

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM PRODUÇÃO INDUSTRIAL**

**FELIPE RODRIGUES BASQUES**

**APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DMAIC NA REDUÇÃO DO RETRABALHO  
NA MONTAGEM DE POLTRONAS DE UMA ENCARROÇADORA DE  
ÔNIBUS**

Botucatu-SP  
Junho-2013

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM PRODUÇÃO INDUSTRIAL**

**FELIPE RODRIGUES BASQUES**

**APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DMAIC NA REDUÇÃO DO RETRABALHO  
NA MONTAGEM DE POLTRONAS DE UMA ENCARROÇADORA DE  
ÔNIBUS**

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Fernanda Cristina Pierre

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado a FATEC – Faculdade de  
tecnologia de Botucatu, para a obtenção  
do título de Tecnólogo Curso Superior  
de Produção Industrial.

Botucatu-SP  
Junho-2013

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM PRODUÇÃO INDUSTRIAL**

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: “APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DMAIC NA REDUÇÃO DO  
RETRABALHO NA MONTAGEM DE POLTRONAS DE UMA  
ENCARROÇADORA DE ÔNIBUS”**

ALUNO: FELIPE RODRIGUES BASQUES

ORIENTADORA: PROF.<sup>a</sup> DRA. FERNANDA CRISTINA PIERRE

Aprovado pela banca examinadora:

---

PROF. ME. GILSON EDUARDO TARRENTO

---

PROF. ME. RENATO LUIZ GAMBARATO

Data de realização: 27 de junho de 2013.

*“Se eu pudesse deixar algum presente a você, deixaria aceso o sentimento de amar a vida dos seres humanos. A consciência de aprender tudo o que foi ensinado pelo tempo a fora. Lembraria os erros que foram cometidos para que não mais se repetissem. A capacidade de escolher novos rumos. Deixaria para você, se pudesse, o respeito àquilo que é indispensável. Além do pão, o trabalho. Além do trabalho, a ação. E, quando tudo mais faltasse, um segredo: o de buscar no interior de si mesmo a resposta e a força para encontrar a saída” Mahatma Gandhi*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, que me proporcionou a oportunidade de vivenciar esta experiência. A Ele, que me deu forças, saúde e disposição todos os dias para encarar os desafios. Serei eternamente grato a todo corpo de professores e funcionários da Faculdade de Tecnologia de Botucatu, em especial a Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Fernanda Cristina Pierre por todo esforço e dedicação na orientação deste trabalho. Todos os colegas da V Turma de Produção Industrial, aos amigos que aqui conquistei e que me motivaram nos momentos turvos. Agradeço a minha família, meu pai José Carlos Basques, minha mãe Miriam Alves Rodrigues Basques e minha irmã Fernanda Cristina Basques, pelo incentivo, por me apoiarem com muito amor, por ser a minha base e por me ensinarem valores que foram fundamentais nesta jornada e que levarei por toda a vida. Agradeço meu amor, Rafaela Cristina Granieri, minha companheira, por toda a paciência e compreensão, também pelo incentivo em todos os momentos de minha graduação, principalmente nos mais difíceis. A todos que fizeram parte desta conquista, muito obrigado.

## RESUMO

O mercado mundial está cada vez mais competitivo e, dentro deste contexto, as empresas objetivam reduzir custo, aumentar produtividade e qualidade, entre outras melhorias em seus processos. Assim sendo, elas buscam se adaptar as novas exigências do mercado, com aumento da efetividade nas suas operações através da implementação de boas práticas de gestão, criando um método confiável e que se sustente em fatos e dados, não no empirismo. Este presente trabalho referiu-se a aplicação do DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*) somado as ferramentas da qualidade na busca da redução do retrabalho no processo de montagem de poltronas injetadas em uma indústria encarroçadora de ônibus. As metodologias aplicadas resultaram em um êxito na redução do retrabalho da empresa em questão, atingindo 90,35%.

**Palavras-chave:** DMAIC. Retrabalho. Encarroçadora de ônibus.

## **ABSTRACT**

The world market is increasingly competitive and, within this context, companies aim to reduce cost, increase productivity and quality, among other improvements in their processes. Therefore, they seek to adapt to new market requirements with increased effectiveness in their operations through the implementation of best management practices, creating a reliable method that stands on facts and data, not empiricism. This present paper referred to the implementation of the DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve, Control) added quality tools in the quest to reduce rework in the process of assembly seats injected into an industry bus company. The methodologies applied resulted in a success in reducing the rework of the company in question, reaching 90,35%.

**Keywords:** DMAIC. Rework. Bus Company.

## LISTA DE FIGURA

Figura 1 - PDCA de melhorias x DMAIC de melhorias .....	16
Figura 2 - Diagrama SIPOC exemplificado .....	22
Figura 3 - Diagrama de causa e efeito .....	24
Figura 4 - Fluxograma da montagem da poltrona injetada .....	31
Figura 5 - Diagrama SIPOC do Processo Poltrona Injetada.....	32
Figura 6 - Índice de retrabalho do processo .....	34
Figura 7 - Estratificação do Problema .....	34
Figura 8 - Impacto da montagem no total do retrabalho .....	35
Figura 9 - Focos do problema - Categoria Montagem.....	35
Figura 10 - Impacto do revestimento no total de retrabalho.....	36
Figura 11 - Focos do problema - Categoria Revestimento.....	37
Figura 12 - Frequência e representatividade dos focos .....	37
Figura 13 - Gráfico de Pareto para análise dos focos .....	38
Figura 14 - Diagrama de causa e efeito .....	39
Figura 15 - Impacto do revestimento no total de retrabalho - Fase de testes .....	40
Figura 16 - Impacto da montagem após solução implantada .....	41
Figura 17 - Focos do problema - Categoria Montagem após solução .....	42
Figura 18 - Impacto do revestimento após a solução implantada.....	43
Figura 19 - Focos do problema - Categoria Revestimento após solução .....	43
Figura 20 - Gráfico comparativo de controle do retrabalho .....	44



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CIESP – CENTRO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

DMAIC – *DEFINE, MEASURE, ANALYSE, IMPROVE, CONTROL*

DPMO – DEFEITOS POR MILHÃO DE OPORTUNIDADES

EUA – ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA

FIESP – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

FMEA – *FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS*

MAIC - *MEASURE, ANALYSE, IMPROVE, CONTROL*

MASP – METODOLOGIA DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

PDCA – *PLAN, DO, CHECK, ACT*

POP – PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO

PPCP – PLANEJAMENTO, PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

SDCA – *STANDARD, DO, CHECK, ACT*

SIPOC – *SUPPLIERS, INPUTS, PROCESS, OUTPUTS, CUSTOMERS*

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Objetivo .....	12
1.2 Justificativa.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	13
2.1 Seis Sigma – A origem do DMAIC.....	14
2.2 Ciclos de melhoria contínua .....	16
2.2.1 Ciclo PDCA.....	17
2.2.2 Metodologia DMAIC .....	18
2.2.2.1 Etapa Definir.....	19
2.2.2.2 Etapa Medir .....	19
2.2.2.3 Etapa Analisar.....	20
2.2.2.4 Etapa Melhorar .....	21
2.2.2.5 Etapa Controlar.....	21
2.3.1 SIPOC.....	22
2.3.2 Gráfico de Pareto .....	22
2.3.3 Diagrama de causa e efeito.....	24
2.3.3 <i>Brainstorming</i> .....	25
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 Métodos .....	27
3.2 Estudo de caso .....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	32
4.1 Fase Define .....	32
4.2 Fase Measure .....	33
4.3 Fase Analyse.....	37
4.4 Fase Improve .....	39
4.5 Fase Control.....	41
5 CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS .....	46

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado atual desafia constantemente as organizações, impondo o ritmo e exigindo que estas se adequem a ele. Desta forma, as empresas sofrem pressão permanente para manter ou expandir nichos de mercado e diferenciais competitivos perante seus concorrentes, seus clientes, bem como toda a sociedade, com a necessidade de se transformar e se adaptar continuamente. Percebe – se com certa clareza que os diferenciais competitivos necessários para sobrevivência das empresas se sustentam cada vez mais na otimização dos recursos disponíveis, gerindo os processos de forma integrada.

Para se obter boas práticas de gestão de processos, e, sobretudo tomar decisões mais precisas, é essencial trabalhar embasado em fatos e dados, ou seja, analisar os processos, gerando informações, buscando e interpretando de forma correta as informações disponíveis eliminando o empirismo. Para tanto, existem técnicas importantes no processo decisório, denominadas ferramentas da qualidade, com excelente capacidade de coletar dados, processar e dispor as informações ou dados relacionados aos processos ou serviços gerenciados dentro das organizações. Portanto, as ferramentas da qualidade passam a ser de grande utilidade na gestão de processos à medida que as pessoas que compõe a organização começam a dominá-las e praticá-las, pois de acordo com Gerolamo (2003) essas criam a possibilidade das empresas manterem seus processos em constante avaliação e monitoramento, buscando melhorar diariamente.

Com a necessidade de se agir com eficácia, é de suma importância que se empregue um método confiável, que possa gerar um ciclo de melhoria permanente na organização, de modo a solucionar de maneira permanente o problema em questão e criando uma metodologia

que permita solucionar e evitar falhas futuras. Nesta situação, a metodologia DMAIC é uma alternativa que possibilita uma aplicação estruturada e flexível, com uma abordagem científica, auxiliando de forma muito efetiva no controle dos processos e suas variações, impactando de forma positiva os indicadores de qualidade e produtividade.

### **1.1 Objetivo**

Este trabalho teve como objetivo reduzir o retrabalho na montagem de poltronas injetadas, no setor de tapeçaria de uma empresa encarregadora de ônibus, por meio da aplicação do ciclo DMAIC no processo.

### **1.2 Justificativa**

Com a atual concorrência no mercado, as empresas têm de buscar diferenciais competitivos, formas de aperfeiçoar seus processos. Neste contexto, a qualidade é um elemento essencial para a competitividade, onde a implantação de estratégias bem elaboradas e bem sucedidas é fundamental para sobrevivência da empresa.

A metodologia DMAIC aplicada ao controle e melhoria de processos, diminui suas variações, atuando nas causas do retrabalho, gera um incremento de produtividade, aumento de efetividade no fornecimento de produtos ou serviços, reduzindo custos e prazos, o que resulta no aumento dos ganhos da empresa, satisfação de seus clientes internos, externos e sociedade como um todo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Campos (1992, p.152), a qualidade pode ser definida como:

Um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo as necessidades do cliente. Portanto, em outros termos pode-se dizer: projeto perfeito, sem defeitos, baixo custo, segurança do cliente, entrega no prazo certo, no local certo e na quantidade certa.

Processo, segundo Werkema (1995, p.6) é:

Uma combinação dos elementos equipamentos, insumos, métodos ou procedimentos, condições ambientais, pessoas e informações do processo ou medidas, tendo como objetivo a fabricação de um bem ou fornecimento de um serviço.

Pode-se visualizar uma organização com características de seus processos e, no seu funcionamento, percebe-se a existência de conjuntos de sub processos, criando o fluxo de produção e/ou fornecimento de serviços, que necessitam de acompanhamento constante.

O controle do processo, de acordo com Campos (1992, p.17):

É a essência do gerenciamento em todos os níveis da empresa. O primeiro passo no entendimento do controle de processo é a compreensão do relacionamento causa-efeito sempre que ocorre (efeito, fim, resultado) existe um conjunto de causas (meios) que podem ter influenciado. Observando a importância da separação das causas de seus efeitos no gerenciamento e como nós temos tendência de confundilos, os japoneses criaram o diagrama de causa e efeito.

