

ALINE CRISTINA DE CARVALHO CARNEIRO

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA PARA ANÁLISE DOS
DEFEITOS DE CAROÇO GERADOS POR PARTÍCULAS DE CORREIA
NO MATERIAL DO CLIENTE AUTOMOTIVO JAPONÊS, SEGUINDO
AS ETAPAS DO DMAIC.

São Paulo

2011

ALINE CRISTINA DE CARVALHO CARNEIRO

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA PARA ANÁLISE DOS
DEFEITOS DE CAROÇO GERADOS POR PARTÍCULAS DE CORREIA
NO MATERIAL DO CLIENTE AUTOMOTIVO JAPONÊS, SEGUINDO
AS ETAPAS DO DMAIC.

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do certificado de
Especialista em Gestão e Engenharia
da Qualidade- MBA/USP

São Paulo

2011

ALINE CRISTINA DE CARVALHO CARNEIRO

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA PARA ANÁLISE DOS
DEFEITOS DE CAROÇO GERADOS POR PARTÍCULAS DE CORREIA
NO MATERIAL DO CLIENTE AUTOMOTIVO JAPONÊS, SEGUINDO
AS ETAPAS DO DMAIC.**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do certificado de
Especialista em Gestão e Engenharia
da Qualidade- MBA/USP

Orientador: Prof. Dr. Adherbal
Caminada Netto.

São Paulo

2011

FICHA CATALOGRÁFICA

Carneiro, Aline Cristina de Carvalho

Caroços durante estampagem de blanks do cliente automotivo japonês: principais partículas encontradas durante a estampagem de peças expostas / A.C.C. Carneiro. -- São Paulo, 2010. 70 p.

Monografia (MBA em Engenharia da Qualidade; Gestão e Tecnologia da Qualidade) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1. Estampagem 2. Processos de fabricação I Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus familiares, pelo incentivo e compreensão. Em especial ao meu namorado Wellington Picoli Timoteo pelo companheirismo e atenção.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Adherbal Caminada Netto, pela orientação e pelo constante estímulo transmitido durante todo o trabalho.

Aos amigos Aline Nakamoto, Leonardo Carvalho, e a todos que colaboraram direta ou indiretamente, na execução deste trabalho.

Em especial Sr. Geraldo Magela Diniz, João Marcio de Mattos, Samuel da Silva Catão, pois sem a colaboração de vocês não seria possível a conclusão deste trabalho.

RESUMO

As organizações buscam a aplicação da melhoria contínua nos processos visando o atendimento de metas e superação de seus resultados, estabelecendo estratégias para aumento de produtividade, através da redução ou eliminação de atividades que não agregam valor aos processos, maximizando a qualidade para obtenção de lucro e aumento da competitividade.

A busca por resultados é fundamental, associada a uma ferramenta que possibilite comparar o nível de qualidade de processos, operações, produtos, características, equipamentos, máquinas, divisões e departamentos, entre outros.

Este trabalho tem como objetivo demonstrar a aplicação da metodologia Seis Sigma como estratégia para análise dos defeitos de caroço no material do cliente Automotivo Japonês, utilizando as etapas do DMAIC. O foco principal será a área industrial, visando contribuir para a redução de retrabalho por motivo de caroços em *blanks* estampados, através de investigação das causas, tipos e origens de partículas diversas sobre os *blanks*. Buscando eliminar / minimizar suas ocorrências, por unidades e processos, de modo a identificar os fatores críticos aplicando as etapas do DMAIC como ferramenta da metodologia Seis Sigma para solução de problemas.

Palavras Chaves: Qualidade. Seis Sigma. DMAIC. Processos. Melhoria Contínua.

ABSTRACT

The organizations search the application of the continuous improvement in the processes aiming at the attendance of goals and overcoming of its results, establishing strategies for productivity increase, through the reduction or elimination of activities that do not add value to the processes, maximizing the quality for profit attainment and increase of the competitiveness. The search for results is basic, associated to a tool that makes it possible to compare the level of quality of processes, operations, products, characteristics, equipment, machines, divisions and departments, among others. This work has as objective to demonstrate the application of the Six Sigma methodology as a strategy for analysis of the defects of dirt in the material of the Japanese Automotive customer, using the stages of the DMAIC. The main focus will be the industrial area, aiming at contributing to the reduction of work for reason of dirt in stamped blanks, through inquiry of the causes, types and origins of diverse particles on blanks. Striving eliminate/to minimize their occurrence, for units and processes, in order to identify the critical factors applying the stages of the DMAIC as a tool of the Six Sigma methodology for the solution of problems.

Keywords: Quality. Six Sigma. DMAIC. Process. Improvement Continues.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Estrutura Organizacional	20
Figura 2- Tipos de correias utilizadas.....	24
Figura 3- Aplicação do rolo sobre a superfície da bobina	27
Figura 4- Destaque do adesivo com partículas	27
Figura 5- Fixação do adesivo na folha de transparência.....	28
Figura 6- Limpeza da transparência após fixação do adesivo	28
Figura 7- Mapeamento através de círculos nas partículas.....	29
Figura 8- Análise das partículas utilizando microscópio.....	29
Figura 9- Imagem do microscópio das partículas visualizadas	30
Figura 10- Varal de sustentação das embalagens e análise da composição química.....	32
Figura 11- Correia de inspeção da Rotary Oscillate e análise da composição química.....	33
Figura12- Correia do flap da Rotay Oscillate e análise da composição química.....	33
Figura13- Correia após o flap da Rotay Oscillate e análise da composição química.....	34
Figura14- Superfície do barramento das correias magnéticas e análise da composição química.....	34
Figura15- Estrutura pintada do pillar e análise da composição química	35
Figura16- Correia magnética do pillar da Rotary Oscillate análise da composição química.....	34
Figura17- Carro do pillar da Rotary Oscillate e análise da composição química.....	35
Figura18- Suporte do sensor de altura do pillar da Rotary Oscillate e análise da composição química.....	36
Figura19- Resultado da caracterização da esteira do flap	37
Figura20- Resultado da caracterização da esteira do flap	38
Figura21- Resultado da caracterização da esteira de inspeção.....	38
Figura22- Peça com caroço após estampagem	39
Figura23- Visão do Processo	40
Figura24- Correspondência entre DMAIC e o Ciclo PDCA	42
Figura25- Mapa Macro de Processo	46

Figura26- Fluxograma Macro de Processo	47
Figura27- Matriz de Esforço e Impacto	49
Figura28- Estratificação da Matriz de Esforço e Impacto	50
Figura29- Acuracidade X Precisão – Sistema de Medição	54

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Pareto das RNCAs por mês	21
Gráfico 2- Pareto RNCAs por tipo de defeitos.....	22
Gráfico 3- Pareto dos Defeitos gerados pela SU.....	22
Gráfico 4- Resultado da composição química após análise realizada pelo Centro de Pesquisa	31
Gráfico 5- Resultado da composição química após análise realizada pelo Centro de Pesquisa.....	31
Gráfico 6- Reclamações Recebidas X Mês.....	44
Gráfico 7- Tonelagem Fornecida X Reclamada	44
Gráfico 8- Gage R&R	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Níveis Sigma X PPM.....	41
Tabela 2- Capabilidade do Processo	52
Tabela 3- Programação Evento Kaizen.....	52
Tabela 4- Plano de Ação Melhorias Evento Kaizen	53
Tabela 5- Tabela Session - Discriminação	56
Tabela 6- Nova Capabilidade do Processo	58
Tabela 7- Plano de Ação – Fase Melhoria	59
Tabela 8- Plano de Ação – Fase Melhoria	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADP	Análise de Partículas
CDP	Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Usiminas
CTQ's	Características Críticas para a Qualidade
DMAIC	Define, Measure, Analyse, Improve, Control (Definir, Mensurar, Analisar, Melhorar, Controlar)
DPMO	Defeitos por Milhão de Oportunidades
FLAP	Dispositivo da máquina Rotary Oscillate que impulsiona o material para outra esteira transportadora
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis (Análise do Modo do Efeito e da Falha)
KPI	Key Performance Indicator (Indicadores de Performance Chave)
PPM	Partes Por Milhão
RNCA	Relatório de Não Conformidades do Aço
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customer (Fornecedores, Entradas, Processo, Saída, Cliente)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Objetivo e foco	16
1.2 História da Empresa	17
1.3 Mercados.....	17
1.4 Filosofia.....	17
1.5 Visão	18
1.6 Valores	18
1.7 Vantagens	18
1.8 Distribuição e Serviços	18
1.8.1 Distribuição.....	18
1.8.2 Serviços.....	19
1.9 Estrutura Organizacional – Soluções Usiminas.....	19
2 DESENVOLVIMENTO	21
2.1 Tipos de Correia.....	24
2.2 Procedimento para caracterização e análise de partículas	25
2.2.1 Objetivo	25
2.2.2 Referência	25
2.2.3 Abrangência	25
2.2.4 Responsabilidade	26
2.2.5 Material necessário para coleta das amostras	26
2.2.6 Procedimento para coleta.....	26
2.3 Mapeamentos dos pontos de contaminação e análise da composição química	32
2.4 Conclusão após mapeamento e comparativo de partículas	37
3 MÉTODO E APLICAÇÃO DA FERRAMENTA SEIS SIGMA.....	40
3.1 Conceito DMAIC	41
3.2 Definição por etapa e aplicação da ferramenta	43
3.2.1 Fase Definição - DMAIC	43
3.2.2 Fase Medição - DMAIC	47
3.2.3 Fase Análise - DMAIC	57
3.2.4 Fase Melhoria - DMAIC	57
3.2.5 Fase Controle - DMAIC	61
4 CONCLUSÃO.....	62

5 REFERÊNCIAS	64
APÊNDICE A – Mapa de processo detalhado.....	65
APÊNDICE B – Diagrama de Espinha de Peixe	66
APÊNDICE C – Matriz de Causa e Efeito.....	67
APÊNDICE D – FMEA de Processo	68
ANEXO 1 - Modelo do contrato do projeto	70

1 INTRODUÇÃO

1.1 Objetivo e foco

O Trabalho tem como objetivo minimizar os retrabalhos por motivos de caroço gerado por partículas de correia em peças externas (ex: capôs, portas, tetos), processados na máquina Rotay Oscillate, garantir a qualidade dos produtos e serviços prestados, bem como a satisfação do cliente através de ações que visam à melhoria contínua. Este desenvolvimento visa estabelecer um padrão de atendimento, contemplando a parceria entre clientes e fornecedor em prol de um resultado em comum que é a garantia da Qualidade. Este projeto foi determinado como piloto para a unidade de Taubaté e extensão às demais unidades da Empresa após a conclusão do mesmo.

