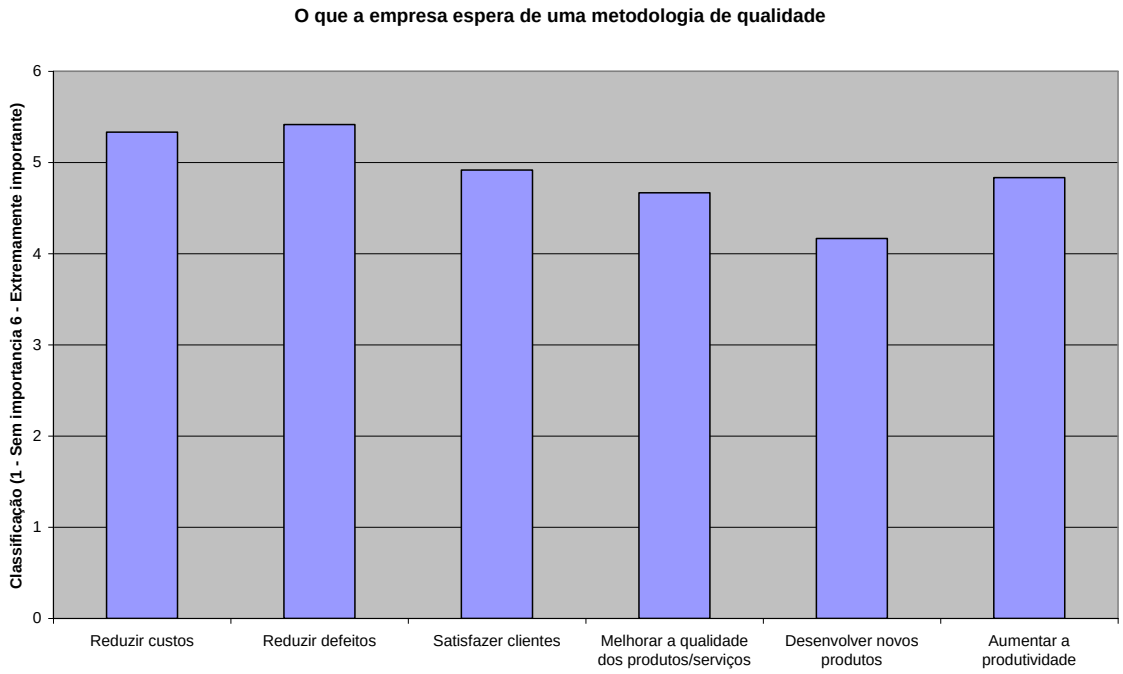

Figura 12 - Apenas empresas que já aplicaram o Seis Sigma

Vemos que as empresas que já aplicaram o Seis Sigma tem como a maior esperança de uma metodologia de qualidade “reduzir custos”, que é justamente o conceito do Seis Sigma.

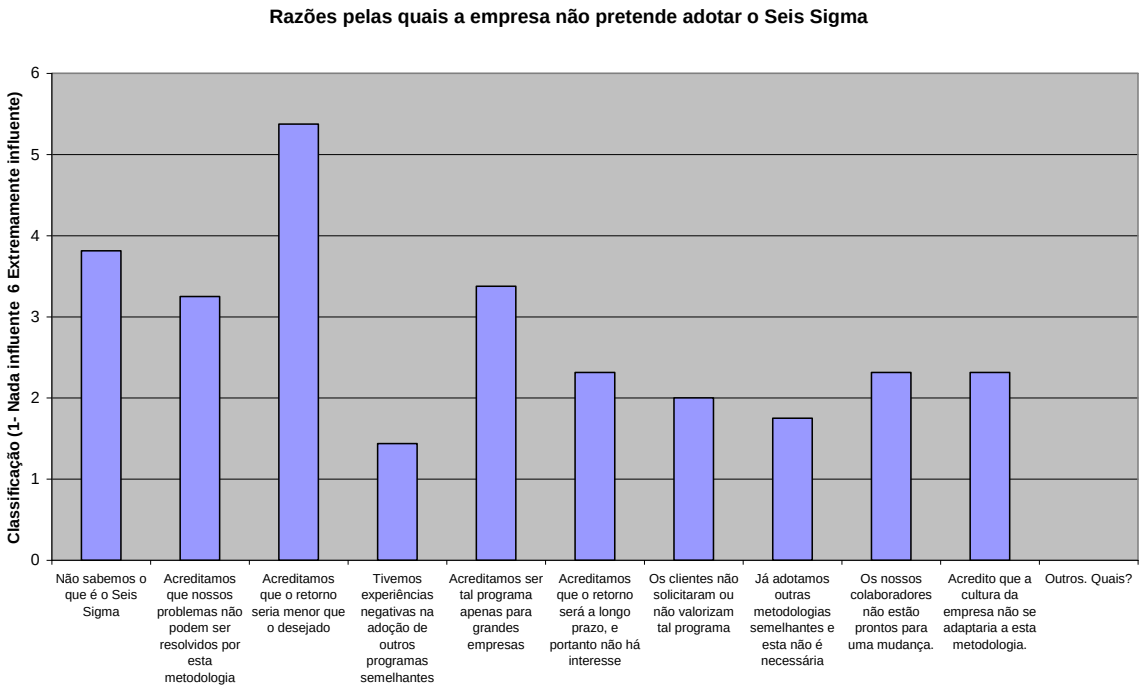

Figura 13 – Razões pelas quais a empresa não pretende adotar o Seis Sigma

Vemos que o principal fator para a não adoção do Seis Sigma é uma crença de que o retorno será menor que o desejado. Isso está diretamente ligado à crença de que o Seis Sigma é uma metodologia que demanda um alto investimento inicial. Além disso, é possível verificar que existe uma correlação entre os que não conhecem ou têm pouco conhecimento da metodologia e aqueles que acreditam num retorno insatisfatório. Uma justificativa para esse resultado é que o foco do Seis Sigma não está diretamente ligado a redução de custos ou aumento de receita, e sim na redução de defeitos. Por conseqüência dessa redução, pode-se obter um aumento de lucratividade.