O autor afirma ainda que uma empresa deve realizar medições periódicas sobre seus resultados, qualidade de seus produtos e serviços, os índices de atrasos de entrega, índices de refugos, índices de acidentes e absenteísmo e o custo do produto ou serviço.

As ferramentas da qualidade são utilizadas nos processos de implantação de programas da qualidade (Miguel, 2001). As técnicas, ferramentas e seus métodos empregados

criam a possibilidade das empresas manterem seus processos em constante avaliação e monitoramento, buscando melhorar diariamente. Contudo, estes mecanismos aceitam diferentes nomenclaturas, divergindo em sua classificação (GEROLAMO, 2003).

A deficiência no monitoramento e controle do processo é extremamente prejudicial às organizações, pois não é possível identificar variações onerosas ao processo e a qualidade do produto ou serviço. Um dos efeitos da falta de controle no processo é o retrabalho, que gera grandes perdas de produtividade. O retrabalho causa prejuízos financeiros através da perda de materiais, onde os mesmos são comprados como matéria-prima ou componentes e descartados como sucata, produtos são transformados e posteriormente sucateados, além das disponibilidades de máquinas, mão de obra, aumento do tempo de espera em sistema, além do prejuízo ambiental, gerando resíduos, que são subprodutos gerados pelos processos econômicos, como as atividades de extrativistas, manufatura e de serviços, bens de consumo [...] (JOHN, 1996).

De acordo com Barbosa Filho (2009), com a sustentabilidade em foco, as empresas devem desenvolver processos mais eficientes, buscando uma menor geração de resíduos, com baixo consumo de energia durante o seu processamento, pensando na substituição e no descarte de partes componentes, além dos materiais, embalagens e transportes.

## 2.1 Seis Sigma – A origem do DMAIC

Pande et al. (2000) definem o Seis Sigma como:

um sistema abrangente e flexível para realizar, manter e maximizar negócios de sucesso. O Seis Sigma é dirigido unicamente pelo entendimento cuidadoso das necessidades do cliente, uso disciplinado dos fatos, dados e análises estatísticas e atenção cuidadosa ao gerenciar, melhorar e reinventar os processos do negócio.

O Seis Sigma surgiu na *Motorola* (EUA), na década de 80, com o objetivo de atingir altos níveis de qualidade, tornando a empresa capaz de se manter em um mercado cada vez mais competitivo. Apoiada no sucesso e no interesse de outras empresas, como *IBM*, *Kodak*, etc., a *Motorola* criou o *Six Sigma Academy*, que facilitou o processo de disseminação da teoria Seis Sigma (OTAVIANO, 2010).

Segundo Slack et al. (2008) trata-se de uma abordagem que combina melhoria contínua e inovação, que compreende os efeitos negativos da variabilidade dos processos de todas as naturezas. Esta aversão a variação foi popularizada pela *Motorola*, que definiu que

seu objetivo era satisfação total do cliente, através de entrega no prazo prometido, com nenhum defeito, nenhuma falha de concepção e nenhuma falha excessiva de uso.

Para realizar tal feito, direcionaram os esforços na remoção de defeitos na fabricação, porém logo se notou que as causas dos problemas muitas vezes se davam em falhas de projeto de seus produtos, concluindo que a única forma de eliminar esses defeitos era garantir o rigor das especificações do projeto, capacitando seus processos.

Os autores afirmam ainda que esta abordagem também é utilizada na medição de DPMO, ou seja, defeitos por milhões de oportunidades. Essa é a ocorrência de defeitos que produzidos durante o processo em um milhão de oportunidades para ocorrer.

De acordo com Rotondaro et al. (2006), o Seis Sigma é uma filosofia de trabalho utilizada para alcançar, maximizar e manter sucesso comercial, que se dá através da compreensão da necessidades dos clientes, ou seja, trata-se de um conceito com foco no cliente e no produto. É uma metodologia que utiliza ferramentas estatísticas para definir problemas ou oportunidades de melhorias, medir para coleta de dados e informações, analisar o que foi obtido, implementar melhorias, incorporando-as no processo e, por fim, controlar os processos, sempre com o objetivo de atingir metas ótimas e gerar um ciclo de melhoria contínua.

Ainda conforme o autor supracitado:

Seis Sigma é uma metodologia estruturada que incrementa a qualidade por meio da melhoria contínua dos processos envolvidos na produção de um bem ou serviço, levando em conta aspectos importantes de um negócio. O objetivo do Seis Sigma é conseguir a excelência na competitividade pela melhoria contínua do processo (ROTONDARO et al., 2006, p.18).

Sobre o Seis Sigma, segundo Harry e Schroeder (1998), é um processo de negócio que possibilita as organizações otimizar operações, melhorar a qualidade e eliminar defeitos, erros e falhas, permitindo assim um incremento em seus lucros. Empresas que aplicam Seis Sigma não tem o objetivo de atingir níveis Seis Sigma de qualidade, relacionando a filosofia à melhora da lucratividade, o que significa dizer que organizações que implementam Seis Sigma tem como meta melhorar seus lucros.

Portanto, trata-se de uma melhoria sustentável, pois não apenas se criam novos procedimentos, mas se cria uma cultura de melhoria, com capacitação de colaboradores com novas técnicas e novas ideias, tudo isso focado no aumento da lucratividade e fatia de mercado, melhorando os índices de rentabilidade e aumento na satisfação do cliente.

A metodologia Seis Sigma oferece um modelo que utiliza uma vasta gama de ferramentas com uma estrutura de gestão extremamente robusta. Esta metodologia estruturada

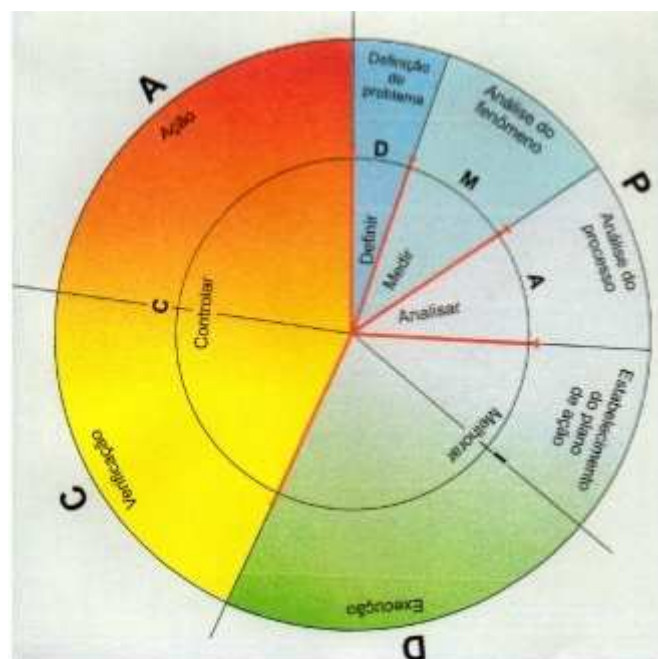
de solução de problemas é conhecida como DMAIC, das iniciais *Define, Measure, Analyse, Improve e Control*, (definir, medir, analisar, melhorar e controlar) respectivamente.

## 2.2 Ciclos de melhoria contínua

Slack et al. (2008) enfatizam a importância do fato de que as melhorias podem ser representadas por um processo repetitivo de questionamento e requestionamento do funcionamento estratificado do processo, resumindo tal ações na ideia do ciclo de melhoria. Existem inúmeros ciclos de melhoria, incluindo modelos próprios de algumas empresas, e, entre esses modelos, dois dos mais utilizados são o ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) e o Ciclo DMAIC (*Define-Measure-Analyse-Improve-Control*).

De acordo com Aguiar (2006), o ciclo PDCA forneceu apoio para estruturação e desenvolvimento da metodologia DMAIC, que pode adotar dimensões distintas, de acordo com a forma que é utilizada.

Figura 1 - PDCA de melhorias x DMAIC de melhorias



Fonte: AGUIAR, 2006.

Rotondaro et al. (2006) afirmam que em ambos os ciclos:

O método está centrado na identificação dos problemas-base para seleção dos projetos, na coleta de dados de forma honesta, que leva a conhecer o desempenho do processo atual, na determinação das causas dos problemas, que leva à análise das causas, na formulação de ações de melhoria, que leva à melhoria do processo, na



consolidação e manutenção das melhorias conseguidas, que leva a manter o processo sob controle (ROTONDARO et al. 2006, p. 24).

De acordo com Slack et al. (2008) o ponto mais importante em ambos os ciclos é o fato de começar novamente o ciclo. A melhoria se tornará parte da tarefa de cada pessoa apenas se for aceita uma filosofia de melhoria contínua onde esses ciclos quase nunca param.

### 2.2.1 Ciclo PDCA

Segundo Slack et al. (2008) o ciclo PDCA se inicia pela etapa P (planejar), a qual se examina o método atual ou o problema a ser abordado. Ainda nesta fase se realiza a coleta e análise dos dados e formula-se um plano de ação para melhoria de desempenho. Na etapa D (fazer), ocorre a implementação e teste do plano na operação, onde pode haver um mini ciclo PDCA, conforme problemas de implementação vão sendo resolvidos. Em seguida, na etapa C (controlar), avalia-se a solução e verifica-se o resultado, confrontando-o com a expectativa. Por fim, temos a etapa A (agir). Se houve êxito, padroniza-se a mudança, se a mudança não obteve sucesso, formalizam-se as lições aprendidas e se reinicia o ciclo.

De acordo com Campos (1992), quando utilizamos o ciclo PDCA para controlar resultados de um processo num nível desejado ou para atingirmos as metas padrão, é designado por SDCA, e suas fases são: S (de *standard* ou padrão) – Estabelecer as Metas Padrão e os Procedimentos Operacionais Padrão (POP); D - Avaliar o cumprimento dos POP na execução das tarefas; C - Verificar efetividade dos POP, averiguando se as metas estabelecidas foram ou não alcançadas; A – Se ocorrer de não atingir as metas estabelecidas, agir corretivamente nas causas raízes.

O autor afirma ainda que o PDCA para se manter e melhorar resultados:

Pode ser utilizado para manutenção do nível de controle (ou cumprimento das “diretrizes de controle”), quando o processo é repetitivo e o plano (P) consta de uma meta que é uma faixa aceitável de valores e de um método que corresponde os “Procedimentos Padrão de Operação”... Também utilizado nas melhorias do nível de controle (ou melhoria da “diretriz de controle”). Neste caso, o processo não é repetitivo e o plano consta de uma meta que é um valor definido (por exemplo: reduzir o índice de peças defeituosas em 50%) e de um método, que compreende aqueles procedimentos próprios necessários para se atingir uma meta. Esta meta é o novo “nível de controle” pretendido (CAMPOS, 1992, p.31).

No Ciclo PDCA de melhoria, também conhecido como MASP (Metodologia de Análise e Solução de Problemas) a fase P é dividida em quatro etapas: identificação do problema, observação (reconhecimento do problema e de suas características), análise do processo (descoberta das principais causas que afetam o processo e impedem de atingir as

metas) e plano de ação (elaborar medidas sobre as causas principais). A fase D é a execução do plano de ação atuando para bloquear as causas raízes. Na fase C, é feita a verificação da efetividade do plano de ação, analisando se a causa raiz foi bloqueada, se o bloqueio não for efetivo, deve-se retornar a etapa de observação, na fase P. Por fim, a fase A possui duas etapas: se o bloqueio da causa for efetivo, a fase de padronização, que consiste na eliminação definitiva das causas, garantindo que o problema não reapareça, e a de conclusão, que todas as atividades são revisadas e é feito um planejamento para trabalhos futuros (CAMPOS, 1992).