A referência para início deste trabalho foi concebida através da troca de conhecimento e experiências com uma empresa Automotiva Japonesa nas plantas do Brasil e do Japão, buscando atender a exigência de defeito 0 e atingir o nível de reparo máximo praticado pela Automotiva, que é de 5%.

A abrangência se faz nas linhas de corte e estampagem que processam chapas planas de aço laminados a frio e revestidos, principalmente destinados à linha branca e automotiva, locais sujeitos à contaminação por elementos externos como partículas suspensas (poeira) ou de elementos gerados no próprio processo (limalhas), todos de difícil identificação.

O levantamento dos itens estudados foi baseado no histórico das reclamações recebidas, que apontam as principais causas que geram a insatisfação do cliente, os quais representam 80% dos tipos de defeitos encontrados em materiais, este trabalho tem como foco principal a tratativa de impurezas que geram caroço no material.

Para realização deste trabalho a ferramenta adotada baseia-se na metodologia Seis Sigma para Análise dos Defeitos de Caroço no Material do Cliente Automotivo Japonês, seguindo as etapas do DMAIC.

1.2 História da empresa

Em 01 de Janeiro de 2010, nasceu a SOLUÇÕES USIMINAS, empresa de transformação do aço resultante da consolidação das empresas Rio Negro Usiminas, Dufer Usiminas, Fasal Usiminas, Zamproгна Usiminas, Usial e da unidade Usicort.

1.3 Mercados

A Soluções Usiminas atua através de uma moderna infra-estrutura de processamento de aço. Em cada uma das 14 unidades industriais localizadas estrategicamente em todo o país, encontram-se modernos equipamentos que garantem a qualidade dos produtos e a satisfação dos clientes.

A atuação da Soluções Usiminas complementa a presença da Usiminas nos diversos setores consumidores de aços planos por meio da ampliação do portfólio de produtos e serviços.

A Soluções Usiminas está presente nos seguintes segmentos:

- Indústria Automotiva e Autopeças
- Linha Branca
- Embalagens Recipientes
- Construção Mecânica (equipamentos industriais)
- Máquinas Agrícolas e Implementos Rodoviários

1.4 Filosofia

A Soluções Usiminas está preparada a atender clientes de todos os portes, entendendo a necessidade de cada um e oferecendo produtos e serviços em qualquer quantidade e formato.

1.5 Visão

Ser um grupo siderúrgico de alcance global, inovador e crescer de forma sustentável, para se posicionar entre os mais rentáveis do setor.

1.6 Valores

- Pessoas;
- Consistência;
- Técnica;
- Capricho;
- Abertura;
- Sustentabilidade;
- Resultados.

1.7 Vantagens

- Empresa apta a atender as necessidades dos clientes quanto à especificidade, qualidade e pontualidade.
- Os produtos e serviços Soluções Usiminas têm garantia de qualidade e confiabilidade do aço Usiminas.
- As unidades industriais estão estrategicamente localizadas em diferentes regiões do Brasil.
- Soluções Usiminas está capacitada a atender clientes em todo mercado interno e externos.
- Aumento da sinergia entre as funções operacionais, gerenciais e produtivas.
- Captura de ganhos de eficiência e maior valor agregado do aço.
- Importante passo na promoção da sinergia entre os diversos ativos do grupo.

1.8 Distribuição e Serviços

1.8.1 Distribuição

- *Blanks* (Chapas), Conjuntos Soldados, Platinas – Indústria Automotiva;

- Vendas de pequenos lotes tais como: *Blanks* (Chapas), Tiras e Rolos;
- Estocagem de material.

1.8.2 Serviços

- *Blanks* - Indústria Automotiva: Pára-lamas, Longarinas, Suportes, Reforços e etc.
- *Blank* Figurado - Indústria Automotiva: Laterais, Portas, Capôs e etc.

1.9 Estrutura Organizacional - Soluções Usiminas

A estrutura organizacional da Soluções Usiminas foi consolidada no final do ano de 2009 e se distribui em Diretoria, Superintendência e Gerência, conforme demonstrado na figura 1.

Estrutura Organizacional - Soluções Usiminas

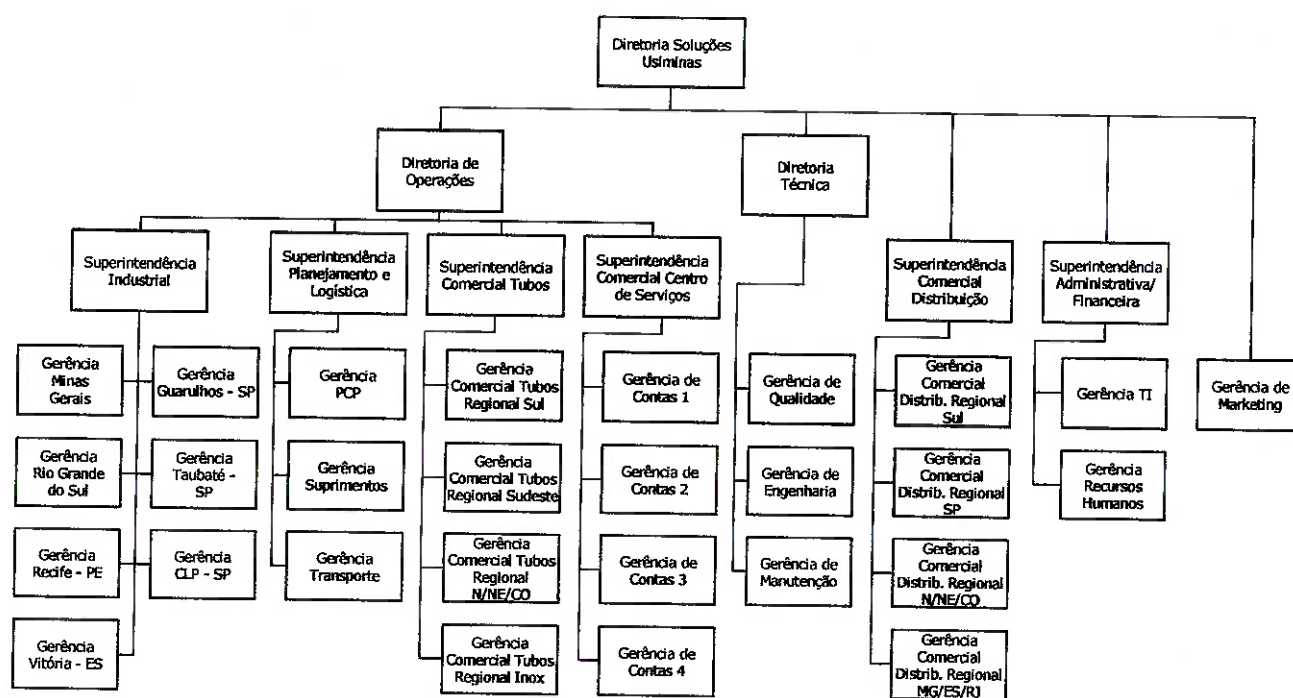


Figura 1 – Estrutura Organizacional

2 DESENVOLVIMENTO

A estratégia utilizada para levantamento das informações baseou-se no número de reclamações recebidas do cliente Automotivo Japonês, o qual desperta a atenção da Soluções Usiminas para a aplicação de uma metodologia visando o aumento da satisfação do cliente com base em melhorias de processo e/ou produto.

Após levantamento dos RNCAs (Relatório de Não Conformidade do Aço) recebidos no período de Jan à Jul/2010 foram identificados os doze principais motivos de reclamações recebidas, que representam 80% dos principais defeitos encontrados. Para melhor visualização os dados são representados graficamente através dos diagramas de Pareto, mostrados nos gráficos 1 a 3.