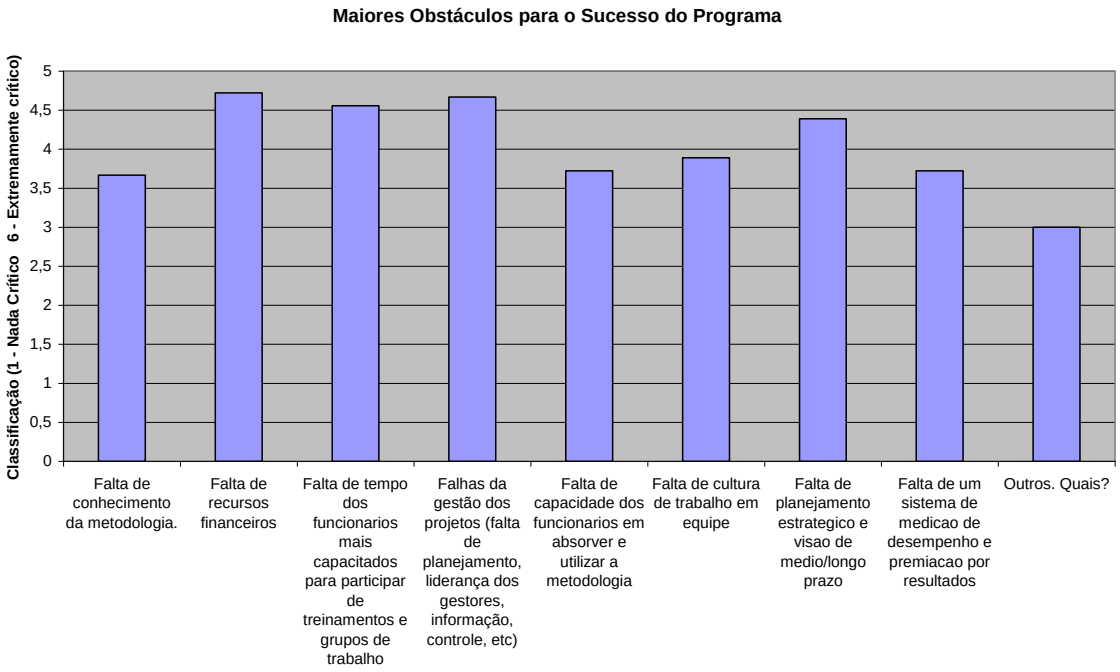

Figura 14 – Maiores obstáculos para o sucesso do Seis Sigma

A falta de recursos financeiros é considerada o maior obstáculo para se obter o sucesso com o programa. Os recursos financeiros necessários na implementação do Seis Sigma são aplicados em grande parte nos treinamentos para capacitar os colaboradores. Pode-se observar uma correlação entre a receita anual da empresa e o maior obstáculo enfrentado na aplicação do programa. As empresas que têm um faturamento anual maior que R$ 2 milhões apresentam como maiores obstáculos, falhas na gestão e falta de tempo dos funcionários mais capacitados.

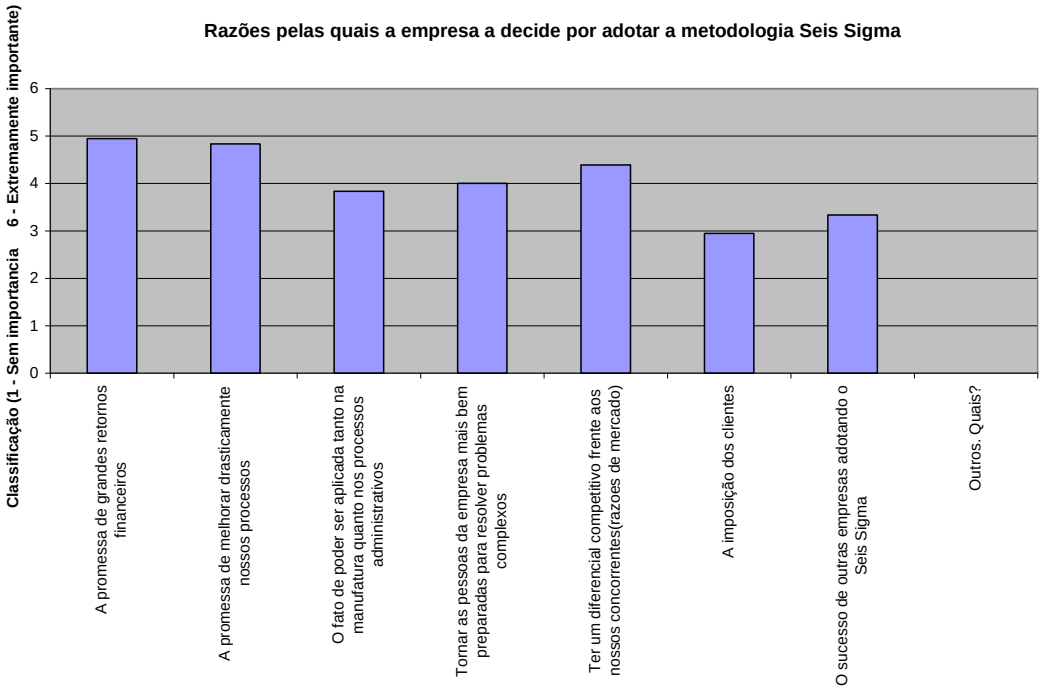

Figura 15 – Razões pelas quais a empresa decide por adotar o Seis Sigma

Mais uma vez vemos que a promessa de grandes retornos financeiros atingiu a maior média entre os questionários. Isso, como vimos nas questões anteriores, foi uma constante entre as respostas do questionário, pois poucos sabem o que é realmente o Seis Sigma e no que ele está realmente baseado. Muitos esperam de uma metodologia de qualidade, incluindo o Seis Sigma, a redução de custo e o conseqüente retorno financeiro.

7. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA

A empresa em que iremos aplicar os fundamentos teóricos desenvolvidos neste trabalho é a Mícron Pulverizadores e Bicos Cerâmicos. Iremos focar, a pedido da própria empresa, na fabricação dos bicos cerâmicos.

Os bicos pulverizadores são peças sujeitas ao desgaste normal de uso, e devem ser substituídos ao atingir um determinado grau de desgaste, o que representa a sua vida útil. Este desgaste é provocado pelo próprio líquido pulverizado que possui impurezas sólidas como areia, terra, defensivos em pós molháveis, etc. Estas, ao passarem pelo orifício de um bico em altas velocidades (até 200 km/h), causam abrasão e o seu "arrombamento" com o conseqüente aumento de vazão e desperdício do defensivo.

Os bicos em questão são fabricados em Fine Ceramics, material de alta tecnologia, sintetizados em laboratórios devido ao alto teor de pureza (99,9% de Al2O3). São materiais de elevadíssima resistência e sua dureza (Escala Mohs 9) é superada apenas pelo diamante (Mohs 10). Isso faz com que o bico tenha uma vida útil de pelo menos 30 vezes a de um bico convencional de aço inoxidável.

A empresa foi selecionada devido ao fato de apresentar um índice crítico de falhas (refugos, retrabalhos e peças descartadas), que segundo entrevistas com engenheiros da empresa chega a 50% em algumas linhas. Outro fato de acrescenta interesse na empresa é o fato de os processos serem enxutos e de relativa simplicidade e mesmo assim ocorrerem tantos erros, sendo assim um cenário extremamente propicio para melhorias consideráveis a partir da engenharia de qualidade.

Após comprovados os benefícios atingíveis por essa empresa devido a melhoras dos processos de qualidade, foi averiguada a possibilidade de real implementação das ferramentas , assim foi feita uma visita técnica a empresa e comprovado nível de

organização mínimo necessário para quantificação das falhas, assim como uma padronização da linha de produção , sendo esta assim passível de ganhos significativos da analise dos processos e de possíveis soluções para problemas chave.

Ainda foi verificada a boa vontade da empresa em participar nesse estudo num intuito cooperativo com expectativa de resultados tangíveis, mediante a analise de ferramentas do seis sigma indicando os problemas raiz dos processos e assim como a elaboração de soluções fundadas nos conceitos de engenharia mecânica pautadas em viabilidades técnico financeiras, condizentes com a realidade da empresa.