### 2.2.2 Metodologia DMAIC

Conforme Harry e Schroeder (1998), desenvolveu-se o modelo MAIC (Medir, analisar, melhorar, controlar) na *Motorola* como evolução do ciclo PDCA, e posteriormente adotado pela *General Electric* como DMAIC, onde a inicial D significa definir. A metodologia DMAIC se tornou a base operacional da ruptura Seis Sigma, sendo fator imprescindível para o sucesso alcançado por essas empresas.

Segundo Rath & Strong (2001), então o DMAIC é uma estruturada, disciplinada e rigorosa abordagem para alcançar a melhoria do processo composta pelos 5 passos ou fases descritos abaixo, onde cada passo está logicamente ligado com o passo anterior assim como o posterior.

A utilização desta ferramenta depende de uma equipe, usualmente chamada de equipe de melhoria contínua e formada por colaboradores de diferentes departamentos, com conhecimentos diversos e diferentes níveis hierárquicos.

Para Slack et al. (2008) trata-se de um ciclo intuitivamente mais óbvio que PDCA, até por seguir uma abordagem mais experimental. O ciclo se inicia definindo o problema parcialmente, para entender o escopo do que precisa ser feito, definindo posteriormente as necessidades exatas de melhoria do processo. É comum definir objetivos e metas formais nesta etapa (fase *Define*). Na segunda etapa, se inicia a medição, pois é importante trabalhar com evidência rigorosa ao invés de opinião. Então o problema é validado, certificando-se de que vale a pena resolver o problema, utilizando-se dos dados para refinar o problema e medir o que de fato está acontecendo (fase *Measure*). A etapa de análise pode ser uma oportunidade de desenvolver hipóteses sobre as reais causas do problema. As hipóteses são validadas (ou não) pela análise, identificando assim as principais causas iniciais do problema e, uma vez identificadas as causas, pode-se efetivamente iniciar o processo de melhoria (fase *Analyse*). Para implantação da melhoria, ideias são desenvolvidas para remover as causas de variação,

testando possíveis soluções, onde aquelas que parecem funcionar são implementadas e formalizadas, sendo realizadas medições dos resultados (fase *Improve*). Cria-se então a necessidade de monitorar e controlar continuamente, a fim de se verificar que o nível de desempenho melhorado será mantido, a quinta etapa do ciclo (fase *Control*). O ciclo se inicia novamente, definindo os problemas que estão impedindo melhorias adicionais.

### **2.2.2.1 Etapa Definir**

De acordo com Chowdhury (2001) na fase de Definição, os dados preliminares do projeto devem ser estabelecidos: a missão, o escopo, as métricas, o time, o tempo e o impacto financeiro estimados. Enfim, definir o projeto, os marcos iniciais e finais, os membros com respectivas responsabilidades da equipe, as métricas que indicarão se o projeto teve sucesso ou não e qual a estimativa de retorno que a empresa terá com a execução deste projeto.

O primeiro passo do ciclo é definir o problema. Conforme Werkema (2010), para desenvolver este passo é necessário responder algumas perguntas, tais como:

- Qual o problema ou a oportunidade a ser estudada?
- Qual o indicador será utilizado para medir o projeto?
- Existem dados confiáveis para levantamento histórico? Se não, como será feito o levantamento?
- Como o indicador vem se comportando historicamente?
- Quais são as metas?
- Quais são as perdas resultantes do problema?
- Qual equipe desenvolverá o projeto?
- Qual o cronograma do projeto?

### **2.2.2.2 Etapa Medir**

Como afirma Coutinho (2011) trata-se de uma ferramenta totalmente baseada em dados estatísticos, portanto é uma fase essencial do ciclo. Haja visto isso, percebe-se a importância de contar com dados confiáveis para que as análises sejam consistentes e verdadeiras.

Miyoshi (2003) afirma que as medidas têm o objetivo de identificar e atuar sobre as causas. Portanto, medir tem dois objetivos principais:

- Coletar dados válidos para quantificar o problema ou oportunidade;

- Começar a dar os primeiros indícios das causas dos desperdícios.

Werkema (2010) afirma que para a realização desta etapa, as seguintes questões devem ser respondidas:

- Como o problema pode ser estratificado?
- Existem dados históricos e como eles foram coletados?
- Quais são os focos dos problemas?
- Como os focos se comportam ao longo do tempo?

Como resultado desta etapa, é possível ter uma ideia do desempenho do sistema produtivo, o que abre as oportunidades de melhoria. Tais dados também irão alimentar a próxima etapa do ciclo, que é analisar os dados colhidos.

### **2.2.2.3 Etapa Analisar**

Segundo Coutinho (2011) nesta etapa são levantadas as oportunidades e ações de melhoria para o sistema produtivo, analisando os focos dos problemas, buscando a redução dos desperdícios.

Basicamente, nesta etapa o objetivo é encontrar a principal causa das falhas, ao passo que esta, em algumas vezes, é evidente. Desta forma, o ciclo DMAIC passa rapidamente por todas suas etapas. Porém em outros casos causa fundamental encontra-se oculta, portanto a metodologia DMAIC consome mais tempo e esforço.

Coutinho (2011) menciona como as principais ferramentas utilizadas: técnicas de análise gráfica (teste de normalidade, histograma, Pareto, tendência, entre outros); análise multivariada; testes de hipótese; regressão e correlação; e FMEA.

Existem algumas questões a serem respondidas para o êxito nesta etapa. Conforme Werkema (2010) são elas:

- Qual o processo gerador do problema?
- Quais são as causas potenciais que mais influenciam o problema?
- As causas potenciais foram priorizadas?
- Quais são as causas fundamentais?

Pande et al. (2004) consideram fundamental a etapa de análise no procedimento de redução de desperdícios, e afirmam que deve-se realizar a análise de causa lógica.

#### **2.2.2.4 Etapa Melhorar**

Para Coutinho (2011) esta etapa do ciclo DMAIC reúne todas as informações levantadas nas três etapas iniciais. Portanto, para o autor a boa execução das etapas de definir, medir e analisar resulta em melhorias mais efetivas, tratando esta etapa como consequência das três primeiras. A má execução das três primeiras etapas também resulta em uma má execução da etapa melhorar.

Para Werkema (2010) as principais perguntas a serem respondidas nesta etapa são:

- Quais são as possíveis soluções?
- Será necessário priorizar soluções?
- Será necessário testar as soluções?
- Como os testes serão realizados?
- A solução proporcionou o alcance da meta?

#### **2.2.2.5 Etapa Controlar**

Para Slack et al. (2008) há necessidade de monitorar e controlar continuamente, com a finalidade de garantir que o nível de desempenho melhorado será mantido. O ciclo se inicia novamente, definindo os problemas que estão impedindo melhorias adicionais.

Para Harry e Schroeder (1998), controlar é documentar e monitorar todas as decisões, medições, e indicadores de desempenho do processo. Controlar implica dar ao projeto a importância necessária, definir claramente as responsabilidades de cada um dentro sistema produtivo e garantir suporte para que o impacto das mudanças seja duradouro.

Segundo Werkema (2010) as questões fundamentais referentes a esta etapa são:

- A meta foi alcançada?
- Foi obtido o retorno previsto?
- Foram criados ou alterados padrões para manutenção dos resultados?
- Quais variáveis do processo serão monitoradas e como elas serão acompanhadas?
- O que foi aprendido?

De acordo com Coutinho (2011), as principais ferramentas utilizadas são: os gráficos de controle, o plano de controle e os dispositivos à prova de falhas.

### 2.3.1 SIPOC

A sigla SIPOC é uma expressão oriunda dos termos em inglês: *Suppliers* (fornecedores), *Inputs* (Insumos/Entradas), *Process* (Processo), *Outputs* (Produtos/Serviços obtidos na saída), *Customers* (Consumidores) (WERKEMA, 2010).

De acordo com Andrade et al. (2012) o objetivo desta técnica é melhorar a visualização da sequência de todos os processos por todos os membros da empresa diretamente ligados a estes. Para tanto, deve-se levantar a relação entre fornecedores, as entradas, as saídas e os clientes de um determinado processo, de forma a indicar os pré-requisitos dos fornecedores e os requisitos dos clientes, conforme mostra a figura 2.

Figura 2 - Diagrama SIPOC exemplificado

Fornecedores <i>Suppliers</i>	Entradas <i>Inputs</i>	Processo <i>Process</i>		Saídas <i>Outputs</i>	Clientes <i>Customers</i>	
S <sup>1</sup> Fornecedores de matéria-prima	I <sup>1</sup> Matéria Prima	Requerimentos <i>Requirements</i> R <sup>1</sup> Parâmetro de qualidade definido no contrato		O <sup>1</sup> Produtos	Requerimentos <i>Requirements</i> R <sup>1</sup> De acordo com pedido de compras e normas de qualidade do setor	C <sup>1</sup> Cliente
S <sup>2</sup> Empresa de RH	I <sup>2</sup> Recursos humanos	R <sup>2</sup> Habilidades curriculares pré-definidas	P <sup>1</sup> Empresa analisada	O <sup>2</sup> Resíduos	R <sup>2</sup> De acordo com as exigências do controle ambiental	C <sup>2</sup> Departamento municipal de Meio Ambiente
S <sup>3</sup> Distribuidora de energia	I <sup>3</sup> Energia	R <sup>3</sup> Distribuição sem interrupções e sem oscilações		O <sup>3</sup> Lucro	R <sup>3</sup> Dentro da rentabilidade mínima esperada	C <sup>3</sup> Acionistas
S <sup>4</sup> Cliente	I <sup>4</sup> Pedidos de compra	R <sup>4</sup> Pedidos compatíveis em tipo, quantidade e prazo		O <sup>4</sup> Benfeitorias	R <sup>4</sup> Qualidade e quantidades definidas em acordo com a prefeitura	C <sup>4</sup> Município

Fonte: Adaptado de Andrade et al. 2012

### 2.3.2 Gráfico de Pareto

Vilfredo Pareto foi um economista italiano que apresentou no ano de 1897 um estudo demonstrando a desigualdade da distribuição da renda, pois a minoria da população detinha a

maior parte da riqueza. Joseph Moses Juran percebendo semelhanças nas ocorrências de problemas da qualidade – as distribuições dos problemas e de suas causas também são desiguais – Fez uma adaptação dos conceitos de Pareto e concluiu que podemos obter melhorias mais significativas se nos concentrarmos nos “poucos problemas vitais” e, posteriormente, “nas poucas causas vitais” desses problemas pode se obter melhorias mais significativas (ROTONDARO et al. 2006).

Ainda de acordo com o autor citado acima, trata-se de um gráfico composto por barras verticais, que apresentam:

- Na horizontal, as classes de problemas ou de causas que se deseja comparar;
- Na vertical, colunas que terão sua altura definida pela frequência em que ocorrem as classes de problema ou de causa, onde as colunas são dispostas em ordem decrescente;
- Uma curva representando a percentagem acumulada das ocorrências, indicando seus valores em um segundo eixo vertical à direita das colunas.