Quantidade RNCAs Total Recebidas x Mês - Jan a Jul/2010

- Dados Discretos

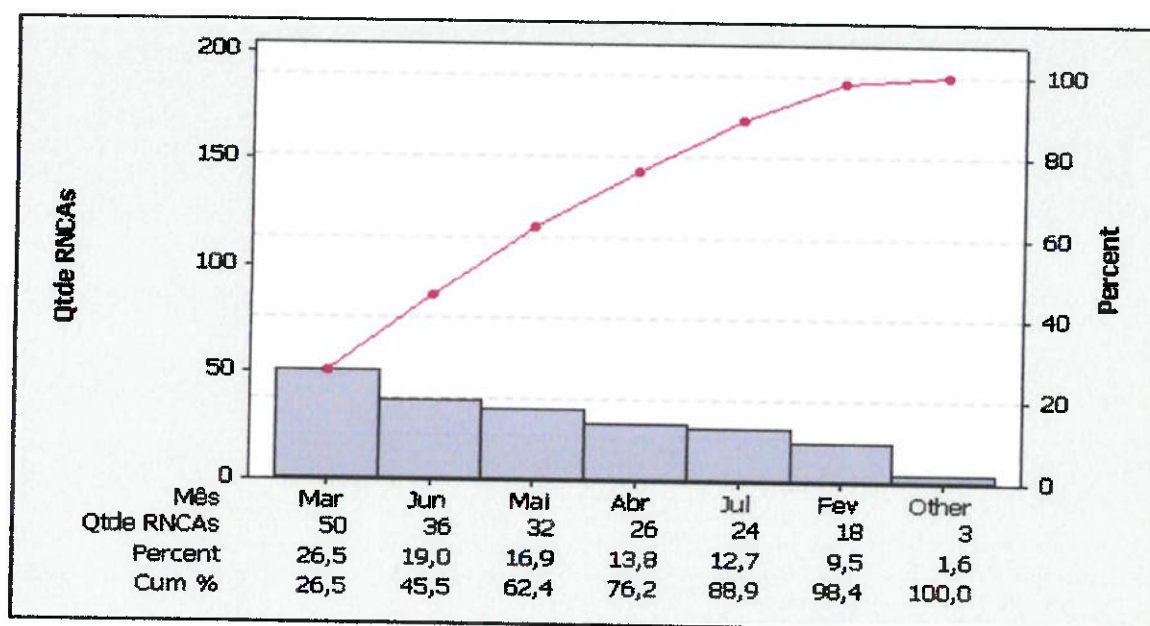


Gráfico 1- Pareto Qtde RNCAs por mês

RNCAs por Tipo de Defeito - Jan a Jul/2010

Dados Discretos

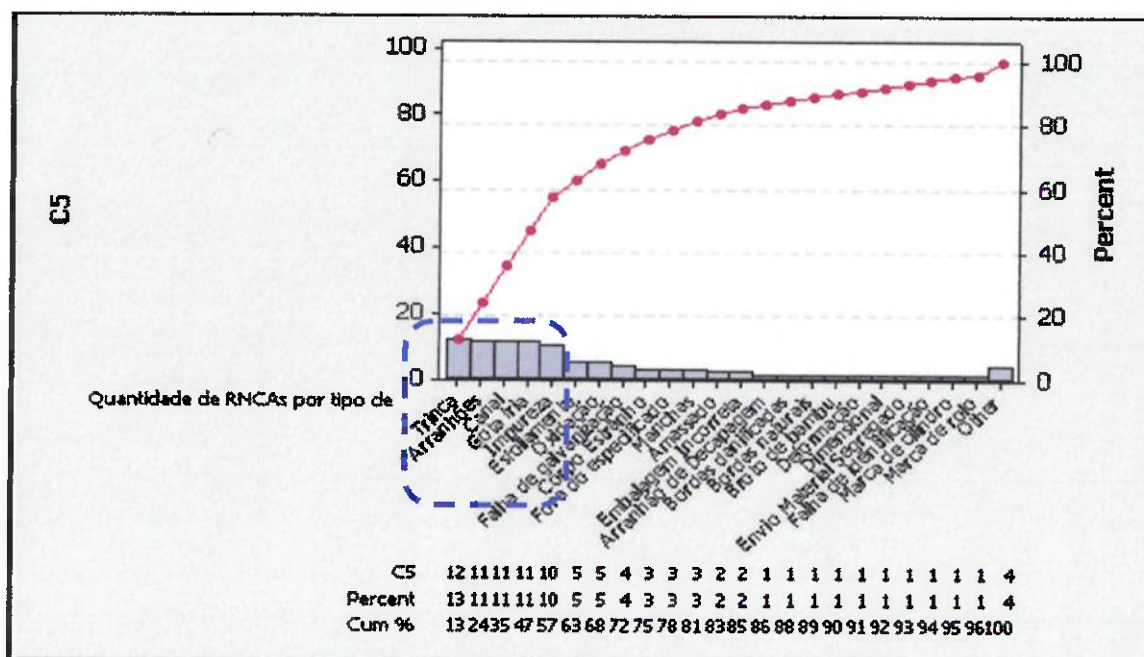


Gráfico 2 – Pareto RNCAs por tipo de Defeito

RNCAs x Tipo de Defeito - Jan a Jul/2010

Dados Discretos

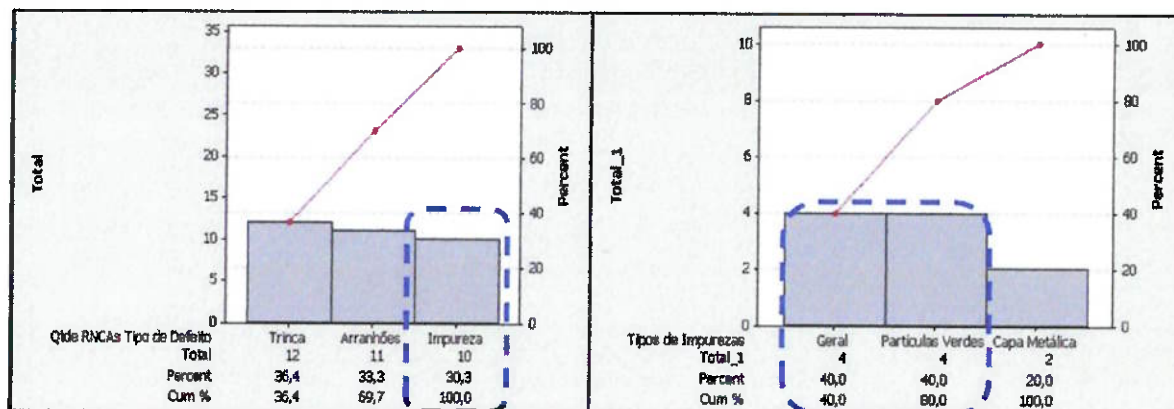


Gráfico 3 – Pareto dos Defeitos gerados pela SU

Os tipos de defeitos demonstrados através do gráfico 3, demonstram os defeitos que mais ocorrem nos processos da Soluções Usiminas, ou seja, de todos os defeitos representados no gráfico 2, estratificamos Impureza (foco deste trabalho), sendo Trinca e Arranhões tratados em projetos específicos.

Informações Complementares dos Principais Defeitos apontados no histórico dos RNCAs:

- O defeito de Trinca e Corpo Estranho, após estudo foram detectados problemas oriundos da ferramenta do cliente;
- Os defeitos apontados como Arranhões, Canal, Gota Fria, Esfoliação, Oxidação e Falha de Galvanização, Manchas são oriundos de Usina, e impedem que a Soluções Usiminas como beneficiadora de aço tome ação, portanto, as RNCAs foram encaminhadas aos responsáveis para as devidas tratativas e tomadas de ações.
- Fora do Especificado, falha do sistema durante processo de vendas dos materiais, após estudo foi implantada trava para que o material fora do especificado pelo cliente não possa ser utilizado.
- Amassado, foi identificada falha do processo de manuseio dos materiais no processo de recebimento e estocagem, foi realizada revisão do procedimento e treinamento com os envolvidos.
- **Impurezas (Partículas)**, como foco deste trabalho foram detectadas como principais causadoras de caroço, partículas de ferro, partículas de zinco e partículas verdes.

Como mencionado anteriormente, embora os dados representem 80% dos problemas, no gráfico 3, destaca-se o foco para Impureza oriundo de partículas de correia (verdes), sendo que os demais pontos foram tratados em projetos específicos.

Com base nestas informações foi aplicada a metodologia Seis Sigma utilizando as etapas do DMAIC para análise do problema de geração de caroços após estampagem de blanks, ocasionados por desprendimento de partículas de correia visando a melhora da satisfação do cliente Automotivo Japonês.

2.1 Tipos de Correia Utilizados

Para definição do critério a ser estudado foram identificados os tipos de correias utilizados para transportar o material durante processo de corte e mostrados na figura 2.



Localização: Máquina Press Blank Line
Tipo de Correia: Telescópica – Talisca



Localização: Mesa de inspeção da máquina Oscyllate.
Tipo de Correia: PU – Poliuretano



Localização: Antes da lavadora.
Tipo de Correia: PVC.

Figura 2 – Tipos de Correia Utilizados

Para validação do estudo foi realizado um trabalho de comparação e caracterização de partículas para validar a origem da composição encontrada no material do cliente. Foi estabelecido um procedimento padrão para coleta de amostras das partículas para identificação das mesmas através de análise, registro e caracterização química através do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Usiminas (CPD) e com o acompanhamento do processo.

Foi elaborada uma matriz de comparação (fotográfica e química) dos elementos constituintes das linhas de produção que podem ser considerados contaminadores dos produtos durante o processo, além de um procedimento para coleta de partículas pelo método de ADP (Análise de Partículas).

2.2 PROCEDIMENTO PARA CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DE PARTÍCULAS

2.2.1 Objetivo

Mapear os processos produtivos separando os equipamentos, isto é feito através da coleta de partículas dos rolos, roletes, esteiras e estruturas de cada equipamento, enfim tudo que tenha contato com os *blanks*, platinas ou bobinas nos processos. Após todo este material coletado, é realizada a caracterização visual através de microscópio portátil e fotos. Quando necessários são utilizados os recursos do Centro de Pesquisa da Usiminas para a caracterização química das partículas, com a finalidade de identificar e mapear possíveis pontos de contaminação do processo, ou seja, a análise das partículas através do método de Análise de Partículas (ADP). Após a identificação dos pontos é traçado um plano de ação em função das reclamações, para coletada de partículas dos materiais em processo para serem analisadas e confrontadas com as partículas do ADP do equipamento visando identificar o elemento do equipamento que está gerando as partículas, e assim atacar as causas raiz do problema.

2.2.2 Referência

Cliente Automotivo Japonês

2.2.3 Abrangência

Linhas de corte ou estampagem que processam chapas planas de aço laminados a frio e revestidos principalmente destinados à linha branca e automotiva, onde pode

ocorrer contaminação por elementos externos como partículas suspensas (poeira) ou de elementos gerados no próprio processo (limalhas), todos de difícil identificação.

2.2.4 Responsabilidade

Equipe Multidisciplinar de Taubaté.

2.2.5 Material Necessário para Coleta de Amostras

- Rolo de adesivo;
- Suporte para rolo (com extensão ou não);
- Folhas de transparência "data show" para colar os adesivos;
- Etiquetas para identificação;
- Álcool em sachê ou gel para limpeza da folha de transparência;
- Caneta pincel fina para identificação das partículas;
- Microscópio Portátil (aumento 100x);
- Máquina fotográfica digital;

2.2.6 Procedimento para coleta

É utilizado no processo um rolo de adesivos recartilhados, cujo comprimento do adesivo corresponde ao perímetro do rolo, sendo assim permite a aplicação do rolo de forma simples e eficiente. A forma de coleta consiste em percorrer com o rolo de forma transversal ou longitudinal à superfície do *blank* por uma área desejada. Esta área normalmente é especificada de acordo com o processo, podendo-se ter vários pontos de coleta durante o processo, para que se possa mapear e correlacionar a partícula encontrada com pontos potenciais de geração destas partículas. A forma correta de coleta consiste em aplicação de força e velocidade uniforme dependendo do espaço físico, localização e pontos a serem analisados, podendo ser aplicada em superfícies de *blanks*, platinas, fardos, laterais de fardos, faces ou coroas de bobina etc.