Um fluxograma dos processos chaves para a fabricação dos bicos pulverizantes é mostrado a seguir:

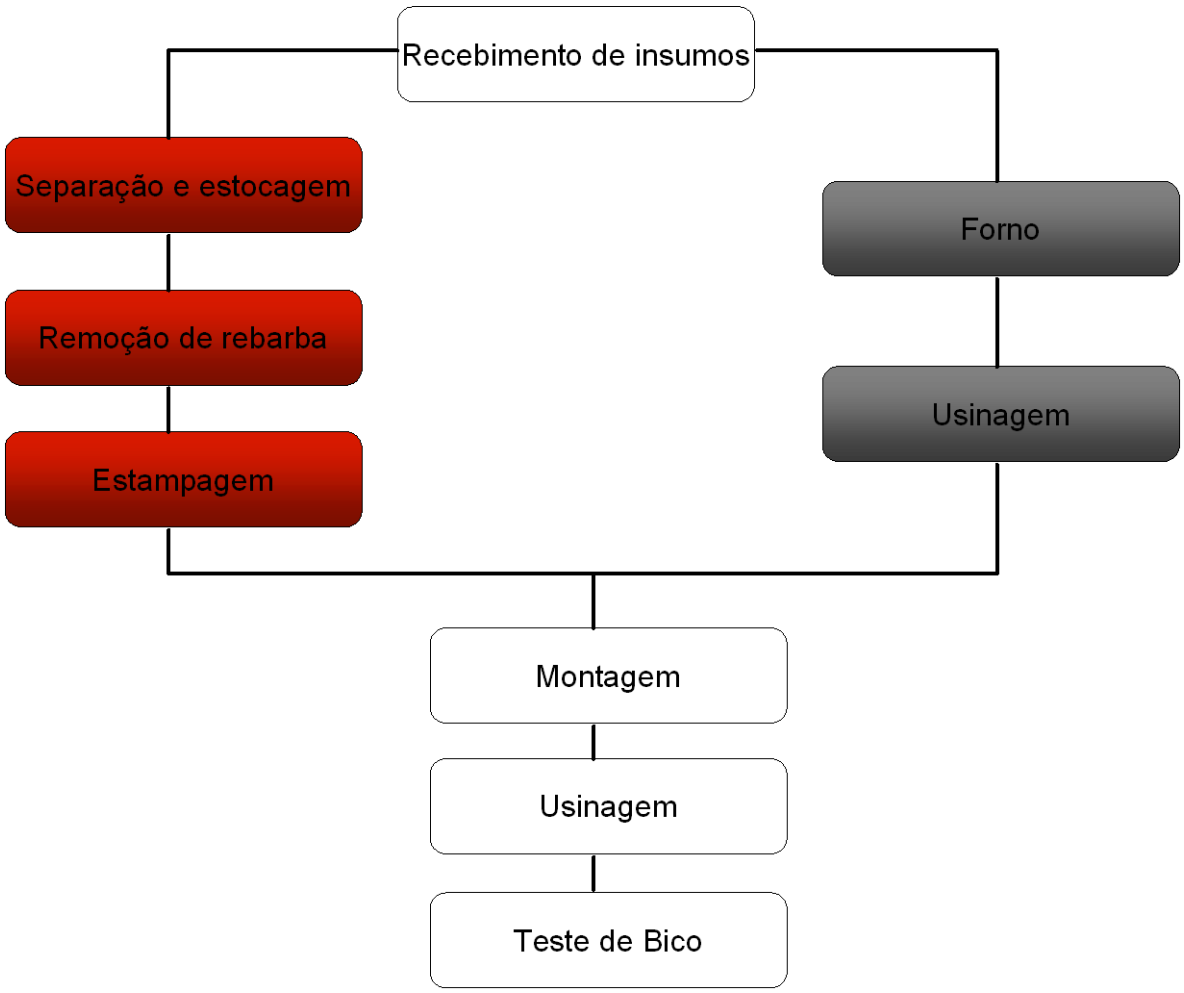

Figura 16 – Fluxograma de Processos

A descrição das etapas é mostrada a seguir:

- **Recebimento de Insumos (Núcleo + Capa externa)**

Etapa em que a matéria-prima entra na fábrica. A fabricação de bicos pulverizadores tem como insumo:

- A capa de plástico, que é o tubo propriamente dito – somente a injeção é feita fora da fábrica. O ferramental é da própria Microns.
- A cerâmica em pó que servirá como núcleo do bico.

- **Separação e Estocagem (Capa externa)**

Existem diferentes cores e diferentes tipos de bico. As cores têm a função de especificar a vazão de operação de um determinado tipo de bico e é definida pelo Inmetro. Já os diferentes bicos são utlizados para as mais diversas aplicações: Variações de volume de herbicida a se utilizar, pressão de jateamento do herbicida, facilidade na limpeza.

Figura 17 – Setor de Estocagem da Mícron

- Remoção de Rebarba (Capa externa)

  É feita manualmente pelo operador com um estilete.

- Estampagem (Capa Externa)

  É a simples inserção do logo da empresa e um número de série.

- Prensa (Núcleo)

Esse processo é de extrema importância, pois é nele em que o dimensionamento do núcleo cerâmico é dado. O pó, após colocado numa forma, é comprimido a frio tomando forma e dimensão desejada.

- Forno (Núcleo)

Etapa em que a cerâmica é aquecida e adquire características de resitência e desgaste.

- Montagem (Núcleo + Capa Externa)

Nessa etapa, o núcleo de cerâmica é unido com o bico. Esse processo é realizado manualmente, através de um ajuste forçado.

Figura 18 – Montagem Núcleo – Capa Externa

- Usinagem (Núcleo + Capa Externa)

Processo no qual o conjunto já montado é fixado numa mesa e a ponta do núcleo cerâmico sofre um corte, dado pelo rebolo.

Figura 19 - Fresadora

- Inspeção (Núcleo + Capa Externa)

Todos os bicos são inspecionados, um a um através de um processo manual no qual se examinam o ângulo de abertura do jato (80^o ou 110^o), a distribuição do fluxo de água ao longo do jato (para jatos tipo leque, que deve ter seu fluxo mais concentrado no centro e aproximadamente a metade nas pontas) e a vazão que deve estar de acordo com a especificação do Inmetro com uma margem de erro de 5% da vazão nominal.

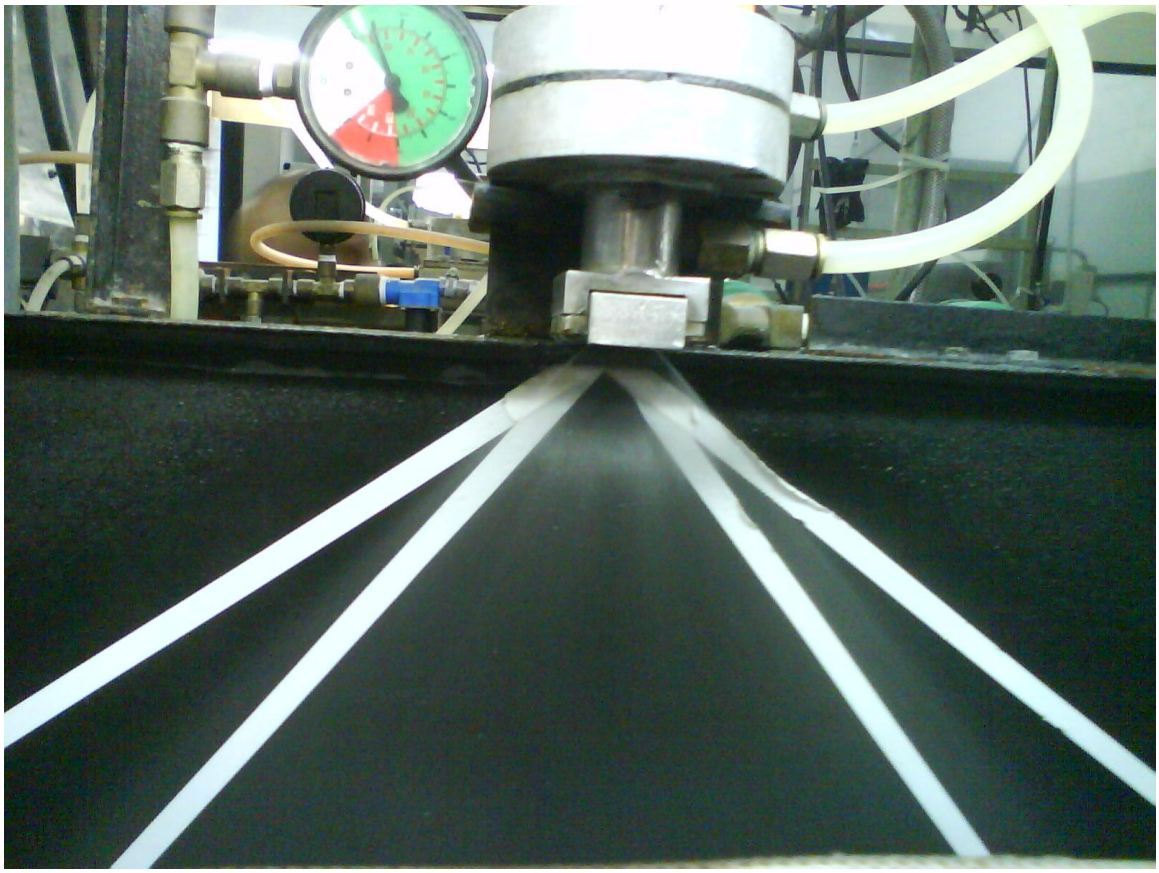

Figura 20 – Controle de Qualidade

7.1. Tipos De Falhas

Após a definição do grupo de bicos que seria estudado, devemos tentar descobrir quais as principais falhas encontradas e suas causas para que assim possamos solucioná-los.