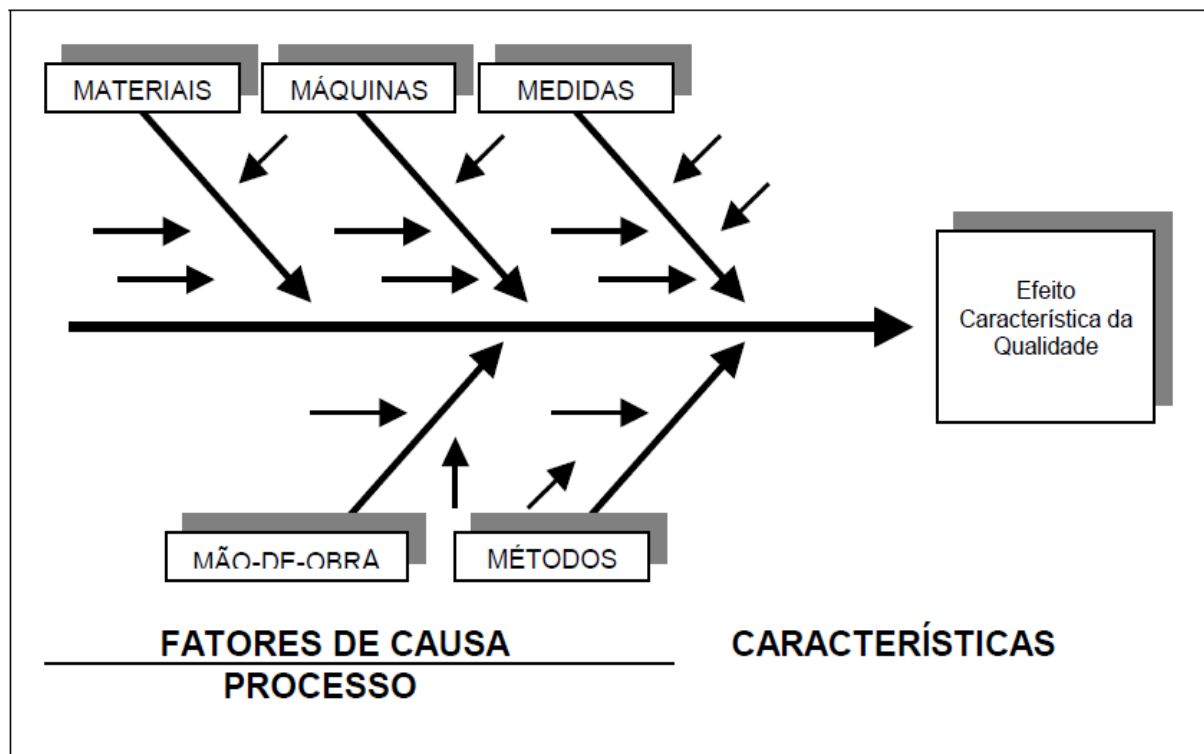
Rotondaro et al. (2006) afirmam ainda que o Diagrama de Pareto passa pelas seguintes etapas em sua construção:

1. Definição do tipo de problema a ser estudado: geralmente na elaboração do diagrama de Pareto, o objetivo é conhecer os principais tipos de defeito, baseando-se na frequência em que cada um deles ocorre;
2. Lista dos possíveis fatores estratificação: determina-se como será a classificação dos dados (por produto, por máquina, por operador, etc). A estratificação se dá em razão de ter a crença antecipada de que estes estratos serão variáveis de grande importância para a saída dos processos;
3. Coleta de dados: estabeleça o método e período de coleta de dados, além de uma lista de verificação adequada ao caso;
4. Elaboração de planilha: deve conter dados sobre categorias, quantidades, ordenando os dados sempre de forma decrescente, com a comum prática de se agrupar classes de frequência muito baixa, posicionando sempre na última coluna à direita, denominando esse grupo de “Outros”, percentagem do total geral e percentagens acumuladas;
5. Traçar diagrama e plotar linha de percentagem acumulada.

### 2.3.3 Diagrama de causa e efeito

Um produto ou resultado de um processo pode ter vários fatores com relação de causa e efeito, e para identificar, ressaltar ou até explorar as possíveis causas de um determinado problema dentro da esfera do controle da qualidade ou de processo, o diagrama de causa e efeito, o uso também conhecido como diagrama espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa, apresenta a relação entre uma característica de qualidade e os fatores que a afetam, de acordo com a figura 3.

Figura 3 - Diagrama de causa e efeito



Fonte: Adaptado de FIESP-CIESP, 2005

O diagrama possui uma grande seta apontada para o nome de um problema a ser estudado, e desta seta saem ramificações que representam as categorias de causas, que são: Medidas, máquinas, materiais, meio-ambiente, medidas, métodos, etc. Das categorias de causas, saem setas menores que são a representação dos itens dentro de cada categoria. Por criar uma discussão em grupo, com detalhes sobre o funcionamento de determinado problema ou processo, se torna uma ferramenta muito eficaz. Representa a relação entre o efeito e todas as possibilidades da causa que podem estar contribuindo para geração deste efeito, demonstrando de forma ilustrativa as possíveis causas que afetam um processo, atingindo a



origem das não conformidades e as inter-relações que estas têm em um processo (FIESP-CIESP, 2005).

Sua aplicação normalmente se dá em etapas, se iniciando na definição do problema. É elaborada uma lista qualificando as possíveis causas, por meio de questionamentos envolvendo todas as pessoas relacionadas com o processo em questão, ou seja, aquelas que têm contato direto com o problema a ser solucionado. Neste ponto o grupo identifica as causas primárias, que são aquelas com maior relação com o problema.

A medida que o trabalho evolui, o estudo vai se aprofundando, descobrindo as causas secundárias, que são as variações que afetam o processo e criam as causas primárias, seguindo pelas causas terciárias e assim por diante, até que se chegue a um nível suficiente de informação.

### **2.3.3 *Brainstorming***

Trata-se de uma ferramenta utilizada para auxiliar um grupo de indivíduos na criação de ideias, com liberdade, sem críticas e no menor espaço de tempo possível. É uma técnica que busca, por meio de um processo em grupo, atingir a diversidade de opiniões (BACK e FORCELLINI, 1999).

Ainda de acordo com os autores, esta técnica pode ser utilizada de duas formas: através da forma estruturada ou através da forma não estruturada. Na forma estruturada todos os integrantes do grupo devem dar uma ideia a cada rodada ou "passar sua vez" até sua próxima vez, o que tem gera a participação de todos, inclusive os mais tímidos, porém pode criar uma pressão nos participantes, inibindo sua criatividade. Na forma não estruturada, os membros do grupo dão as ideias conforme elas surgem, havendo assim um ambiente mais relaxado, mas há o risco de dominação pelos participantes mais extrovertidos.

Os autores afirmam ainda que seja qual for a forma escolhida, é importante não realizar nenhum tipo de pré-julgamento das ideias até que essas sejam consideradas suficientes, apenas anotando-as, sem qualquer crítica. Todas as ideias sugeridas devem ser anotadas de forma exposta, visível a todos, estimulando o surgimento de novas sugestões, evitando qualquer mal-entendido, auxiliando na busca do consenso, pois todos devem concordar com a questão, ou ela deve ser repensada.

Silva Jr. (2003) orienta a escrever as palavras do participante, sem interpretá-las, dentro de um brainstorming rápido, com uma equipe geralmente de 5 a 12 participantes, com um coordenador e um secretário escolhidos voluntariamente. Todas as informações

disponíveis são repassadas de maneira antecipada, em forma de enunciado, para cada participante. Ao início da reunião, todos os participantes são informados sobre as regras do jogo, a origem e o motivo do problema a ser estudado. Após a coleta das sugestões, o passo seguinte é a seleção das mesmas, feita por um subgrupo, geralmente de 2 a 5 pessoas, justificando posteriormente as escolhas perante o grupo, trabalhando com ele na busca do aperfeiçoamento das ideias.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Métodos

O período definido para análise do problema, aplicação da ferramenta DMAIC e coleta dos resultados foi de 4 meses, realizado de janeiro à abril de 2013.

Na primeira etapa, fase *Define*, o processo foi mapeado por meio do SIPOC, e para a medição do retrabalho das poltronas injetadas definiu-se o indicador de desempenho, ao qual o cálculo se deu por meio de dados coletados no processo produtivo e também com base em registros de sistema da área de controle da qualidade. A garantia da confiabilidade dos dados se deu pelo fato de que as peças só foram retrabalhadas e trocadas após os registros das mesmas.

Para entendimento do retrabalho, utilizou-se de controles já existentes, considerando o universo total dos dados, criando um histórico do comportamento do processo e identificando os níveis percentuais de ocorrência do problema.

Definiu-se também a meta de redução do retrabalho, determinando um percentual de produtividade a ser atingido, bem como um valor de redução do total de retrabalho, o que culmina em um percentual máximo de limite do retrabalho.

A produção, em conjunto com as áreas de métodos e processos, formou uma equipe multidisciplinar, composta pelo líder do projeto, dois analistas de processo, um monitor de produção, um supervisor de produção e o coordenador de produção.

Na segunda etapa, fase *Measure*, inicialmente foi realizada uma coleta de dados sobre retrabalho das poltronas injetadas, seguindo o período definido de oito semanas. A coleta de

dados foi realizada em todo o universo e não trabalhando com amostras, e se deu por meio do preenchimento de planilhas, localizadas nas áreas produtivas. A planilha em questão contém as informações de quantidade de peças retrabalhadas, além de uma breve descrição do problema na peça em questão. Parte da coleta se deu por meio de um sistema da unidade de controle da qualidade, onde os dados coletados foram registrados de forma sistêmica e por meio de procedimentos padronizados.

Os dados coletados dos retrabalhos foram estratificados por categorias, e o problema dividido em focos.

As ocorrências dos focos foram registradas com a finalidade de identificar seu comportamento ao longo do período de coleta de dados.

Na terceira etapa, a fase *Analyse*, foi aplicado um gráfico de Pareto para análise da frequência em que os focos ocorrem e os percentuais que os mesmos representam da totalidade dos retrabalhos, com a finalidade de se identificar os focos mais impactantes no indicador de desempenho do retrabalho, atuando de forma a alcançar o cumprimento da meta.

Identificado, o foco de valor mais relevante teve suas possíveis causas analisadas pela equipe multidisciplinar em uma reunião, na qual foi realizado um *Brainstorming* para investigação de causas, onde as mesmas foram agrupadas em um diagrama de causa e efeito.

Na quarta etapa, fase *Improve*, a equipe multidisciplinar se reuniu e, novamente foi realizado um *Brainstorming* para desenvolver ideias sobre possíveis soluções para a causa em questão, priorizando as soluções conforme o número de não conformidades vinculadas ao foco.

As soluções desenvolvidas passaram por um período de teste e medição de resultados de duas semanas, onde duas soluções foram testadas em condições idênticas, garantindo a confiabilidade dos resultados dos testes.

As soluções foram analisadas de acordo com os resultados obtidos, verificando seu potencial para reduzir ou eliminar o problema do retrabalho das poltronas. Foi padronizada uma solução conforme resultados obtidos em teste.

Para suprir a necessidade de controle e monitoramento, mantendo o nível de desempenho melhorado, iniciou-se a quinta etapa, fase *Control*. Inicialmente foi checado se a meta foi atingida dentro do prazo estabelecido e o processo foi acompanhado por meio de medições semanais dos índices de retrabalho, plotados graficamente, comparando o realizado com a meta.