Ilustra-se a seguir o procedimento nos passos A) a J), nas figuras 3 a 9 e nos gráficos 4 e 5.

- A) Aplicação do rolo sobre a superfície fazendo com que as possíveis partículas se prendam ao adesivo de forma cuidadosa e uniforme para que nenhuma área fique sem a varredura do adesivo, conforme demonstrado na foto.



Figura 3 – Aplicação do rolo sobre a superfície da bobina

- B) Destaque do adesivo contendo as partículas removidas da superfície com cuidado para não contaminar a amostra com outras partículas, isto pode camuflar a amostra e comprometer a análise.



Figura 4 – Destaque do adesivo com partículas

- C) Colar o adesivo na folha de transparência devidamente limpa e identificada com etiqueta. Esta folha permite que as partículas aderidas ao adesivo possam ser

vistas na outra face da folha que é transparente, permitindo serem identificadas e analisadas com o microscópio.



Figura 5 – Fixação do adesivo na folha de transparência

- D) Limpar com álcool a face posterior ao adesivo para que não se tenha contaminação na folha transparente, qualquer sujeira impregnada na folha pode camuflar a identificação e análise das partículas.



Figura 6 – Limpeza da transparência após fixação do adesivo

- E) Fazer mapeamento através de círculos nas partículas, utilizando caneta pincel e enumerar cada partícula circulada com números sequenciais. Para cada amostra de adesivo deve ser feita identificação separada para facilitar a rastreabilidade, lembrando que cada adesivo deve ser utilizado em um local específico para

amostra, nunca utilizar o mesmo adesivo em vários locais do processo, isso dificultará a identificação dos pontos que podem estar gerando estas partículas.

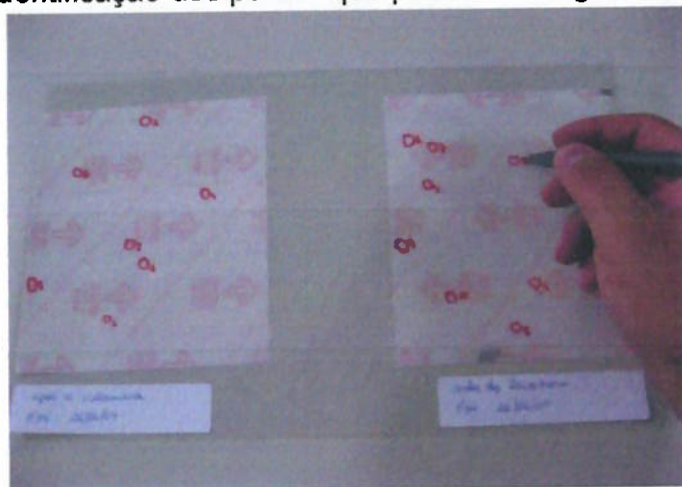


Figura 7 – Mapeamento através de círculos nas partículas

F) Fazer análise das partículas utilizando microscópio portátil, este modelo de microscópio normalmente tem o poder de aumentar em até 250 vezes o tamanho natural e facilita a caracterização do tipo de partícula encontrada, porém este procedimento é utilizado apenas para melhorar a visualização das partículas e fotografá-las. Quando se necessita de uma análise mais aprofundada, como de composição química do material, envia-se as amostras juntamente com as fotos identificadas para o Centro de Pesquisa da Usiminas, onde existem profissionais e equipamentos especializados para esta finalidade.

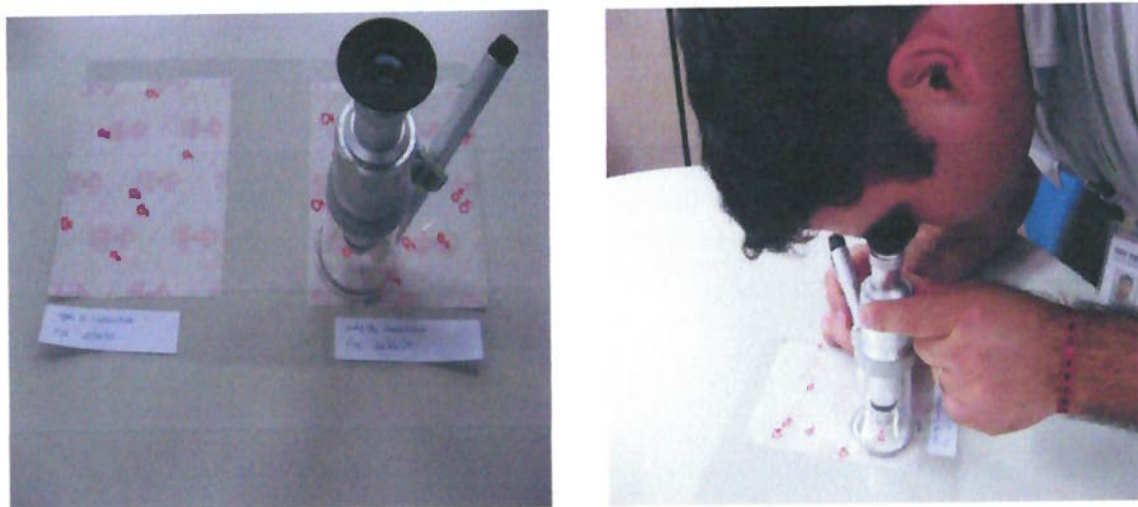


Figura 8 – Análise das partículas utilizando microscópio

- G) Bater fotos para análise e banco de dados. Estas fotos servem para analisar-se mais facilmente os tipos de partículas encontradas e também para facilitar a comparação com materiais que compõem ou são gerados no processo e no equipamento como esteiras, limalhas de corte, rebarbas, contaminação de rolos, calandras, lavadoras etc.



Figura 9 – Imagem do microscópio das partículas visualizadas

- H) Quando necessário o envio deste material ao centro de Pesquisa da Usiminas, são enviadas juntamente com as amostras, as fotos devidamente identificadas para facilitar a identificação das partículas pelos técnicos e para que não se perca a rastreabilidade das mesmas, pois para serem analisadas, os adesivos são descolados das folhas transparentes e as partículas soltas. Este é outro motivo importante para que se registre através de fotos, que são arquivadas e compõem um banco de dados de partículas, sempre nomeadas com as datas e locais de coleta além dos números de lotes e ordens de produção (OP), em que foram coletadas.

I) Resultado

O Centro de Pesquisa por sua vez fornece para a Soluções Usiminas, os relatórios com os dados de cada partícula, com composição química e tamanho, através dos gráficos 4 e 5.

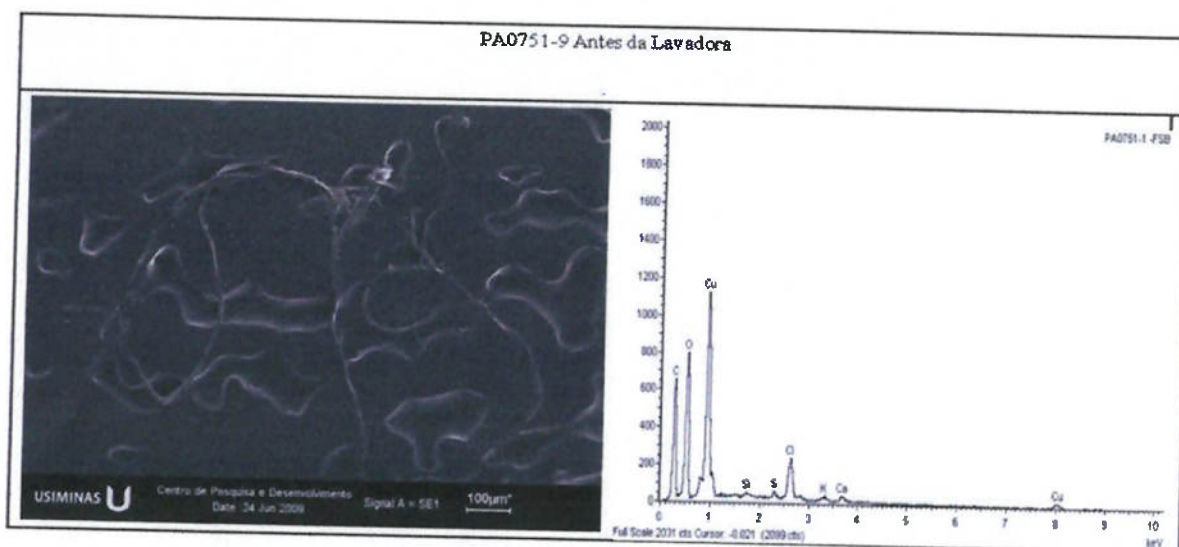


Gráfico 4 – Resultado da composição química após análise realizada pelo Centro de Pesquisa

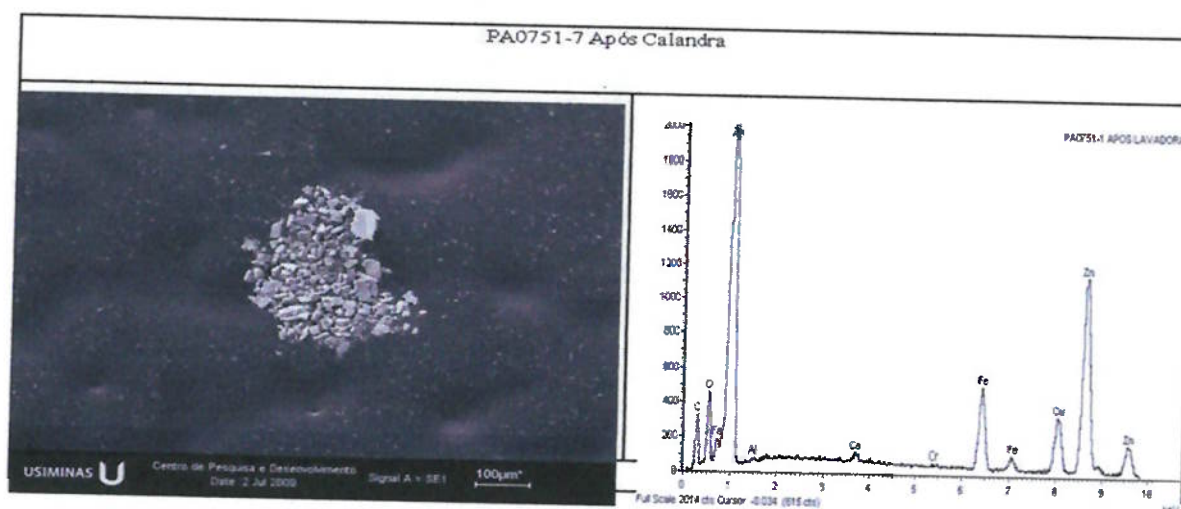


Gráfico 5 – Resultado da composição química após análise realizada pelo Centro de Pesquisa

Sabendo-se a composição das partículas e tamanho através da análise realizada pela Usina, o segundo passo é correlacionar as partículas identificadas com os possíveis pontos de geração destas partículas no processo de produção, aplicando os gráficos para análise da representatividade de cada partícula, ou seja, no caso de caroço em que as partículas analisadas apresentaram Zn/Fe, o mais importante é atacar as partículas metálicas.