Iremos primeiramente tabelar as possíveis falhas que ocorrem, em um âmbito geral, para depois podermos focar nos principais problemas, mensuradas com a quantidade de falhas em um certo período.

O Departamento de qualidade da Mícron nos forneceu as quantidades de refugos diária entre os meses de Julho e Agosto/08.

Tais dados foram manipulados e organizados de maneira a se ter uma visão mais clara dos mesmos. Médias foram tiradas para cada causa de refugo, e problemas que não foram significativos foram retirados do escopo. A tabela a seguir trata desses problemas:

Problemas	Quantidade Média	%
Corte Inadequado	534	63,3%
Falha na montagem	211	25,0%
Aquecimento Excessivo/Insuficiente	57	6,8%
Erro de calibração	33	3,9%
Rebarba	9	1,1%
Total	844	100,0%

Tabela 1 – Tabela de Problemas

Com as informações organizadas dessa maneira, podemos montar diagramas de Pareto para os problemas, para o processo como um todo:

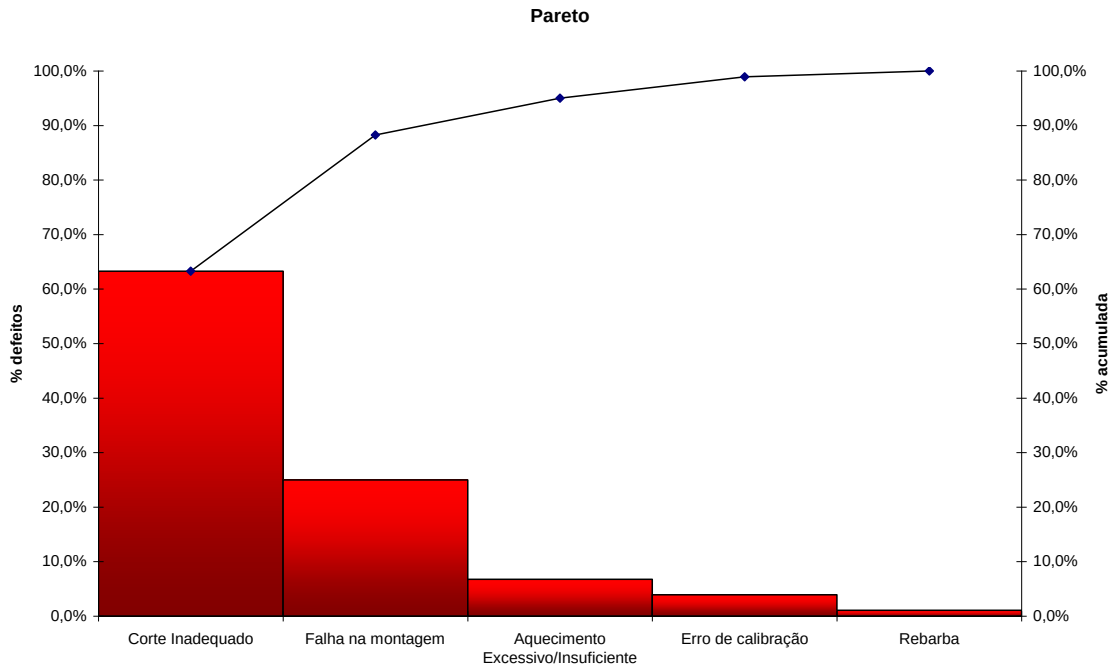

Figura 21 – Diagrama de Pareto dos Problemas Encontrados

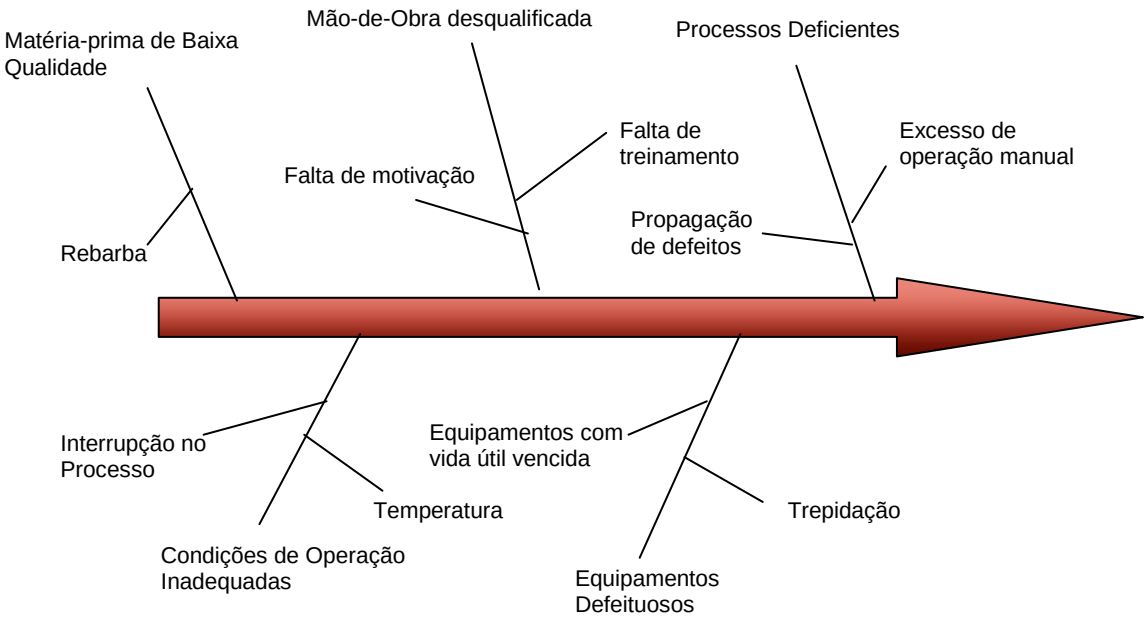

Figura 22 – Diagrama Causa e Efeito

A Mícron tem um índice de refugo de peças muito alto. Isto faz com que o trabalho seja ainda mais valorizado. De acordo com o diagrama de Pareto desenvolvido, iremos concentrar nossos esforços principalmente na Usinagem do Bico e na Montagem, pois estes dois processos apresentam os maiores índices de refugos.

Nesse ponto do trabalho, analisaremos as diferentes fontes de defeitos que são gerados no bico através de um banco de dados criado ao longo do projeto durante visitas à fábrica e dados colhidos pelo supervisor da empresa. A partir dessa análise conseguiremos definir um indíce de refugo devido para cada tipo de falha no bico, o porquê dessas falhas ocorrerem e causa raiz desses defeitos. Ao identificarmos a origem dessa falha, estaremos aptos a propor soluções e realizar uma análise de viabilidade técnico-financeira para resolver o problema.