### 3.2 Estudo de caso

O presente estudo de caso teve o objetivo de abordar uma realidade mais prática da proposta de trabalho, visando a possibilidade de se aprofundar nas investigações, decisões e ações relativas à aplicação em questão, proporcionando a oportunidade de analisar as informações obtidas e tomar conclusões relevantes sobre o tema em estudo.

Apresenta-se um estudo de caso referente a uma empresa de grande porte que atua no mercado de encarroçadoras de ônibus, no setor de tapeçaria de ônibus urbano.

A administração da tapeçaria é dividida em gestão de recursos humanos e gestão de processos. Este último se desenvolve em conjunto com a área de métodos e processos da empresa, através de etapas distintas.

O processo de tapeçaria é dividido em sub processos sendo: a montagem de poltronas e patamares de ônibus urbanos e a montagem de poltronas rodoviárias.

O estudo foi desenvolvido especificamente na montagem da poltrona injetada, onde foi aplicada a metodologia DMAIC para resolver problemas relativos ao retrabalho das poltronas.

#### 3.2.1 Processo analisado:

O processo de montagem das poltronas injetadas, dentro do setor de tapeçaria se inicia pelo alinhamento das estruturas metálicas pintadas a pó, conforme desenho técnico.

Nesta etapa, temos dois fornecedores do processo, o primeiro é a fabricação de estrutura de poltronas, onde as mesmas seguem as especificações dos clientes determinadas em projeto, são pintadas a pó conforme roteiro de produção.

O segundo fornecedor é o departamento de engenharia da empresa, que fornece informações fundamentais para o processo. O roteiro de produção, que contém as características físicas do produto, como cores da estrutura e do revestimento, modelo de encosto de cabeça, estofamento das poltronas, além das quantidades.

Por meio do desenho técnico se obtém as informações necessárias aos procedimentos de montagem, com cotas, formatos de estruturas, posicionamento de poltronas, furos, etc.

Como terceiro fornecedor, temos a célula de corte, costura e solda eletrônica, que fabrica o vinil para revestimento das poltronas, dentro das especificações de roteiro.

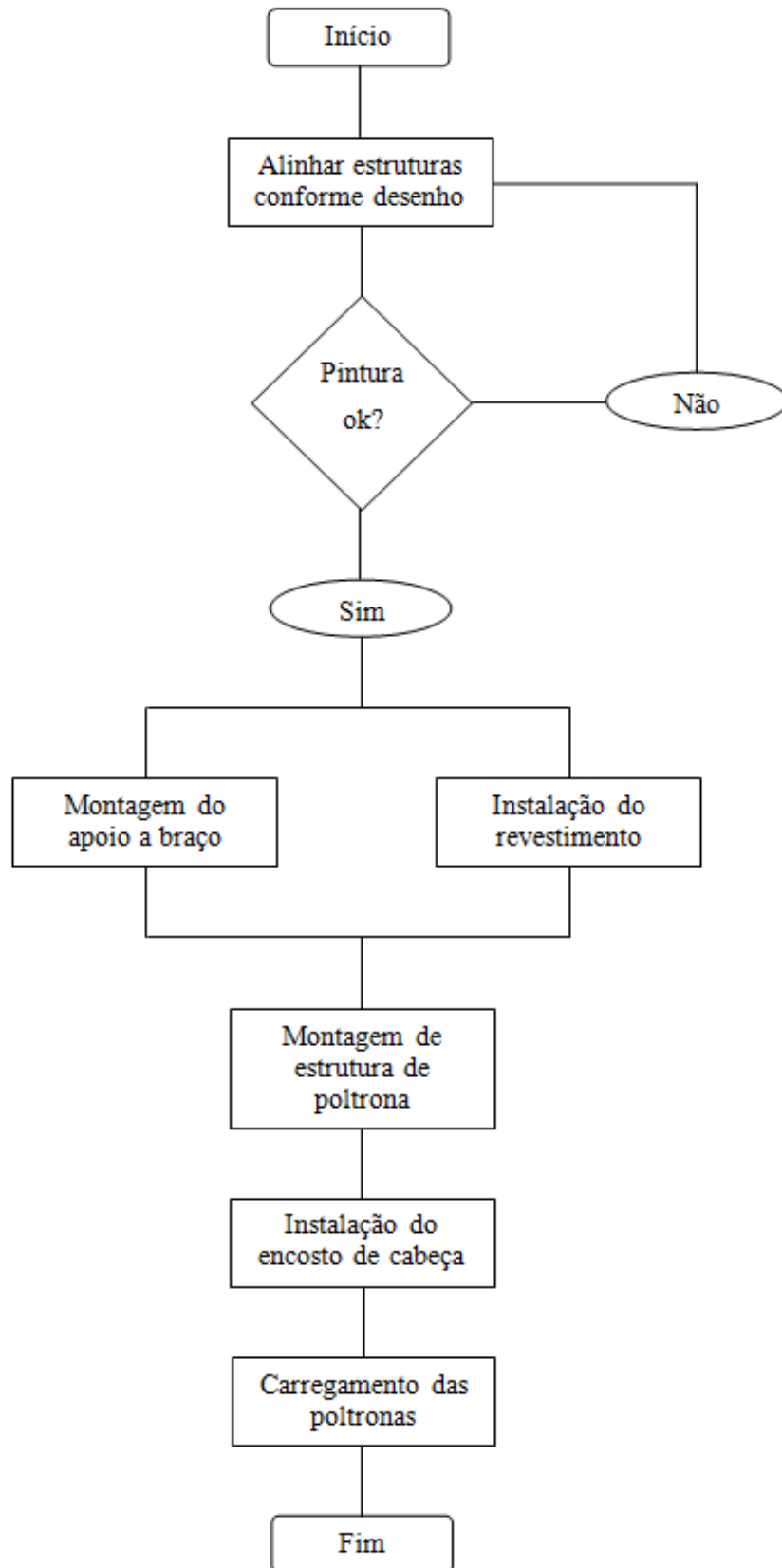
Existe ainda como fornecedor, o departamento de PPCP, que alimenta o processo com informações fundamentais, como as programações diária e semanal. Todo o processo de

montagem se desenvolve com base nessas programações, buscando atender as encomendas certas, dentro dos prazos estabelecidos.

Pode-se visualizar o fluxograma do processo na figura 4. As estruturas são alinhadas conforme desenho, em seguida é realizada a instalação do apoio a braço na estrutura metálica, enquanto as conchas de plástico injetado recebem a instalação do revestimento.

Com a junção das estruturas com as conchas plásticas, tem-se a montagem das poltronas injetadas. Por fim, o encosto de cabeça é instalado e, as poltronas são carregadas no carrinho para transporte das mesmas.

Figura 4 – Fluxograma da montagem da poltrona injetada



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Fase Define

Para melhor entendimento do processo, foi aplicado um diagrama SIPOC no processo, conforme a figura 5.

Figura 5 - Diagrama SIPOC do Processo Poltrona Injetada

<b>SIPOC</b>				
<i>Suppliers</i>	<i>Inputs</i>	<i>Process</i>	<i>Outputs</i>	<i>Customers</i>
Fabricação de estruturas de poltronas	Estruturas de poltronas pintadas a pó	Montagem de poltronas injetadas	Poltronas injetadas montadas	Linha de acabamento
Célula de corte, costura e solda eletrônica	Revestimento em vinil			
Engenharia	Desenhos e roteiros de montagem			
PPCP	Programações diária e semanal			

De acordo com a figura 5, percebe-se que o processo possui 4 fornecedores distintos, com as entradas necessárias à montagem. As referidas entradas permitem que o processo dê como saída poltronas injetadas montadas, conforme especificação do projeto, dentro de um



prazo programado. O processo tem como cliente a linha de acabamento, onde as poltronas são cravadas na carroceria.

Nesta etapa foram definidos dois indicadores para medição de desempenho do processo, em que o primeiro tem como objetivo monitorar a incidência do retrabalho, levando em consideração as peças retrabalhadas.

$$\frac{\text{Total de peças retrabalhadas}}{\text{Total de peças produzidas}} \times 100\% \text{ para calculo de percentual do retrabalho;}$$

Já o segundo, mede o percentual de produtividade do processo, considerando a diferença entre as peças produzidas e as peças retrabalhadas, permitindo visualizar o percentual de aproveitamento do processo.

$$\frac{\text{Total de peças produzidas} - \text{Total de peças retrabalhadas}}{\text{Total de peças produzidas}} \times 100\% \text{ para calculo de percentual}$$

da produtividade;

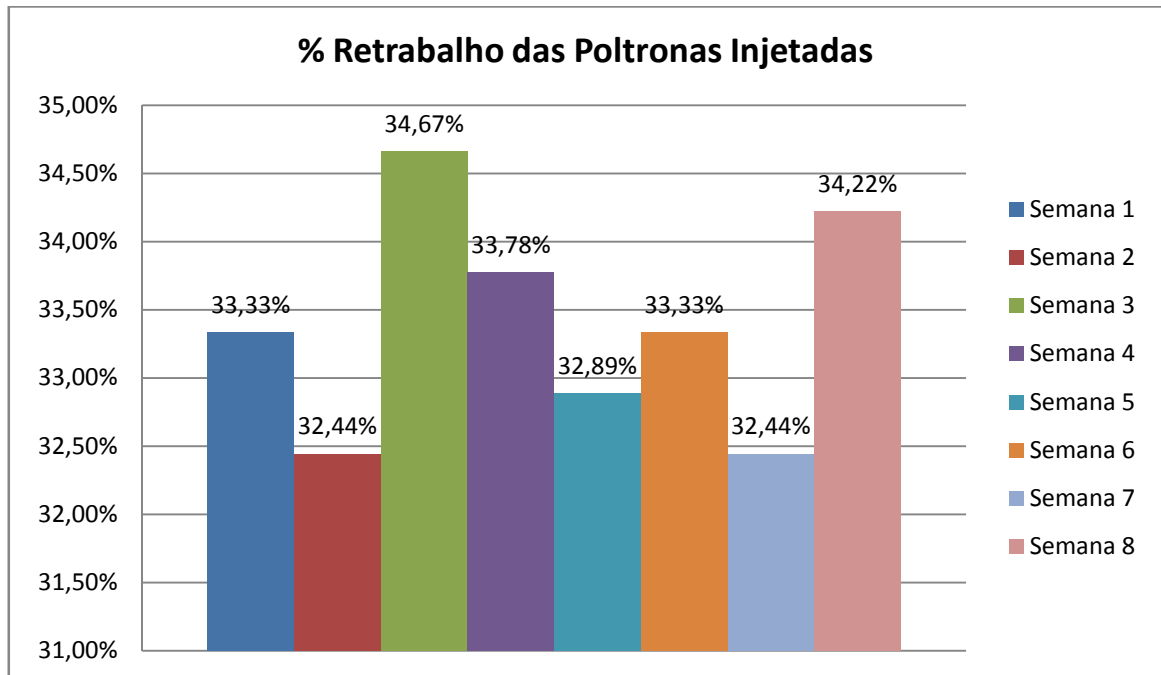
O período de coleta de dados foi de oito semanas, não sendo consideradas amostras, levando em conta a totalidade das peças.

A meta definida para redução do retrabalho foi de 55% do índice atual do problema, impondo um limite de 15% de retrabalho, atingindo como índice produtivo de 85%.

## 4.2 Fase Measure

Com base na coleta de dados históricos no período de oito semanas, realizou-se a análise do índice de retrabalho semanal no setor de tapeçaria, podendo ser visualizado na figura 6.