Estas partículas podem ser provenientes de camada de revestimento (Zn e Zn/Fe), geradas por atrito entre a superfície da chapa e os rolos da calandra, ajuste de ferramenta de corte, contaminação de materiais anteriores

principalmente galvanizados a frio. No caso de (Fe), caracteriza-se por limalhas de corte, ajuste inadequado da ferramenta, excesso de rebarba etc.

Enfim, através destes dados pode-se atacar as causas raízes da contaminação dos materiais com embasamentos técnicos e através de uma análise crítica contundente.

- J) Após a implantação deste procedimento foi possível realizar o mapeamento da origem das partículas geradas durante o processo e que causam caroço no material após estampagem.

2.3 Mapeamentos dos pontos de contaminação e análise da composição química

Para o mapeamento dos possíveis pontos de contaminação do material do cliente, foi retirada amostra através do método ADP (Análise de Partículas) e enviado ao laboratório da Usiminas para análise da composição química. Este trabalho de mapeamento dos possíveis pontos de contaminação na Soluções Usiminas foi realizado para comparação da composição química do tipo de substância encontrada no material do cliente Automotivo com as substâncias dos possíveis pontos de contaminação nos processos da Soluções.

Comparativo A

O Varal de sustentação das embalagens plásticas da Soluções Usiminas e o resultado da análise da amostra da partícula de tinta referente ao varal coletado através do adesivo. Composição química encontrada C; Ti, conforme mostrado na figura 10.

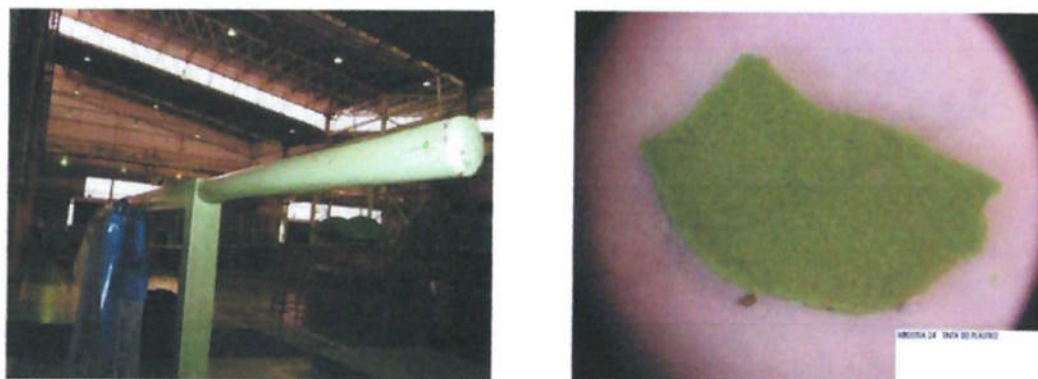


Figura 10 – Varal de sustentação das embalagens e análise da composição química

Comparativo B

Correia de inspeção da máquina Rotary Oscillate da Soluções Usiminas aparentemente danificada e partícula coletada na sua superfície através do adesivo. Composição encontrada C; Cl, conforme mostrado na figura 11.

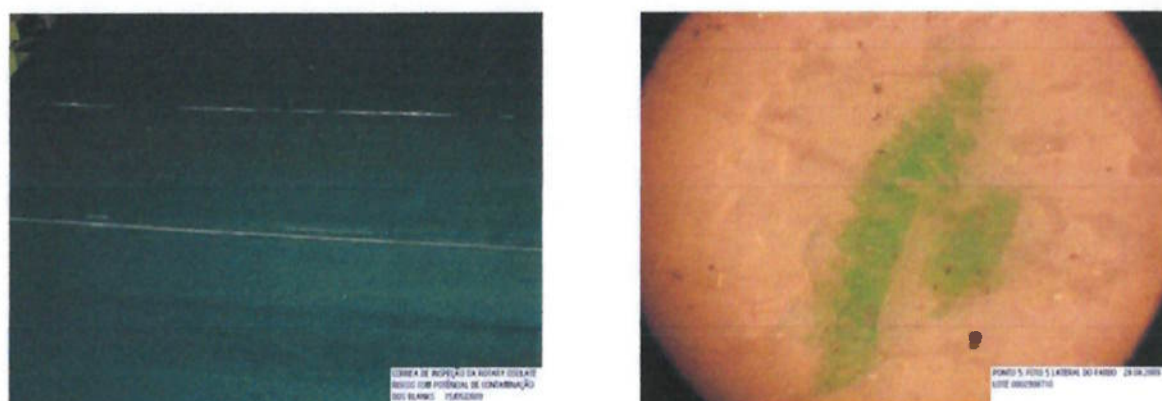


Figura 11 – Correia de inspeção da Rotary Oscillate e análise da composição química

Comparativo C

Correia do Flap da máquina Rotary Oscillate da Soluções Usiminas e foto da partícula coletada na sua superfície através de adesivo. Composição química encontrada C; Cl, conforme mostrado na figura 12.

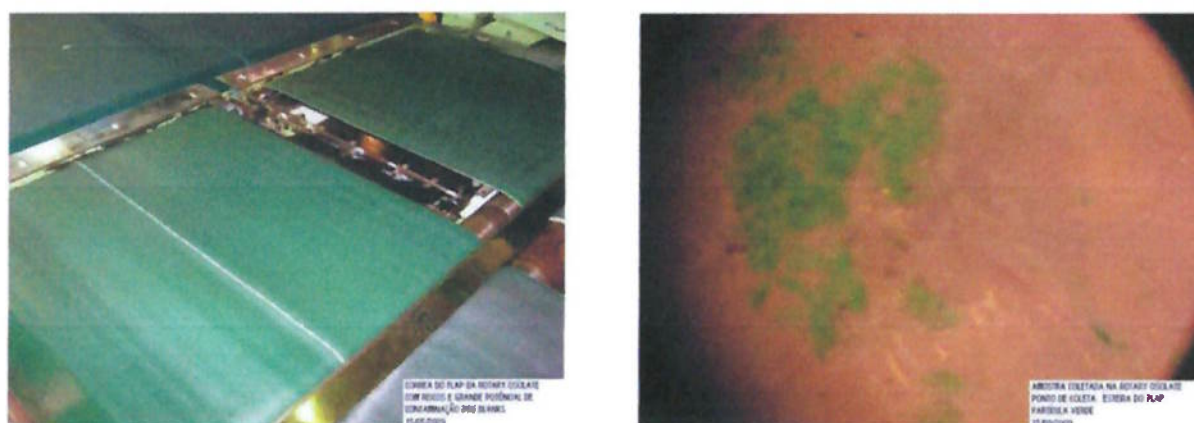


Figura 12 – Correia do flap da Rotay Oscillate e análise da composição química

Comparativo D

Correia do ponto de inspeção alternativo localizado após a correia do Flap da máquina Rotary Oscillate da Soluções Usiminas e partícula coletada na sua superfície, através de adesivo. Composição química encontrada C; Cl, conforme mostrado na figura 13.



Figura 13 – Correia após o flap da Rotay Oscillate e análise da composição química

Comparativo E

Suporte do barramento das correias magnéticas da máquina Rotary Oscillate da Soluções Usiminas e a partícula de tinta coletada no suporte através do adesivo. Composição química encontrada C; Ti, conforme mostrado na figura 14.



Figura 14 – Superfície do barramento das correias magnéticas e análise da composição química

Comparativo F

Estrutura pintada do Piller da máquina Rotary Oscillate da Soluções Usiminas e partícula de tinta coletada na estrutura das roldanas. Composição química encontrada C; Ti, conforme mostrado na figura 15.



Figura 15 – Estrutura pintada do pillar e análise da composição química

COMPARATIVO G

Correia magnética do Piller da máquina Rotary Oscillate da Soluções Usiminas e partícula coletada da parte interna da Corrêa. Composição química encontrada C, conforme mostrado na figura 16.



Figura 16 – Correia magnética do pillar da Rotary Oscillate e análise da composição química

COMPARATIVO H

Carro do Piller da máquina Rotary Oscillate da Soluções Usiminas e partícula de tinta coletada da estrutura do carro através de adesivo. Composição química encontrada C; Ti, conforme mostrado na figura 17.



Figura 17 – Carro do pillar da Rotary Oscillate e análise da composição química

COMPARATIVO I

Suporte do sensor de altura do Piller da máquina Rotary Oscillate da Soluções Usiminas e partícula de tinta coletada através de adesivo. Composição química encontrada C;Ti, conforme mostrado na figura 18.