Abaixo pode-se observar o gráfico de pareto com as falhas funcionais:

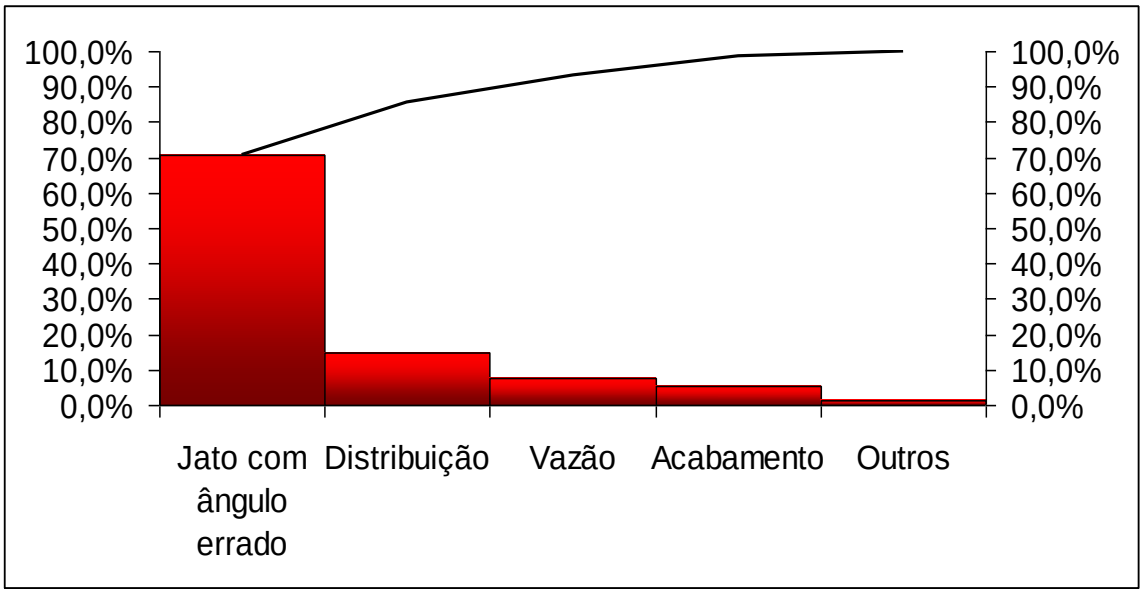

Figura 23 – Gráfico de Pareto com as falhas funcionais

Em detalhes, apresentamos a seguinte descrição para cada um dos tipos de falha:

Jato com ângulo errado

Os bicos fabricados da MICRON que estão sendo objetos de estudo do nosso trabalho possuem como padrão ângulos de saída do jato d`água de 90^0 e 120^0. Esse tipo de defeito é verificado no controle de qualidade que testa todos bicos da produção, um a um.

Distribuição

A distância entre um bico e outro é ideal para que os jatos se encontrem no ponto médio de seu alcance. Por isso, a concentração dos jatos a partir do ponto de encontro deve ser a metade para que a distribuição do fluido se mantenha homogênea.

Vazão

Por norma técnica, a vazão dos bicos aspersores devem estar dentro de uma faixa de erro de 5% em relação a vazão estabelecida. Assim, Depois que todo o processo de fabricação é realizado, um controle de qualidade avalia se a vazão está dentro dessa faixa permitida.

Acabamento

Esse tipo de falha é identificado visualmente pelos operadores e pode ser verificado em qualquer etapa do processo. Geralmente, essas falhas são caracterizadas por rachaduras tanto na cerâmica quanto na capa plástica ou ainda rebarbas do processo.

Das falhas funcionais apresentadas acima, podemos concluir que o jato com ângulo errado é a falha mais crônica, sendo resposável por mais de 70 % dos erros mensurados.

De tal forma iremos priorizá-lo como foco das próximas investigações das causas raiz a fim de mitigar a ocorrência de defeitos.

7.2. Analise Das Falhas

Para solucionar o problema dos jatos d'água em ângulo errado, estudamos os diferentes tipos de fonte para esse defeito. Essas fontes de defeito estão explicitadas abaixo de maneira quantitativa (Pareto) e qualitativa:

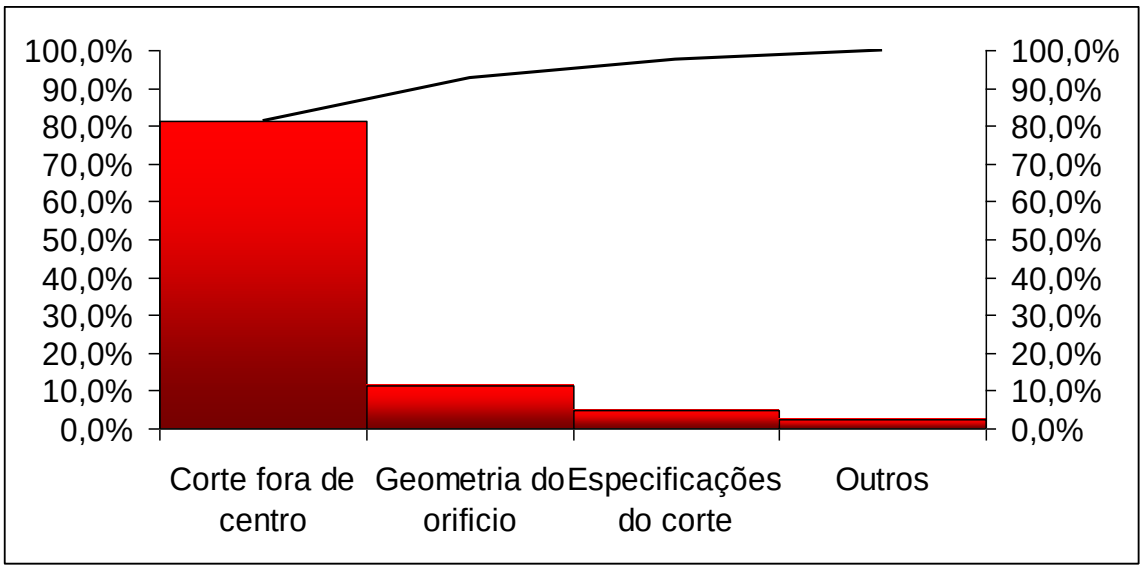

Figura 24 – Gráfico de Pareto das Fontes de Defeito

O Pareto acima nos permite observar que mais de 80% dos problemas de jato d'água em ângulos fora do padrão são causados pelo corte fora de centro que estudaremos com mais detalhe a seguir. Antes disso, apresentamos uma descrição de cada uma dessas fontes de defeito:

Corte fora de Centro

Esse tipo de defeito é caracterizado pela acentricidade do corte com o centro geométrico da peça.

Geometria do Corte

Defeito caracrterizado quando o contorno do orifício se encontra em descompasso com do projeto.

Especificações do Corte

Quando a profundidade ou a largura do corte ultrapassa o valor estabelecido de projeto, consideramos um defeito de especificação.

Conforme analisado anteriormente o ponto crítico a ter suas causas raiz definidas é o corte fora de centro. Para melhor entender as causas reais por trás de tal efeito foram feitas vistas técnicas junto á operação, entrevistas a engenheiros e diretoria da empresa.