Figura 6 - Índice de retrabalho do processo



Historicamente, o indicador vem apresentando um nível de retrabalhos em todos os períodos de coleta de dados, além de um comportamento estável, com média semanal de 33,38%, o que implica em um baixo índice de produtividade, apenas 66,62%.

Os dados da figura 6 foram estratificados por categorias e o problema dividido em focos, conforme figura 7.

Figura 7 - Estratificação do Problema

<b>Categorias</b>	<b>Focos do problema</b>		
Montagem	Erro na interpretação do desenho	Desenho desatualizado	Erro do operador
Revestimento	Erro do operador	Problemas no processo seguinte	

As categorias significam o tipo de retrabalho, ou seja, se será necessário retrabalhar a poltrona dentro das atividades de montagem ou dentro das atividades que se referem ao revestimento das poltronas, além de interferir também na disposição do material, uma vez que o retrabalho de montagem apresenta perdas de materiais comprados enquanto o retrabalho de revestimento apresenta perda de materiais comprados e fabricados.

Os focos do problema, citados na figura 7, são as causas superficiais do retrabalho.

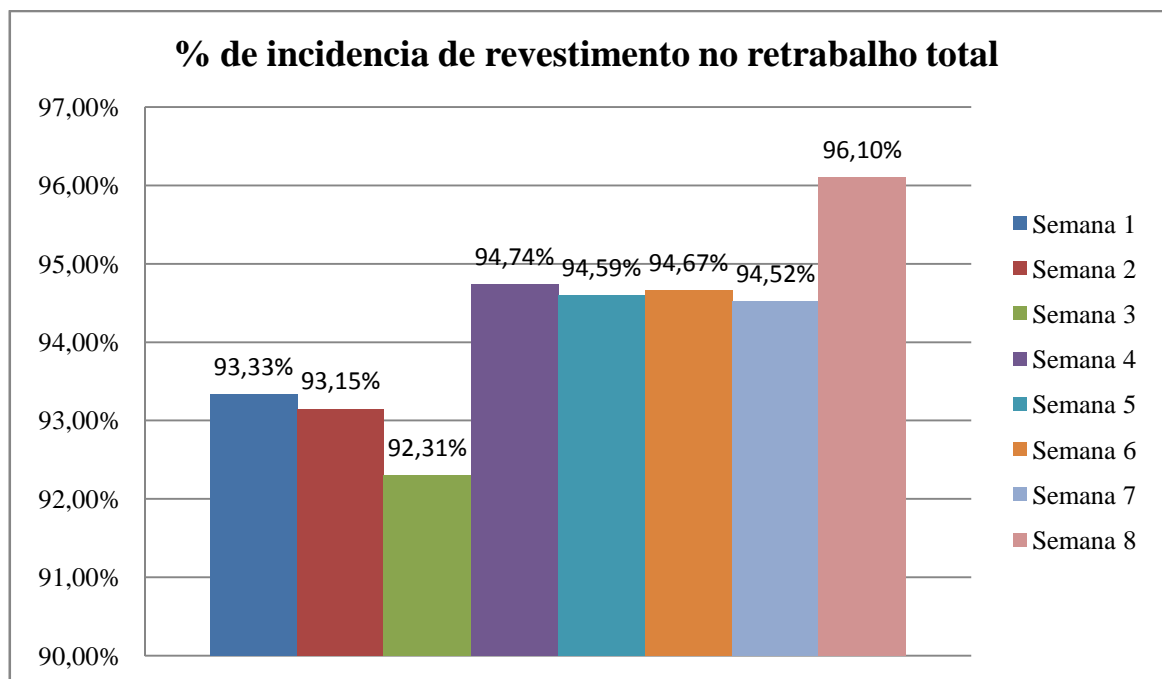


$\frac{35}{1800} \times 100\% = 1,94\%$  das peças foram retrabalhadas na montagem de poltronas injetadas.

No período de coleta, foi produzido um montante de 1800 peças, sendo que 35 dessas foram retrabalhadas na montagem, gerando um índice de 1,94%.

Na figura 10, pode-se visualizar o impacto da categoria revestimento na incidência de retrabalho das poltronas injetadas:

Figura 10 - Impacto do revestimento no total de retrabalho



O retrabalho da categoria revestimento apresenta um comportamento estável, com média semanal de 94,18% do total de retrabalho, com baixa variação, de acordo com figura 10.

Ao contrário da categoria de montagem, o gráfico apresenta um percentual mais alto na semana 8, que se deu pela redução dos focos de montagem no período, somado a alta do foco problemas no processo seguinte.

A figura 11 apresenta a estratificação dos focos referentes a categoria de “revestimento”, evidenciando a relevância dos focos e entendimento mais claro do problema.

Figura 11 - Focos do problema - Categoria Revestimento

<b>Retrabalhos de Revestimento</b>								
<b>Semanas</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>
Erro do operador	2	2	3	3	2	2	2	3
Problemas no processo seguinte	68	66	69	69	68	69	67	71
<b>Somatória</b>	<b>70</b>	<b>68</b>	<b>72</b>	<b>72</b>	<b>70</b>	<b>71</b>	<b>69</b>	<b>74</b>
<b>Total de peças produzidas</b>	<b>225</b>	<b>225</b>	<b>225</b>	<b>225</b>	<b>225</b>	<b>225</b>	<b>225</b>	<b>225</b>

$\frac{566}{1800} \times 100\% = 31,44\%$  das peças foram retrabalhadas no revestimento de poltronas injetadas.

Considerando os dados do revestimento, no montante de 1800 peças produzidas, 566 dessas foram retrabalhadas, gerando um índice de 31,44%.

### 4.3 Fase Analyse

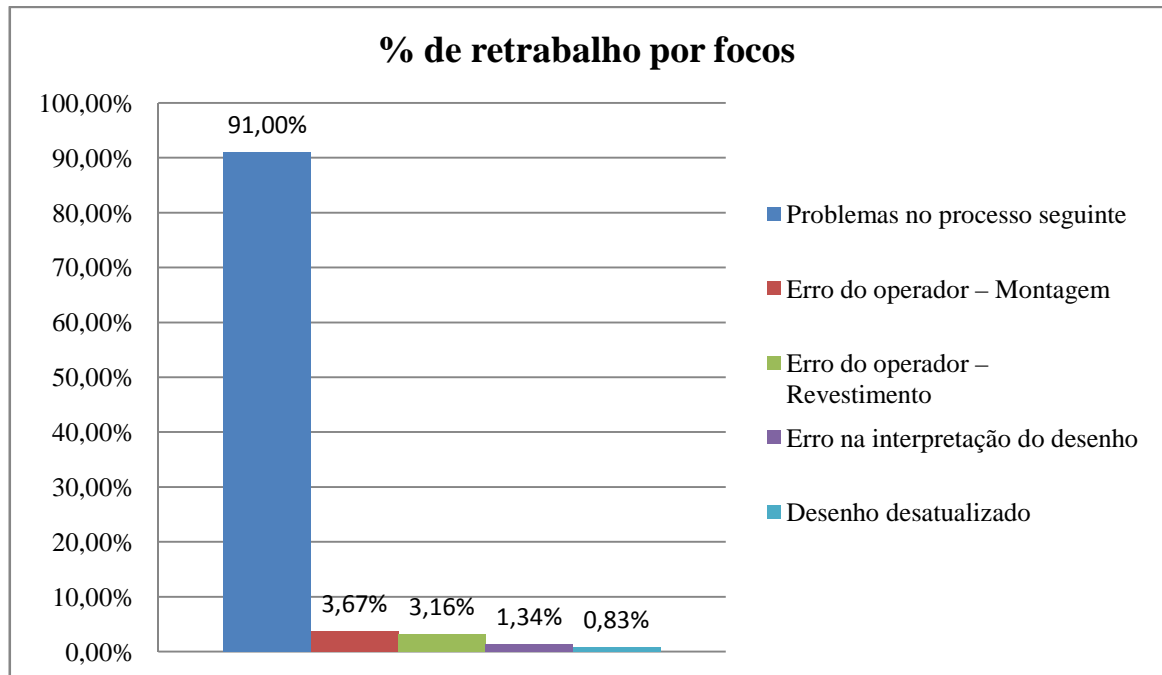
Com base na figura 9 e na figura 11, foi realizada a análise dos dados, identificando a frequência de cada foco do problema, como pode ser visto na figura 12, gerando um gráfico de Pareto para uma análise mais detalhada dos principais defeitos encontrados no retrabalho.

Figura 12 - Frequência e representatividade dos focos

<b>Focos</b>	<b>Frequência</b>	<b>Frequência acumulada</b>	<b>% do Total</b>	<b>% Acumulada</b>
Problemas no processo seguinte	547	547	91	91
Erro do operador – Montagem	22	569	3,67	94,67
Erro do operador – Revestimento	19	588	3,16	97,83
Erro na interpretação do desenho	8	596	1,34	99,17
Desenho desatualizado	5	601	0,83	100
Total	601		100	

Os dados da frequência (figura 12) foram agrupados em um gráfico de Pareto, de acordo com a figura 13.

Figura 13 - Gráfico de Pareto para análise dos focos



Pode-se notar pela figura 13 que o problema está concentrado, pois o foco “problemas no processo seguinte” representa 91% do total do retrabalho, enquanto todos os outros 4 focos somam 9% do total do problema em questão.

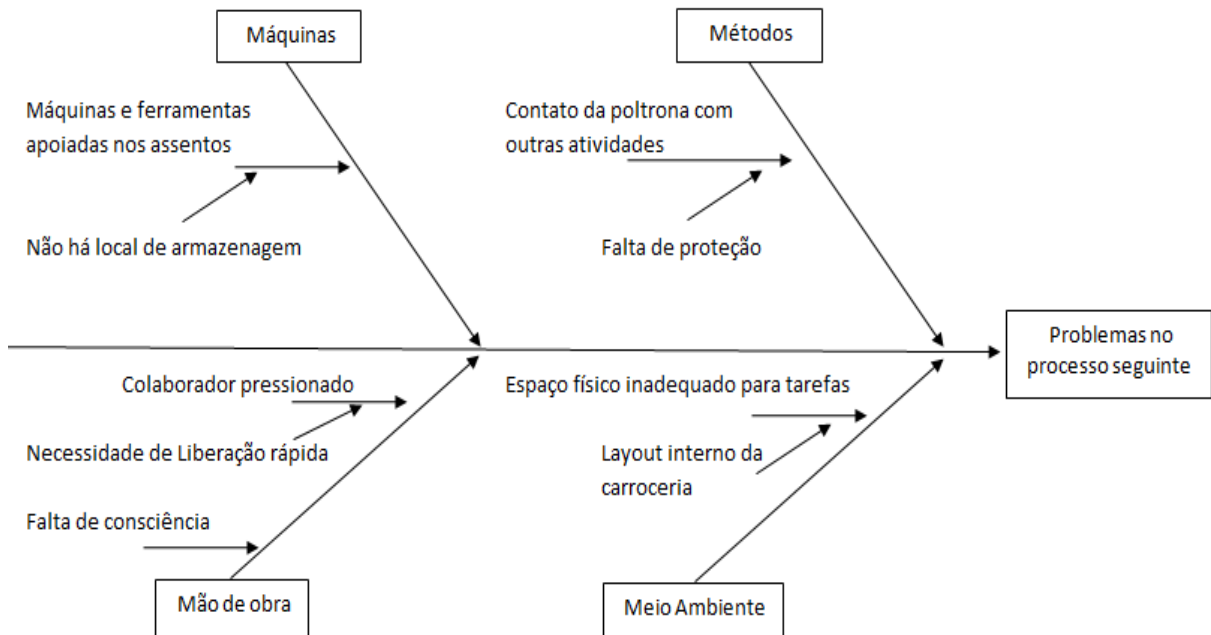
Dada à relevância e o impacto do foco em questão, este foi considerado exclusivamente para análise.