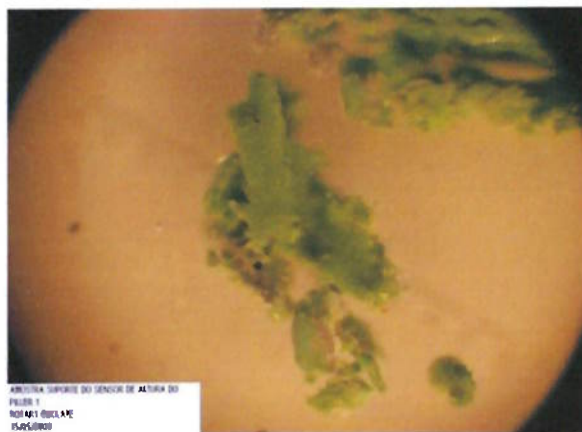


Figura 18 – Suporte do sensor de altura do pillar da Rotary Oscillate e análise da composição química

Após o comparativo foi possível identificar as origens das partículas e realizar um *brainstorming* com a equipe para listar as possíveis causas raízes deste ponto observado.

2.4 Conclusão após mapeamento e comparativo de partículas

Através dos dados coletados pelo método de ADP (Análise de Partículas), analisados visualmente e com o auxílio do Centro de Pesquisa da Usiminas para a caracterização química das partículas, conclui-se que existe a possibilidade de contaminação nos varais que armazenam as embalagens e também nas bancadas de corte das embalagens plásticas, porém suas partículas são derivadas de tinta e sua caracterização resultou em (C ; Ti), além de seu aspecto físico não ser igual ao das partículas encontradas no material do cliente.

As partículas que se assemelham ao material coletado no Cliente são: partículas das esteiras de inspeção, esteira do flap e esteira após o flap, em ambas a análise junto ao centro de pesquisa caracterizou-se (C; Cl).

Conforme caracterizado através dos testes, as imagens das figuras 19 a 21 demonstram as comparações dos materiais coletados com o encontrado no material do cliente.

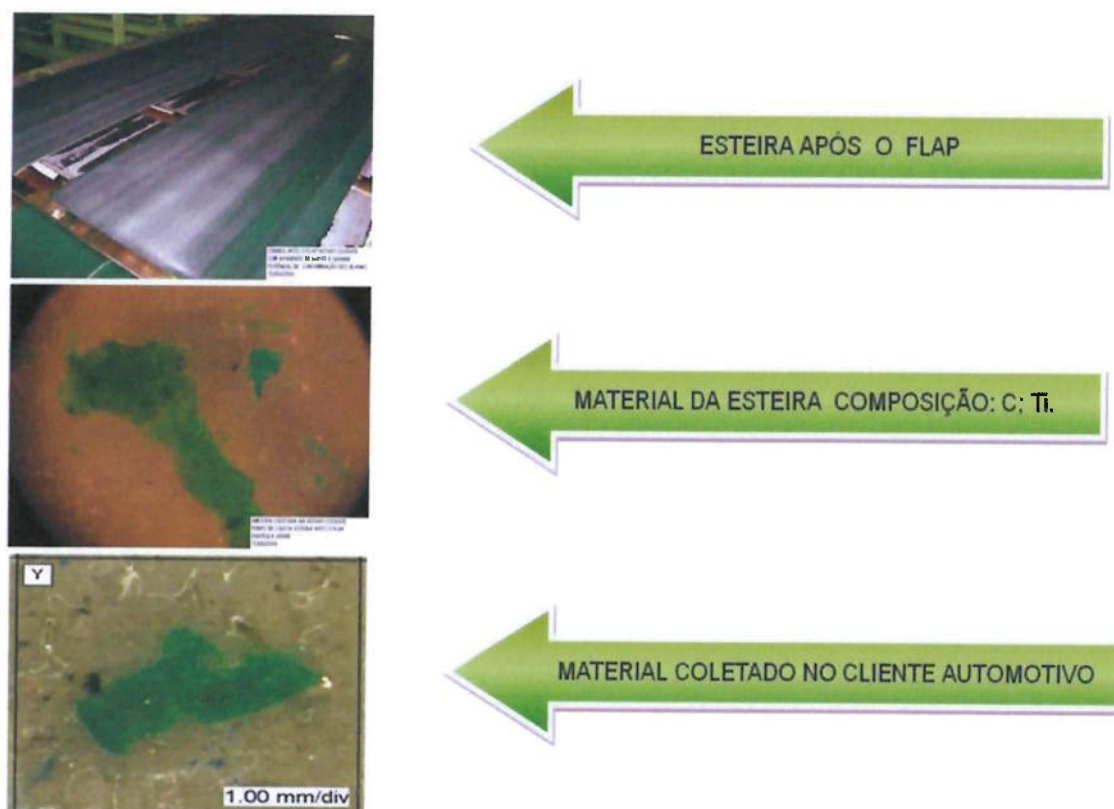


Figura 19 – Resultado da caracterização da esteira após o flap (ponto alternativo de inspeção)

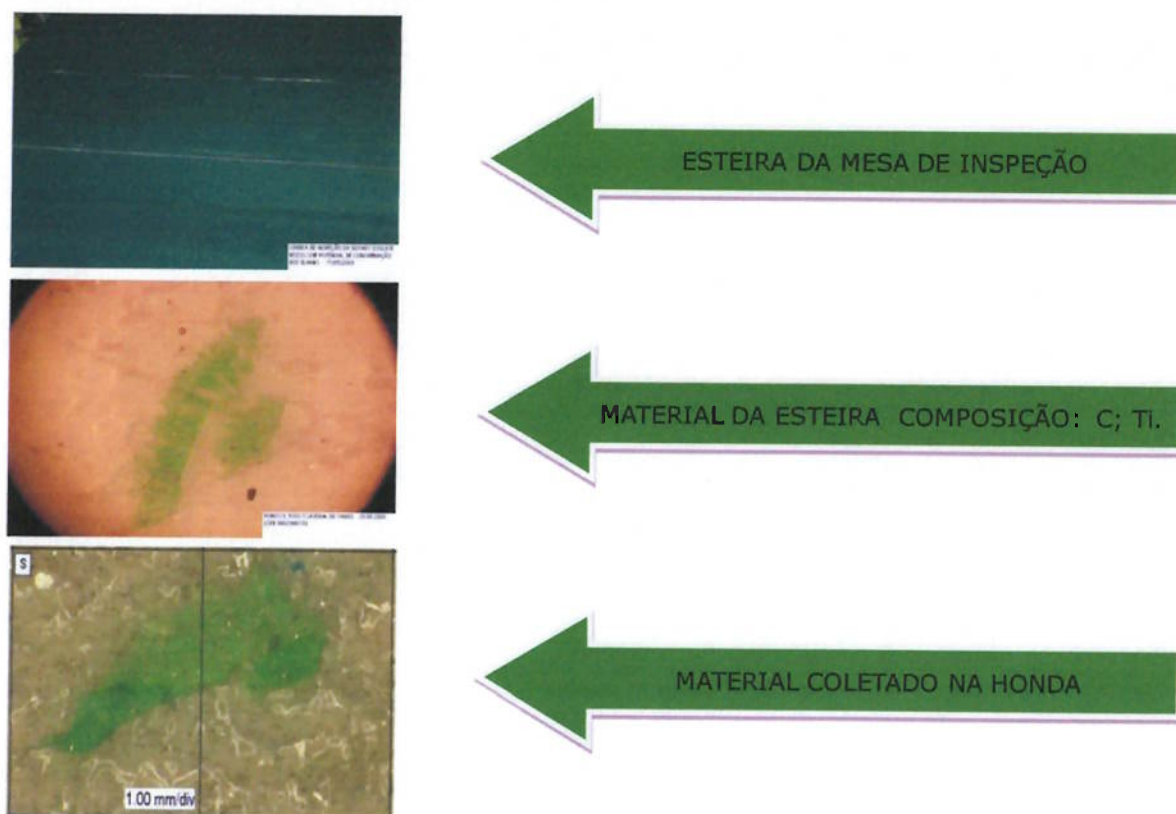


Figura 20 – Resultado da caracterização da esteira da mesa de inspeção

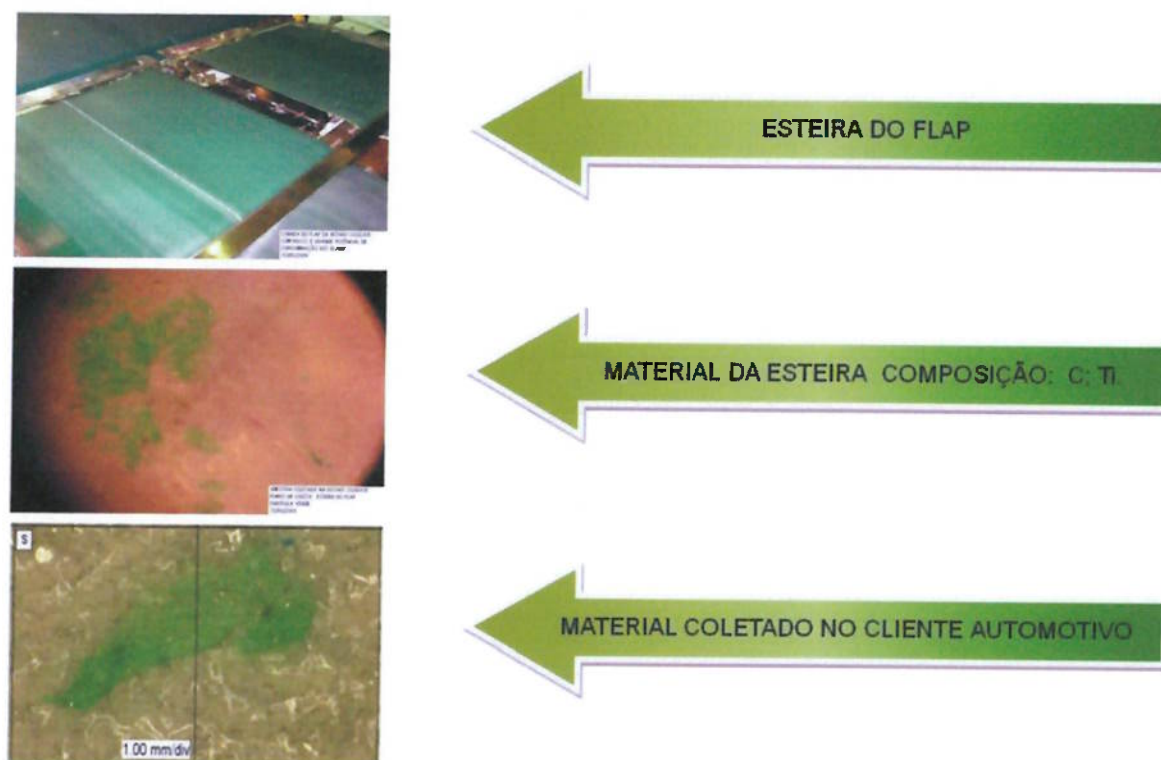


Figura 21 – Resultado da caracterização da esteira do flap

Com base nas constatações anteriores foi estabelecido um plano de ação para:

- Troca da esteira de Inspeção;
- Troca das esteiras do Flap;
- Troca das esteiras após o Flap;
- Revestimento da superfície de contato das bancadas de embalagem;
- Revestimento dos varais de embalagens plásticas;
- Intensificação das limpezas nas Máquinas;
- Monitoramento das ações.