Após a analise do processo e quantificação estatística dos dados foi possível identificar suas principais causas como demonstrado no gráfico a seguir:

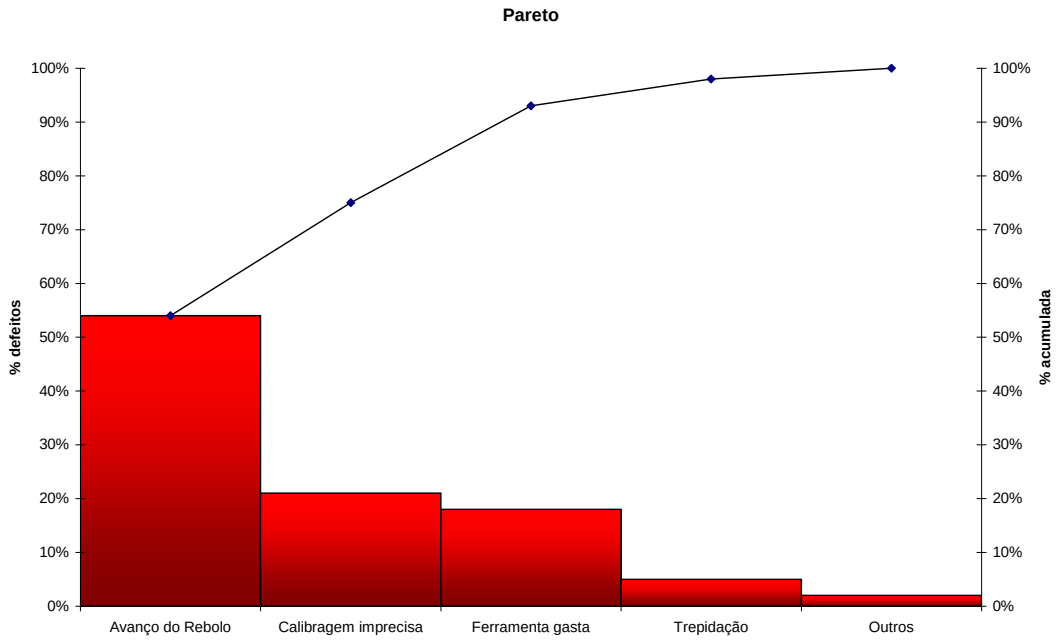

Figura 25 – Gráfico de Pareto das Principais Causas

Explicitando as causas acima citadas:

Avanço do rebolo

Representa o papel do operador em regular o avanço da ferramenta de corte transversalmente até a peça, esta operação é guiada através da rotação de uma manivela de controle integralmente manual, sendo assim extremamente ligada e sensível á habilidade e sensibilidade do operador quanto a profundidade do corte

Calibragem

No inicio do processo o rebolo costuma estar desalinhado com a peça a ser talhada, assim diversas tentativas que incluem o sacrifício de peças são feitas de modo a encontrar o alinhamento ideal e assim acertar o ponto de corte com o de projeto.

Ferramenta gasta

Muitas vezes os operadores continua a executar o processo de corte com a ferramenta fora de suas condições ideais dado ao desgaste natural da atividade, assim o corte começa a apresentar falhas que comprometem a peça.

Trepidação

Apesar de todos os esforços de alinhamento e estabilização da atividade, muitas vezes ocorrem problemas de vibrações que acabam por movimentar a peça e consequentemente induzir um erro no ponto de corte.

Assim concluímos que avanço do rebolo, ferramenta gasta e calibragem são fatores crucias para a ocorrência de refugos na produção e deverão ser obtidas soluções para cada um desses itens, vale ressaltar neste ponto que os três itens citados são diretamente ligados a atividade humana.

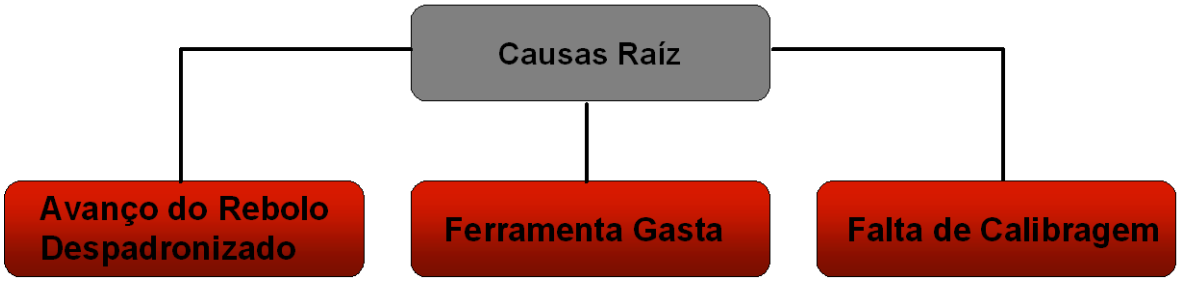

Figura 26 – Causas Raiz da Falha

7.3. Recomendações

Após uma minunciosa análise das causas raíz chegamos a conclusão que os problemas mais críticos da empresa estavam ligados à atividades com interferência humana direta. Dado que a força de trabalho já possuía elevado grau de qualificação, com treinamentos constantes de aprimoramento da capacidade técnica, concluímos que a automação de grande parte das tarefas poderia ser implementada para aumentar a produtividade e eficiência do processo.

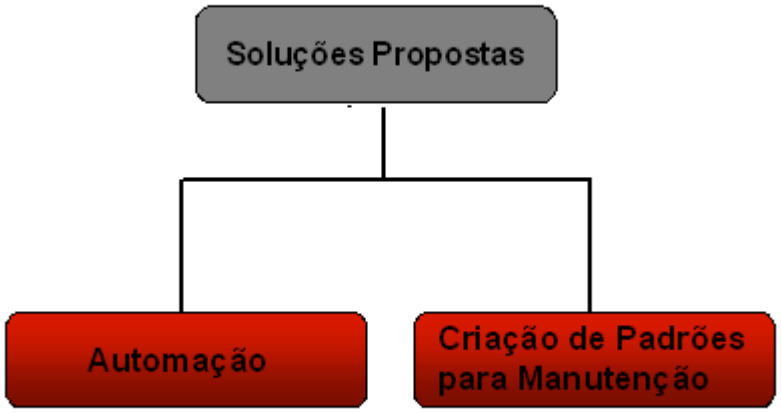

Figura 27 – Soluções Propostas

7.3.1. Fatores A Serem Analisados

Para entender realmente os impactos da aplicação de conceitos e seis sigma na empresa é preciso primeiro entender melhor sua situação atual, assim como definir algumas variáveis que podem vir a ser afetadas por alterações no padrão de qualidade da empresa, meta deste trabalho.

Capacidade produtiva

Após mapear a cadeia produtiva da empresa foi necessário entender seu porte para avaliar os impactos de possíveis soluções a ela aplicáveis. Assim foi averiguada a capacidade produtiva da empresa segundo pesquisa de campo abaixo descrita:

O primeiro passo foi quantificar o numero de maquinas (fresadoras), sendo encontradas 2, deve-se ressaltar que esta maquina apresenta o atual gargalo produtivo, assim limitando a capacidade máxima.

Depois verificamos a capacidade produtiva de cada maquina medindo o numero de peças usinadas por hora e tendo como média obtida das medições 87,46 peças por hora por máquina, nessa conta já estão considerados as perdas de calibragem. Assim totalizando uma produção de 30785 peças por mês.

Índice de refugo

É importante mensurar as perdas atuais do processo para compreender o potencial que melhorias põem vir a trazer para a empresa. Assim quantificamos em pesquisa de campo a porcentagem de peças usinadas que eram descartadas e depois acrescemos a este montante as peças comercializadas devolvidas. No primeiro quesito encontramos 31,2% e somente 0,027% (segundo dados da própria diretoria da empresa) de devoluções, podendo desprezar assim esse valor.

Concluímos assim um grande potencial de economia para a empresa caso seja possível diminuir este índice.

Produção líquida

Devido ao alto potencial perdido devido a peças fora dos padrões de qualidade a produção liquida, ou seja peças com qualidade para serem comercializadas é de somente 21158 peças por mês, já que 9627 por mês são refugadas.