Foram analisadas as planilhas do ambiente produtivo, com a finalidade de embasar a reunião de brainstorming, fundamentando a busca de causas e possíveis soluções. Tendo como resultado da análise do foco em questão duas informações importantes:

- **Maioria das peças retrabalhadas foram assentos:** Dentro da descrição das peças, poderiam conter as informações de encosto e assento, sendo esta última citada quase que na totalidade dos casos.
- **Semelhança entre as descrições:** Ainda no campo das descrições, as informações sobre o defeito gerado na peça eram sempre muito semelhantes, sendo pequenos furos, rasgos ou queimaduras no vinil do revestimento.

A figura 14 demonstra as possíveis causas agrupadas em um diagrama de causa e efeito:

Figura 14 - Diagrama de causa e efeito



De acordo com a figura 14, destacam-se as informações de máquinas e métodos, uma vez que as informações anteriores evidenciaram danos com características semelhantes, concentrados nos acentos.

As máquinas e ferramentas apoiadas nos bancos, somadas ao contato da poltrona com outras atividades, motivaram a equipe a uma análise nos processos seguintes.

Os analistas de processo, ao realizar uma investigação local, constataram que o contato desprotegido da poltrona com as máquinas de outras atividades danificava o revestimento das poltronas.

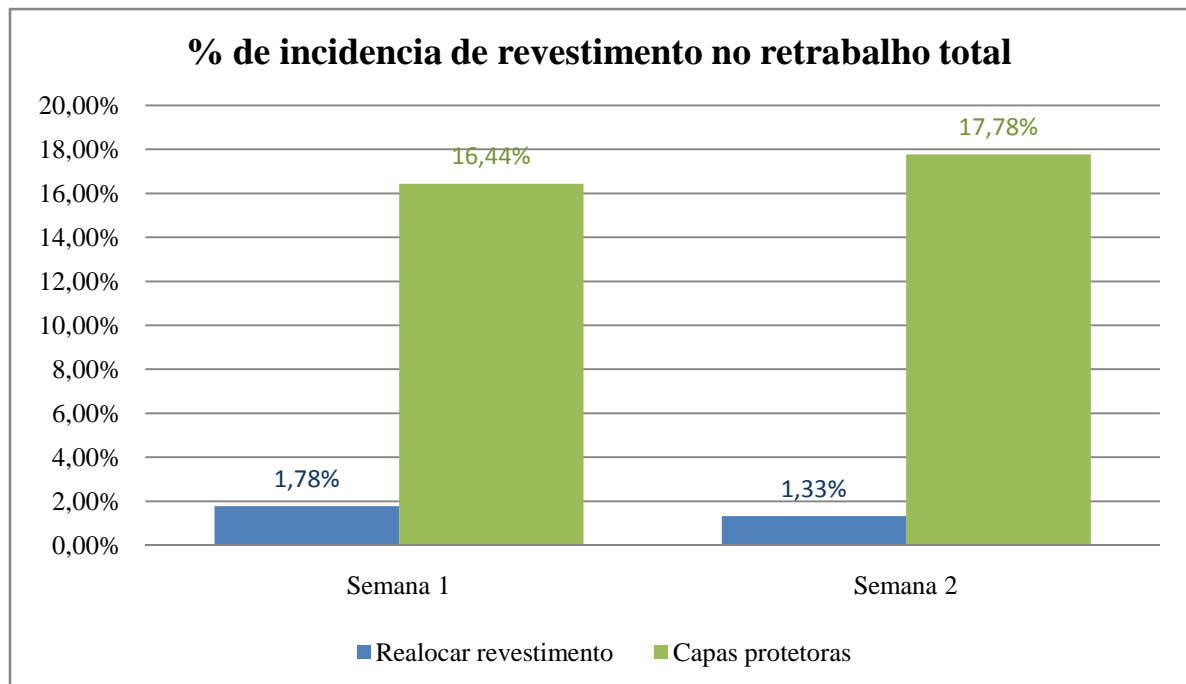
#### 4.4 Fase Improve

Nesta etapa houve reunião da equipe multidisciplinar, com as informações da etapa anterior. Considerando que problemas do processo seguinte surgem em placas de revisão das carrocerias, onde essas dependem de várias operações para serem liberadas, foram apresentadas duas possíveis soluções:

- **Confecção de capas protetoras:** esta solução surgiu com um material de lona que estava parado em estoque, que foi enviado ao setor de corte e costura, onde foi cortado no modelo e costurou-se velcros nas bordas das capas, criando uma capa com sistema abre-fecha;
- **Realocar a atividade de instalação do revestimento:** esta solução consistiu em enviar as poltronas sem o revestimento, instalando o mesmo apenas após a carroceria estar em processo de pré-selo, no qual a carroceria já foi processada nas placas de revisão, não ocorrendo mais processos no seu interior;

A figura 15 apresenta um comparativo dos resultados das soluções:

Figura 15 - Impacto do revestimento no total de retrabalho - Fase de testes



Nota-se pelo gráfico que a solução das capas protetoras apresentou retrabalho com média de 17,11%, o que inviabilizou o alcance da meta proposta, enquanto a solução de realocar a instalação do revestimento apresentou retrabalho com média de 1,55%, o que proporcionou um alto nível de redução do problema.

Conforme os resultados obtidos, padronizou-se a solução de “realocar as atividades de revestimento”.



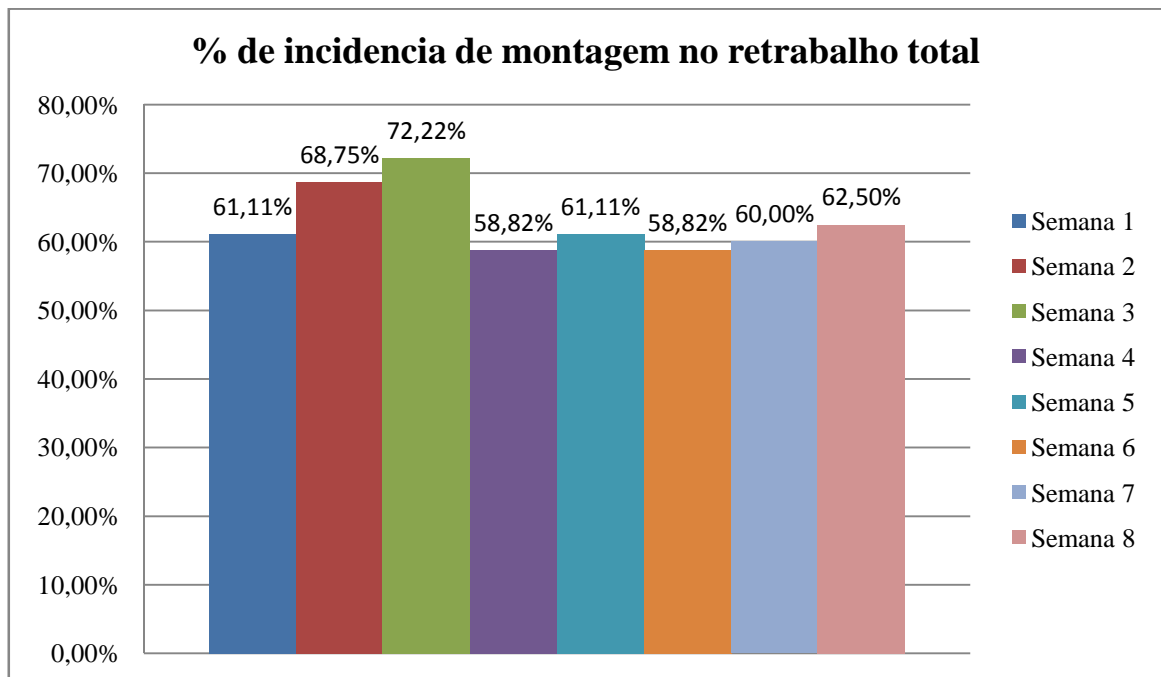
#### 4.5 Fase Control

Para esta etapa, devido a boa aceitação do mercado, houve um aumento de produção de 133,34% das poltronas Injetadas, passando de 225 peças semanais para 525 peças por semana.

Os índices de retrabalho seguem sendo medidos semanalmente e, após a padronização da solução, tem o comportamento descrito neste capítulo.

Na figura 16, pode-se visualizar o impacto da categoria montagem na incidência de retrabalho das poltronas injetadas, após a implantação da solução:

Figura 16 - Impacto da montagem após solução implantada



O retrabalho da categoria montagem apresentou novamente um comportamento estável após a implantação da solução, exceto nas semanas II e III, com média semanal de 62,92% do total de retrabalho.

A diferença percentual nas semanas citadas acima se deu menor número de peças retrabalhadas na semana II e, como pode ser visto na estratificação de focos da figura 17, o número de peças retrabalhadas foi estável.

Figura 17 - Focos do problema - Categoria Montagem após solução

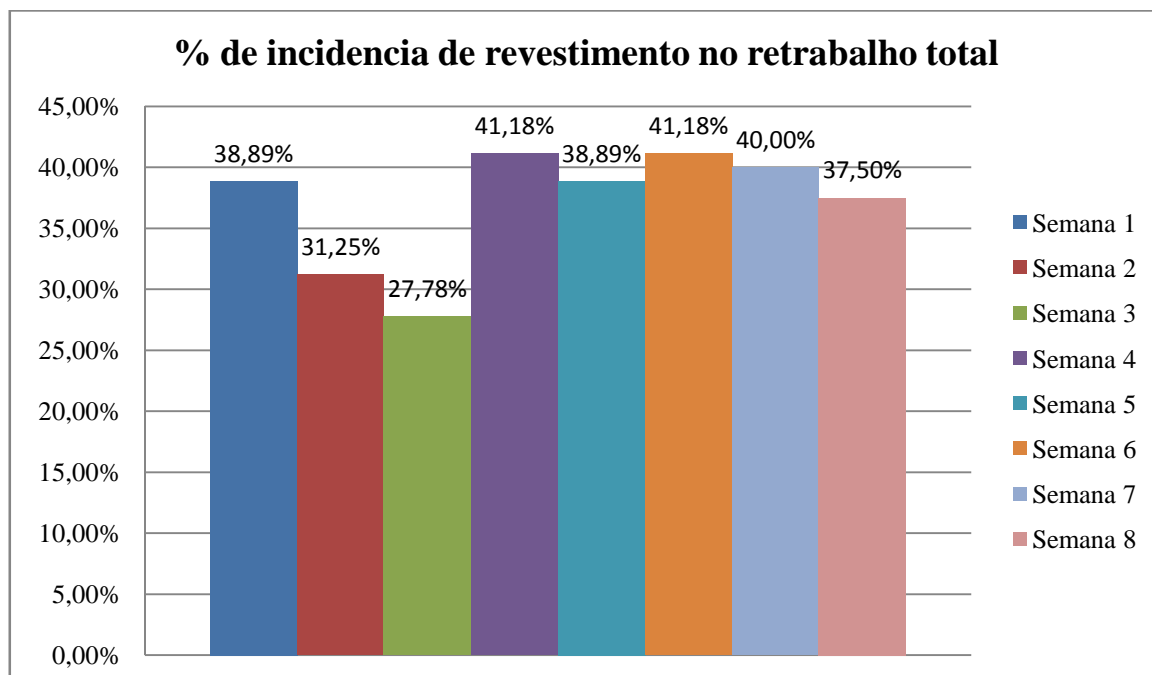
<b>Retrabalhos de Montagem Após Implantação da Solução</b>								
<b>Semanas</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>
Erro na interpretação do desenho	3	2	3	2	2	1	1	1
Desenho desatualizado	1	0	2	0	1	0	0	0
Erro do operador	5	6	6	6	5	6	6	6
Problemas no processo seguinte	2	3	2	2	3	3	2	3
<b>Somatória</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Total de peças produzidas</b>	<b>525</b>	<b>525</b>	<b>525</b>	<b>525</b>	<b>525</b>	<b>525</b>	<b>525</b>	<b>525</b>

Pela tabela nota-se que houve a introdução do foco “problemas no processo seguinte” na categoria de montagem, que se deu pelo fato de não haver revestimento nas poltronas durante os processos de placas de revisão, o que gerou poucos danos às conchas de poltronas injetadas. No período de coleta, foi produzido um montante de 4200 peças, sendo que 85 dessas foram retrabalhadas na montagem, gerando um índice de 2,02%.