Embora identificada através da caracterização das partículas, a causa raiz de impacto significativo para geração de caroços no material do cliente após estampagem, há a necessidade de aplicação das ferramentas de qualidade através da metodologia DMAIC para que as ocorrências diminuam e se evite o desgaste com o cliente e a possível parada de linha, pois o foco principal deste projeto está na Satisfação do Cliente Automotivo Japonês, com a eliminação dos retrabalhos gerados por conta das contaminações durante o processo.

Após estampagem da peça foi passada a pedra reveladora para identificação de caroços, cada ponto esbranquiçado é um caroço como demonstrado na figura 22. Esse tipo de defeito só é possível ser identificado após a estampagem devido às partículas não serem visíveis a olho nu durante o processo de corte na Soluções Usiminas.

Foto da Peça Estampada com Caroço

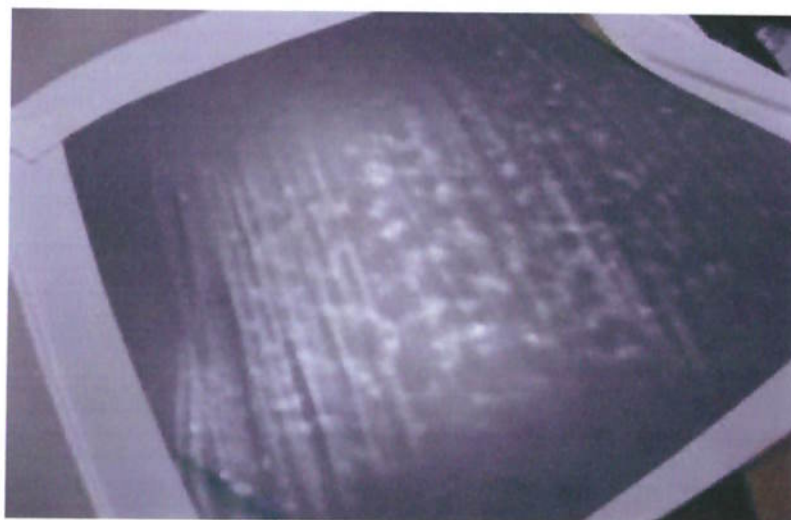


Figura 22 – Peça com caroço após estampagem

3 MÉTODO E APLICAÇÃO DA FERRAMENTA SEIS SIGMA

O Conceito sobre o Seis Sigma pode ser definida como: "6 Sigma é uma metodologia para a melhoria de processos que faz com que se atinjam níveis de defeitos da ordem de 3,4 partes por milhão, para as características críticas de qualidade ou CTQs (Característica Críticas da Qualidade)". (Dr. Mikel J. Harry, 2000).

Seis Sigmas é uma metodologia que tem como enfoque a melhoria dos processos, isto é, identificar e eliminar as causas que levam o processo a variar ao longo do tempo, gerando defeitos. Em outras palavras, deixa-se de controlar a saída do processo para monitorar suas entradas, conforme demonstrado na figura 23.

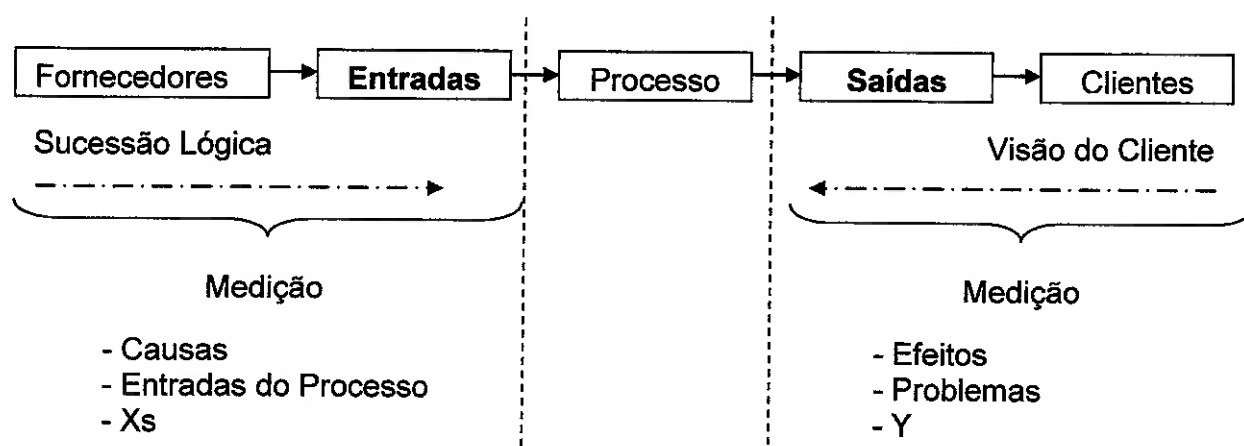


Figura 23 – Visão do Processo

O enfoque deve ser dado à melhoria daqueles processos que tem impacto, direto ou indireto, nos requisitos do cliente. O projeto deve ter um escopo reduzido e analisar o Y correto que afetará a saída para o cliente. Em outras palavras: Não afetar a resposta final por fatores não contemplados no projeto. Devem-se identificar quais processos dentro do negócio devem ser melhorados para aumentar a satisfação do cliente. O objetivo de melhorar "3,4 por milhão" para todos os processos que impactam na satisfação do cliente é extremamente ambicioso e, atingi-lo deve ser objetivo de todas as pessoas no negócio.

Sigma é, portanto, uma medida da quantidade de variabilidade que existe quando medimos alguma coisa. No caso de um produto, sempre existem muitas

características importantes ou críticas para a qualidade. Normalmente coletamos dados e medimos o sigma de algumas dessas características. Se o valor do sigma é alto, ele nos diz que há muita variabilidade no produto. Se o valor do sigma é baixo, então o produto tem pouca variabilidade e, por conseguinte, é muito uniforme.

Estamos sempre buscando produzir produtos uniformes com quase nenhuma variabilidade. Logo, quanto menor o valor do sigma, melhor a característica, produto ou processo. Nota-se os níveis sigmas em relação aos PPMs (Parte por Milhão), ou seja, de acordo com a capacidade encontrada no processo em estudo, percebe-se o nível sigma e o quanto o processo é capaz em produzir defeitos por milhão de oportunidades, conforme demonstrado na tabela 1.

σ	PPM
6	3,4
5	233
4	6.210
3	66.807
2	308.537

CAPABILIDADE DO PROCESSO	DEFEITOS POR MILHÃO DE OPORTUNIDADES
-----------------------------	--

Tabela 1 – Níveis Sigma X PPM

O Seis Sigma nasceu na década de 80, na Motorola, que se encontrava fortemente pressionada pela qualidade dos produtos de seus concorrentes externos. A Motorola levantou as melhores práticas das melhores empresas, usou os conceitos de capacidade de processos e comparou o desempenho que obtinham com as especificações dos produtos. O cálculo de capacidade levou ao número de Defeitos por Milhão de Oportunidades – DPMO. Após ganhar, em 1988, o Baldrige Award, a Motorola compartilhou com outras empresas as práticas de qualidade desenvolvidas.

3.1 Conceito DMAIC

A maioria das empresas conhece e utiliza o ciclo PDCA como método de solução de problemas. As duas metodologias de solução de problemas mais utilizadas nos programas Seis Sigmas são o PDCA e o DMAIC. O DMAIC foi desenvolvido com

base no PDCA. Essa integração pode otimizar a eficiência desses métodos na solução de problemas/ alcance de metas e manutenção, de melhoria e de inovação (Aguilar, Silvio. 2006).

A interação entre os métodos PDCA e o DMAIC pode ser observado da seguinte maneira: o item Planejar do PDCA inclui as etapas de Definição, Mensuração, Análise e parte da fase de Melhoria das etapas do DMAIC, e etapas de Controle e Ação estão ligadas as etapas de Controle do DMAIC, conforme demonstrado na figura 24.