Perdas financeiras

As perdas produtivas acarretam em prejuízos para a empresa tanto na forma de matéria prima desperdiçada como em tempo de uso de maquinário e de homem hora na linha de produção.

7.3.2. Automação

A primeira solução proposta é a aquisição de um sistema de controle de malha fechada para as fresadoras.

Para esta alternativa foram consideradas a aquisição de maquinas CNC ou a adaptação das atuais com a incorporação de um microcomputador e de atuadores.

Por questões de custo foi escolhida a segunda alternativa, a de adaptar um sistema de controle as maquinas atuais. Através de um orçamento técnico, o valor para se efetuar tal modificação é de aproximadamente R$18.000,00 por equipamento e não existem impossibilidades técnicas na operação.

De tal forma o custo desta solução totalizaria R$36.000,00. Assim devem-se avaliar os potenciais ganhos a serem alcançados. Serão desenhados 2 cenários para avaliar os cenários um primeiro mais conservador no qual consideraremos somente as economias diretas pela não produção de peças defeituosas, e um agressivo no qual serão contabilizadas receitas adicionais das vendas da produção adicional que ocorreria caso não houvessem os defeitos corrigidos pelo emprego do controle de malha fechada na fresadora.

Hipóteses

-100% das falhas decorrentes de problemas com a fresadora serão solucionadas.

- As falhas ligadas a fresadora correspondem á 94% das falhas do corte jato fora de ângulo.

- 83,3 % dos erros de jato no ângulo errado decorrem corte fora de centro.

- 76,3% das falhas são jato fora de ângulo.

- Assim 59,74% das falhas totais da empresa serão solucionadas.

- Atualmente em média aproximadamente 9627 peças são perdidas por mês.

- O preço de venda de cada peça é em média de 1 real.

- O custo médio dos insumo de fabricação de cada peça é de 0,20 reais.

- O valor da hora homem é de 9 reais por hora.

Primeiro cenário

As economias a serem geradas decorrem tanto da economia de matéria prima como da utilização desnecessária de força de trabalho.

Assim quanto ao custo dos insumos teremos uma economia proporcional ao numero de peças poupadas:

Numero de peças perdidas X percentual poupado X custo unitário dos insumos

Totalizando assim R$1.092,00 por mês

Analogamente temos a economia e mão de obra:

Numero de peças perdidas x percentual poupado x Custo do homem hora x tempo gasto por peça

Totalizando assim R$591,00 por mês

Assim nesse cenário temos um investimento de R$36.000,00 com economia de R$1.683,00 por mês ou seja um retorno do investimento (*payback time*) em 21,39 meses numa conta simplificada.

Se considerado o custo de oportunidade que a empresa julgou como sendo de 2% ao mês teríamos um *payback time* de 28,2 meses

Segundo cenário

No segundo cenário teríamos receitas adicionais da venda dos produtos que seriam produzidos com qualidade suficiente para serem vendidos, esse montante de receitas pode set simplesmente obtido segundo:

Numero de peças perdidas X percentual poupado X Valor da peça vendida

Assim totalizando R$5.751 de Receita Adicional.

Neste cenário mais otimista teríamos um investimento inicial de R$36.000,00 ante uma receita adicional de R$5.751 por mês, resultando num *payback time* simplificado de 6 meses e uma semana ou considerando o custo de capital da empresa de 2% ao mês de 6 meses e 3 semanas.

7.3.3. Criação De Padrões Para Manutenção

A solução baseada em se criar padrões para utilização dos equipamentos e mais especificamente a manutenção desses se mostra uma solução de baixo custo e de fácil implementação. A idéia do padrão é focar nos itens mais delicados do problema. Em nosso estudo, ficou comprovado que o ponto-chave do processo é a etapa do corte.

Portanto, iremos adotar 3 práticas em relação à manutenção:

- Inserir um planejamento de manutenção preventiva para substituição do rebolo com uma periodicidade ainda a ser definida.

- Inserir um planejamento de manutenção preventiva para substituição do rebolo com uma periodicidade ainda a ser definida.

- Treinamento periódico com os operadores como forma de reciclagem.

Essas 2 soluções se mostram complementares sendo que permite estimar um retorno através a criação de cenários.

8. CONCLUSÕES

O presente trabalho envolveu, numa visão macro, duas diferentes etapas. A primeira etapa consistiu em se analisar quais os principais fatores que dificultam as empresas a aplicarem a metodologia Seis Sigma. Para se realizar esse estudo preliminar utilizou-se de questionários respondidos por diversas empresas. Como resultado, concluímos que o fator mais crítico para uma empresa não se aplicar a metodologia Seis Sigma consistia em escassez de recursos financeiros.

Em função do resultado obtido nessa primeira etapa, objetivamos aplicar a metodologia em uma empresa que possuísse as seguintes características: Estivesse inserida na categoria de empresa do ramo de indústria, de pequeno ou médio porte, de acordo com a nossa classificação, e considerasse como maiores obstáculos para implementação do programa, a escassez de recurso financeiro ou ainda a incerteza em relação ao retorno sobre o investimento a ser realizado. A empresa escolhida para implementação do Seis Sigma foi a Micron, especializada na produção de bicos aspersores utilizados no processo de irrigação de lavouras com pesticidas.

Durante as visitas realizadas e com o auxílio de dados já coletados pelo próprio gestor da unidade, conseguimos concluir que no processo de fabricação dos bicos, a principal fonte de falha está na etapa do corte. Para minimizar essas falhas que são responsáveis por aproximadamente 60% de todas as falhas do processo, foram propostas duas soluções complementares, com diferentes focos: A Automação do gargalo da Produção – O processo de corte; e a padronização para manutenções preventivas. Através da criação de cenários, foi possível avaliar o retorno obtido a gestão opte por realizar o investimento sugerido. O tempo estimado para se recuperar o investimento para o cenário mais pessimista é de aproximadamente 29 meses. É importante destacar que alguns benefícios como, por exemplo, um eventual aumento de *market share* ou vantagens provenientes da segunda solução não foram mensurados.

9. ANEXOS

RESPONDA O QUESTIONARIO ABAIXO COLORINDO O QUADRO COM A ALTERNATIVA DESEJADA:

I	**Dados Demográficos**							
1	Com relação ao número de funcionários:							
a	Acima de 200							
b	Entre 50 a 200							
c	Entre 20 e 50							
d	Menos de 20							
2	Com relação ao faturamento anual da empresa:							
a	Acima de R$2.000.000,00							
b	De R$500.000,00 a R$2.000.000,00							
c	Entre R$100.000,00 e R$500.000,00							
d	Abaixo de R$100.000,00							
3	Descreva sucintamente o ramo de atuação de sua empresa							
4	A empresa é:							
a	Predominantemente Prestadora de Serviços							
b	Predominantemente Manufatureira							
c	Outro							
5	Sua empresa abrange predominantemente:							
a	Região Sul							
b	Região Sudeste							
c	Região Centro-oeste							
d	Região Norte							
e	Região Nordeste							
f	Multi-nacional							
6	O público alvo predominante é:							
a	Classe Alta							
b	Classe Media							
c	Classe Baixa							
d	Todas							
II	**Dados Objetivos**							
7	Essas metodologias já foram adotadas pela empresa?							
a	ISO 9000	Sim	Não					
b	TS 16949	Sim	Não					
c	Produção Enxuta (Lean)	Sim	Não					
d	TQM	Sim	Não					
e	SPC/SQC	Sim	Não					
f	Zero Defeito	Sim	Não					
g	Outra. Qual?	Sim	Não					
8	Qual a importância destas iniciativas prévias como forma de preparar a empresa para aplicar outras metodologias? (1 - Sem importância 6 - Extremamente importante)							
a	ISO 9000	1	2	3	4	5	6	
b	TS 16949	1	2	3	4	5	6	
c	Produção Enxuta (Lean)	1	2	3	4	5	6	
d	TQM	1	2	3	4	5	6	
e	SPC/SQC	1	2	3	4	5	6	
f	Zero Defeito	1	2	3	4	5	6	
g	Outra. Qual?	1	2	3	4	5	6	
9	Classifique os fatores que podem ser empecilho para aplicação imediata de qualquer iniciativa de qualidade, de acordo com sua criticidade: (1 - Nada critico 6 - Extremamente Critico)							
a	Alto custo	1	2	3	4	5	6	
b	Falta de treinamento dos funcionários	1	2	3	4	5	6	
c	Falta de comprometimento da Alta Administração	1	2	3	4	5	6	
d	Pouco interesse	1	2	3	4	5	6	
e	Outro motivo	1	2	3	4	5	6	
10	Quão responsável na melhoria da qualidade é cada um dos grupos abaixo: (1 - Sem Responsabilidade 6 - Extremamente Responsável)							
a	Alta gerência	1	2	3	4	5	6	
b	Funcionários	1	2	3	4	5	6	
11	Com relação a treinamentos para sua equipe de colaboradores, o que é mais praticado na sua empresa? (1- Nada praticado 6- Extremamente praticado)							
a	Não dar treinamento aos colaboradores	1	2	3	4	5	6	
b	Só investir muito em treinamento naqueles que permanecerão muito tempo na empresa	1	2	3	4	5	6	
c	Começar com treinamento básico e dar novos treinamentos na medida da necessidade	1	2	3	4	5	6	
d	Ter pessoas na empresa com treinamento basico apenas e usar consultores externos	1	2	3	4	5	6	
e	Dar treinamento a todos os colaboradores envolvidos da empresa	1	2	3	4	5	6	
12	Classifique os fatores para o sucesso de qualquer metodologia de qualidade, de acordo com a sua importância: (1 - Sem importância 6 - Extremamente Importante)							
a	Comprometimento Alta Administração	1	2	3	4	5	6	
b	Treinamento para os funcionarios	1	2	3	4	5	6	
c	Seleção apropriada dos projetos	1	2	3	4	5	6	
d	Ferramentas para medições, como indicadores de qualidade, de produtividade, financeiros, por exemplo	1	2	3	4	5	6	
e	Outro	1	2	3	4	5	6	

13	Classifique de acordo com o que a empresa espera de uma metodologia de qualidade: (1 - Sem importancia 6 - Extremamente importante)						
a	Reduzir custos	1	2	3	4	5	6
b	Reduzir defeitos	1	2	3	4	5	6
c	Satisfazer clientes	1	2	3	4	5	6
d	Melhorar a qualidade dos produtos/serviços	1	2	3	4	5	6
e	Desenvolver novos produtos	1	2	3	4	5	6
f	Aumentar a produtividade	1	2	3	4	5	6
14	Os resultados foram satisfatórios quando da aplicação da metodologia Seis Sigma?						
a	Sim						
b	Não						
c	Nunca foi aplicado Seis Sigma em minha empresa						
	Se a resposta a questão anterior foi **B** ou **C**, responda a questão **15**. Caso contrário, responda as questões **17 e 18.**						
15	Sua empresa tem intenção em adotar o Seis Sigma?						
a	Sim						
b	Não						
c	Talvez						
	Se a resposta a questão anterior foi **NÃO**, responda a questão **16**. Se foi **SIM** ou **TALVEZ**, responda as questões **17** e **18**.						
16	Classifique as razões pelas quais a empresa não pretende adotar o Seis Sigma, de acordo com o grau de influência: (1- Nada influente 6 Extremamente influente)						
a	Não sabemos o que é o Seis Sigma	1	2	3	4	5	6
b	Acreditamos que nossos problemas não podem ser resolvidos por esta metodologia	1	2	3	4	5	6
c	Acreditamos que o retorno seria menor que o desejado	1	2	3	4	5	6
d	Tivemos experiências negativas na adoção de outros programas semelhantes	1	2	3	4	5	6
e	Acreditamos ser tal programa apenas para grandes empresas	1	2	3	4	5	6
f	Acreditamos que o retorno será a longo prazo, e portanto não há interesse	1	2	3	4	5	6
g	Os clientes não solicitaram ou não valorizam tal programa	1	2	3	4	5	6
h	Já adotamos outras metodologias semelhantes e esta não é necessária	1	2	3	4	5	6
i	Os nossos colaboradores não estão prontos para uma mudança.	1	2	3	4	5	6
j	Acredito que a cultura da empresa não se adaptaria a esta metodologia.	1	2	3	4	5	6
k	Outros. Quais?	1	2	3	4	5	6
17	Classifique de acordo com o grau de criticidade os maiores obstáculos para o sucesso do Programa? (1 - Nada Crítico 6 - Extremamente crítico)						
a	Falta de conhecimento da metodologia.	1	2	3	4	5	6
b	Falta de recursos financeiros	1	2	3	4	5	6
c	Falta de tempo dos funcionarios mais capacitados para participar de treinamentos e grupos de trabalho	1	2	3	4	5	6
d	Falhas da gestão dos projetos (falta de planejamento, liderança dos gestores, informação, controle, etc)	1	2	3	4	5	6
e	Falta de capacidade dos funcionarios em absorver e utilizar a metodologia	1	2	3	4	5	6
f	Falta de cultura de trabalho em equipe	1	2	3	4	5	6
g	Falta de planejamento estrategico e visao de medio/longo prazo	1	2	3	4	5	6
h	Falta de um sistema de medicao de desempenho e premiacao por resultados	1	2	3	4	5	6
i	Outros. Quais?	1	2	3	4	5	6
18	Classifique de acordo com o grau de importância, quais razões, influenciariam sua empresa a decidir por adotar a metodologia Seis Sigma? (1 - Sem importancia 6 - Extremamente importante)						
a	A promessa de grandes retornos financeiros	1	2	3	4	5	6
b	A promessa de melhorar drasticamente nossos processos	1	2	3	4	5	6
c	O fato de poder ser aplicada tanto na manufatura quanto nos processos administrativos	1	2	3	4	5	6
d	Tornar as pessoas da empresa mais bem preparadas para resolver problemas complexos	1	2	3	4	5	6
e	Ter um diferencial competitivo frente aos nossos concorrentes(razoes de mercado)	1	2	3	4	5	6
f	A imposição dos clientes	1	2	3	4	5	6
g	O sucesso de outras empresas adotando o Seis Sigma	1	2	3	4	5	6
h	Outros. Quais?	1	2	3	4	5	6

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Adams, M. et al. Lean Six Sigma: A Tools Guide. Colorado Springs: Air Academic Associates, 2003, 2004.

(2) Aguiar, S. Integração das Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma. Belo Horizonte: EDG, 2002.

(3) George, M.L et al. The Lean Six Sigma Pocket. New York: McGraw-Hill, 2005.

(4) Pande, P.S, Neuman, R,P;Cavanagh,R.R. Estratégia Seis Sigma: Como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

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

(6) Werkema, M..C.C. Criando a cultura Seis Sigma. Rio de Janeiro: Qualitmark, 2002.

(7) Kuniyoghi, D.S. Implementação da Metodologia Lean Seis Sigma em uma empresa do setor têxtil. São Paulo, 2006.

(8) http://www.faesp.br/rafi/ed3/artigos_rodrigo.aspx Acesso em Maio 2008

(9) Perez-Wilson, M. Seis Sigma. Compreendendo o conceito, as implicações e os desafios. Tradução de Bazán Tecnologia e Lingüística. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2000.