$\frac{85}{4200} \times 100\% = 2,02\%$  das peças foram retrabalhadas na montagem de poltronas injetadas.

Na figura 18, pode-se visualizar o impacto da categoria revestimento na incidência de retrabalho das poltronas injetadas, após a implantação da solução:

Figura 18 - Impacto do revestimento após a solução implantada



O retrabalho da categoria revestimento apresentou novamente um comportamento estável após a implantação da solução, com exceção as semanas II e III, com média semanal de 37,08% do total de retrabalho, conforme a figura 18.

Apesar da diferença percentual, não há grande variação nas semanas citadas acima, como pode ser visto na estratificação de focos da figura 19:

Figura 19 - Focos do problema - Categoria Revestimento após solução

<b>Retrabalhos de Revestimento Após a Implantação da Solução</b>								
<b>Semanas</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>
Erro do operador	6	4	5	5	6	5	6	5
Problemas no processo seguinte	1	1	0	2	1	2	0	1
<b>Somatória</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
<b>Total de peças produzidas</b>	<b>525</b>	<b>525</b>	<b>525</b>	<b>525</b>	<b>525</b>	<b>525</b>	<b>525</b>	<b>525</b>

Nota-se que houve uma redução expressiva do foco “problemas no processo seguinte” na categoria de revestimento, o que impactou de forma positiva no índice representativo da categoria no total de retrabalho, bem como nos indicadores de retrabalho no processo e

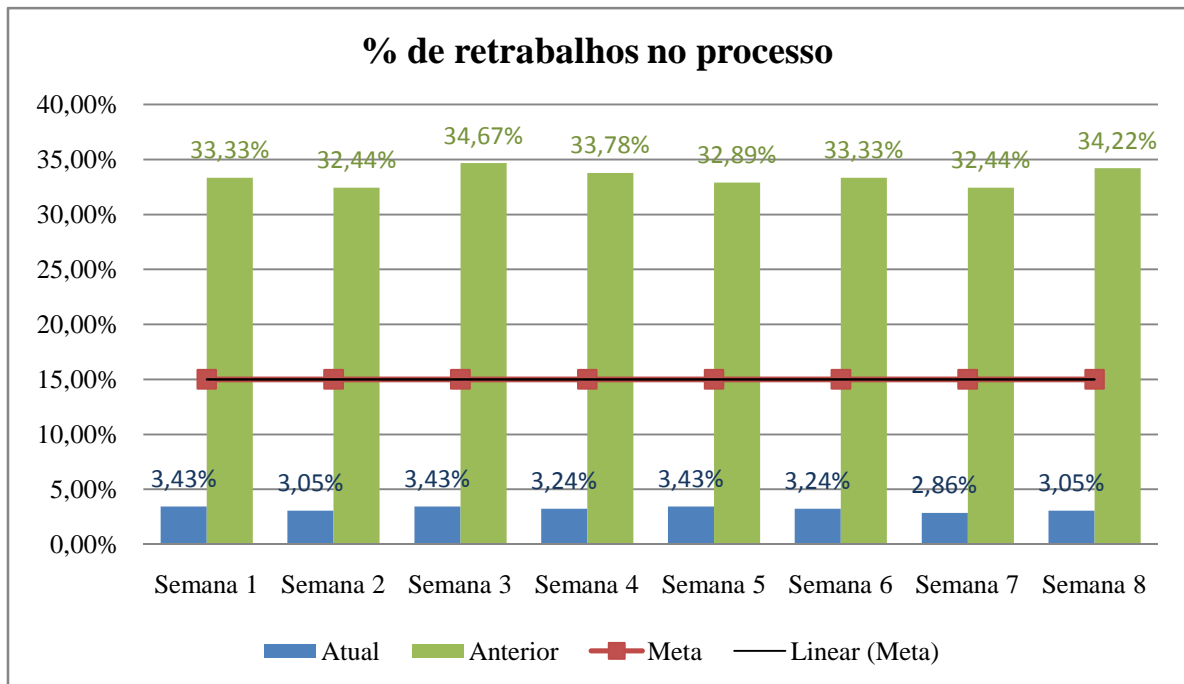
produtividade. Considerando os dados do revestimento, no montante de 4200 peças produzidas, 50 dessas foram retrabalhadas, gerando um índice de médio de 1,20%.

$\frac{50}{4200} \times 100\% = 1,20\%$  das peças foram retrabalhadas no revestimento de poltronas injetadas.

Após a padronização de realocar a instalação de revestimento, os índices da categoria revestimento passaram de 31,44% para 1,20%. Portanto a solução em questão reduziu em 96,18% os retrabalhos nesta categoria.

Na figura 20 é apresentado um gráfico com os índices atuais de retrabalho, comparados com a meta do projeto, bem como os índices iniciais do problema.

Figura 20 - Gráfico comparativo de controle do retrabalho



Pelos resultados apresentados na figura 20, nota-se que houve uma redução de 90,35% do retrabalho das poltronas injetadas, passando de um índice médio de 33,38% para 3,22% de peças retrabalhadas.

Visualiza-se também a melhora no índice de produtividade, que passou de 66,62% para 96,78 no processo analisado, proporcionando um aumento de 45,27% neste índice.

## 5 CONCLUSÃO

O objetivo geral deste trabalho foi aplicar o método DMAIC para redução do retrabalho no processo de montagem de poltronas injetadas, em uma indústria encarregadora de ônibus, no setor de tapeçaria.

Pode-se afirmar que o objetivo geral foi atendido. Nota-se que o método mostrado no terceiro capítulo se mostrou aplicável em ambientes industriais de manufatura, visto que o mesmo foi eficaz na redução do retrabalho, cumprindo as metas propostas, superando as expectativas.

Como visto no quarto capítulo, o trabalho proporcionou uma redução de 90,35% dos índices do retrabalho na empresa em questão, partindo inicialmente com 33,38% de incidência e, ao término do projeto, com índice de 3,22%.

A produtividade do processo analisado, antes da aplicação da solução proposta no trabalho, era de 66,62% e, posteriormente, o índice atingido foi de 96,78.

Conclui-se que a ferramenta DMAIC foi efetiva no combate ao retrabalho da poltrona injetada, na empresa em questão, já que a metodologia não só no cumpriu o objetivo proposto, mas superou a meta estabelecida.

Como sugestões para trabalhos futuros, a metodologia foi aplicada ao modelo de redução de retrabalho em processos de manufatura, porém as ferramentas empregadas aplicam-se ao setor de serviços, nas quais os métodos poderiam ser reavaliados.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, S. **Integração das Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, INDG, 2006.

ANDRADE, G. E. V. **Análise da aplicação conjunta das técnicas SIPOC, fluxograma, e FTA em uma empresa de médio porte**. Enegep 2012. Bento Gonçalves, 2012.

BACK, N.; FORCELLINI, F.A. **Projeto de Produtos**. PPGEM;UFSC. Florianópolis, 1999, 97 p.

BARBOSA FILHO, A.N. **Projeto e Desenvolvimento de Produtos**. São Paulo: atlas, 2009. 176 p.

CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da Qualidade Total (No Estilo Japonês)**. Belo Horizonte, MG, Fundação Christiano Ottoni, Bloch Editores, 1992. 256 p.

CHOWDHURY, M. A. *Fundamentals of intelligent transportation systems planning*. Norwood, MA: Artech House, 2001.

COUTINHO, M. N. S. **Aplicação do método DMAIC no processo de pintura de uma linha de montagem de ônibus**. Dissertação (Mestrado). Universidade federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.113 p.

FIESP-CIESP-SP. **Qualidade. FAQ**. Disponível em<<http://www.fiespciesp/spqualidade/glossario/arquivos>>. Acesso em 12.nov.2012.

GEROLAMO, M.C. **Proposta de sistematização para o processo de gestão de melhorias e mudanças de desempenho**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos – USP. São Carlos. 2003. 165 p.

HARRY, M. J.; SCHROEDER, R. *Six Sigma: a breakthrough strategy for profitability*. New York: Quality Progress, May 1998.

JOHN, V. M. Desenvolvimento sustentável, construção civil, reciclagem e trabalho multidisciplinar. **Textos técnicos – USP**. Disponível em <[http://www.reciclagem.pcc.usp.br/des\\_sustentavel.htm#topo](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/des_sustentavel.htm#topo)> Acesso em: 08. Mar. 2013.

MIGUEL, P. A. C. **Qualidade: enfoques e ferramentas**. São Paulo: Artiliber, 2001. 263 p.

MIYOSHI, J. Avaliação do Desempenho de Sistemas Logísticos através do Seis Sigma e do Balanced Scorecard : **Revista da FAE** Vol 6 N° 2, p 113 – 124 maio/dezembro de 2003.

OTAVIANO, A. H. C. O. **O uso da metodologia DMAIC para a implementação de conceitos da produção enxuta.** Trabalho de conclusão de curso – USP. Disponível em < [http://www.tcc.sc.usp.br%2Ftce%2Fdisponiveis%2F18%2F180830%2Ftce-21012011-083255%2Fpublico%2FOtaviano\\_Andre\\_Henrique\\_Comitre\\_de\\_Oliveira.pdf&ei=dUpSUz](http://www.tcc.sc.usp.br%2Ftce%2Fdisponiveis%2F18%2F180830%2Ftce-21012011-083255%2Fpublico%2FOtaviano_Andre_Henrique_Comitre_de_Oliveira.pdf&ei=dUpSUz) > acesso em: 26. Mar. 2013

PANDE, P. et al. **Estratégia Seis Sigma** : Como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho: Qualitymark Ed, Rio Janeiro, 2004

RATH A. J.; STRAONG M. L. (Or.). **Six Sigma Pocket Guide**. 2. ed. Lexington, 2001. 193 p.

ROTONDARO, R. G. et al. **Seis Sigma: Estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. 1ed. 4ª reimpr. São Paulo: Atlas, 2006. 375 p.

SLACK, N. et al. **Gerenciamento de operações e de processos**. Porto Alegre: Bookman, 2008. 552 p.

SILVA Jr., A.G. **Gestão ambiental e da qualidade no agronegócio**. Material Didático. Departamento de Economia Rural. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2003. 51 p.

WERKEMA, M. C. C. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995. 138 p.

WERKEMA, M. C. C. **Apostila de treinamento Green Belt**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 2010.