Correspondência entre o Método DMAIC e o Ciclo PDCA

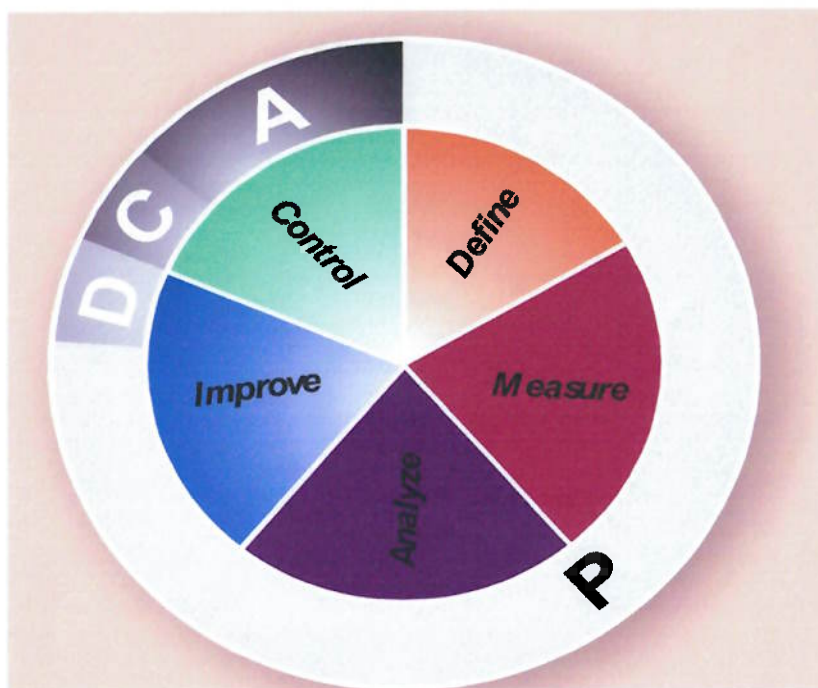


Figura 24 – Correspondência entre DMAIC e o Ciclo PDCA

O método original utilizado pela Motorola para implementar o Seis Sigma foi o MAIC- Measure – Analyse – Improve – Control, que assumia que o projeto partia de uma clara definição. A IBM e outras empresas identificaram a necessidade de assegurar que o projeto apresentasse, de forma clara, o escopo, os recursos, e as definições, e acrescentaram a letra 'D' para a fase Definir. Assim, o método tornou-se o DMAIC (FOLARON; MORGAM, 2003).

As ferramentas aplicadas na metodologia Seis Sigma baseiam-se num modelo de melhoria do desempenho conhecido como DMAIC (Definição, Mensuração, Análise, Melhoria e Controle). Esta ferramenta pode ser utilizada para melhoria de um processo ou serviço existente e é conhecida por grande parte do público e técnicas estatísticas simples. Além disso, a iniciativa Seis Sigma gera ganhos muitas vezes maiores do que os investimentos necessários para implementá-la.

Todas as etapas do DMAIC são apresentadas e discutidas por vários autores (PANDE ET al., 2002; PYZDEK, 2003; ROTONDARO, 2002; WERKEMA, 2002) e não é foco neste trabalho abordá-las em profundidade. A seguir serão citados apenas os objetivos de cada etapa e as principais ferramentas que podem ser utilizadas.

3.2 Definição por etapa e aplicação da ferramenta

3.2.1 Fase Definição – DMAIC

O objetivo da fase de Definição está na identificação do processo do negócio que será melhorado para atender a uma característica crítica para o Cliente (CTQ) visando aumentar a satisfação do mesmo.

Justamente na Definição deve ser elaborado um Contrato (anexo 1) do projeto relacionando-o a uma métrica/KPI da organização, o mesmo deve ser aprovado pela Direção, estabelecendo o ganho, inclusive financeiro. Após a elaboração do mesmo deve ser avaliado e assinado pelo Patrocinador do projeto. Normalmente quem faz o papel de Patrocinador na organização é gestor da área em que o colaborador atua ou o gestor da área em que o projeto será implantado, pois é ele quem fornecerá os recursos necessários para conclusão deste trabalho.

As ferramentas mais utilizadas nesta fase são: Técnicas de pesquisa com clientes, "Benchmarking", Análise custo-benefício, Mapa de Processo (Macro), Diagrama de Pareto, etc.

O contrato do projeto (anexo 1) constitui-se basicamente em três partes:

Parte I

- Objetivo do Projeto:

Atingir no máximo até 1 reclamação de cliente por mês. A média atual encontrada no período de Jan a Jul/2010 é de 3 reclamações/mês. As reclamações encontradas referem-se a painéis externos automotivos processados na unidade de Taubaté da Soluções Usiminas.

- Justificativa / Histórico

O índice de reclamação por partículas de correia do cliente Automotivo Japonês está evidenciado através do histórico de quantidade RNCAs (Relatório de Não Conformidades do Aço) recebidas no período de Janeiro a Julho/2010, visto que a contaminação do material com partículas gera um alto custo com retrabalho e indisposição com o cliente, conforme demonstrado nos gráficos 6 e 7.

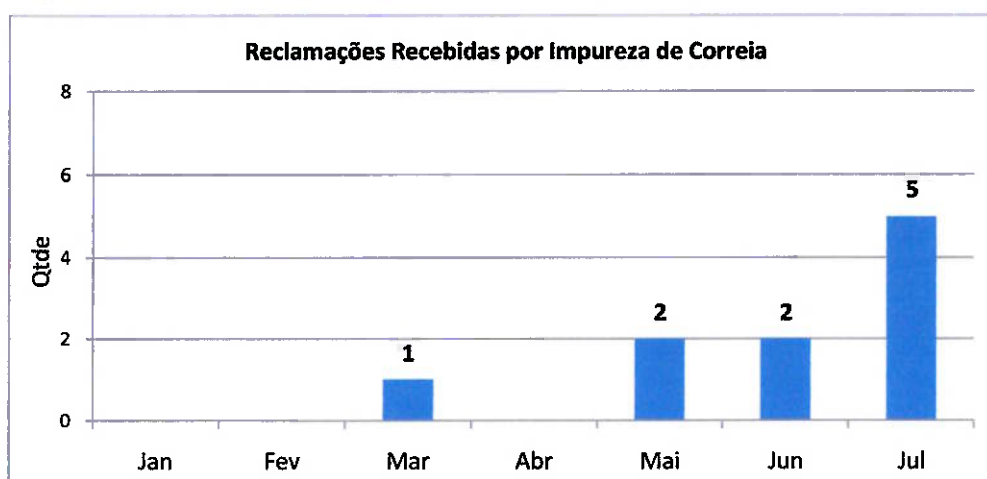


Gráfico 6 – Reclamações Recebidas X Mês

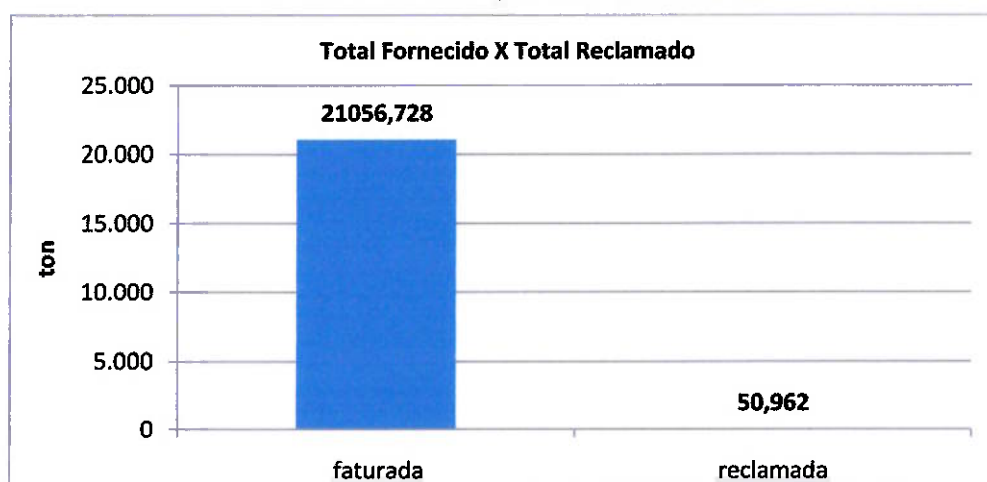


Gráfico 7 – Tonelagem Fornecida X Reclamada

- Definição da Meta;

Reduzir para 1 reclamação do cliente/mês (qtde) até Janeiro de 2011.

- Descrição do Indicador Chave do Projeto (KPI);
Índice de Reclamação do Cliente (qtde).

Parte II

- Inclui/Exclui (matriz “dentro e “fora”);
 - Inclui: Partículas de Correia; Quantidade de Reclamações do Cliente; Unidade Taubaté; Máquinas que utilizam correia para transportar material (PBL 1, 2 e ROS); Cliente Automotivo, Fornecedor;
 - Exclui: Outras Unidades; Outras Máquinas; Demais Clientes; Outros Tipos de Partículas (Ferro e Zinco).

- Premissas e Restrições do Projeto;

Premissas: estabelecer o tipo de correia que apresente melhor relação custo benefício, desenvolvimento de fornecedores.

Restrições: Custo, fornecedores, vocação de cada planta, falta de mão de obra para instalação da correia.

- Equipe de Trabalho;

Fazem parte desta equipe de trabalho dois Analistas da Qualidade, dois Engenheiros de Assistência Técnica, dois Supervisores de Produção e um operador.

Parte III

- Requisitos do Cliente;

O cliente determina um limite de até 800 ppm por mês de retrabalhos em peças externas, porém referente a defeito por partículas que geram caroço no material é de 0 ppm, objeto de estudo deste projeto.

O cliente admite retrabalhar as peças (blanks) em até 5% do total de peças recebidas por dia. O cliente envia o relatório de Não Conformidade caso seja encontrado algum defeito no material enviado, neste relatório é mencionado o total de peças retrabalhadas, rejeitadas e devolvidas.

- Contribuições para o Negócio;

O foco principal deste projeto está na Satisfação do Cliente Toyota, com a

redução de reclamações do cliente causadas por contaminações durante o processo, caracterizadas como partículas verdes.

Este projeto também contribuirá para a eliminação do risco de parada de linha do cliente por falta de material conforme.

- Impacto Financeiro;

R\$ 90.000,00 / ano

Após preenchimento do contrato o mapa de processo macro realizado na fase da Definição serve para determinar com a equipe a profundidade com que se pretende estudar o processo, assim como determinar as etapas mais importantes e a sequência com que ocorrem.

Esta ferramenta auxilia no desenvolvimento e elaboração de uma sequência lógica de ações com foco no cliente. O conceito SIPOC ajuda no desenvolvimento de cada etapa do processo e do seu mapa de processo de alto nível. Para facilitar a leitura da ferramenta considera-se os fornecedores (o "S" em SIPOC) do seu processo, as entradas (o "eu") para o processo, o processo (o 'P'), as saídas ('O') do processo, e os clientes (o 'C') que recebem as saídas do processo. Em alguns casos, as exigências dos clientes podem ser acrescentadas ao final do SIPOC para mais detalhes.

SIPOC

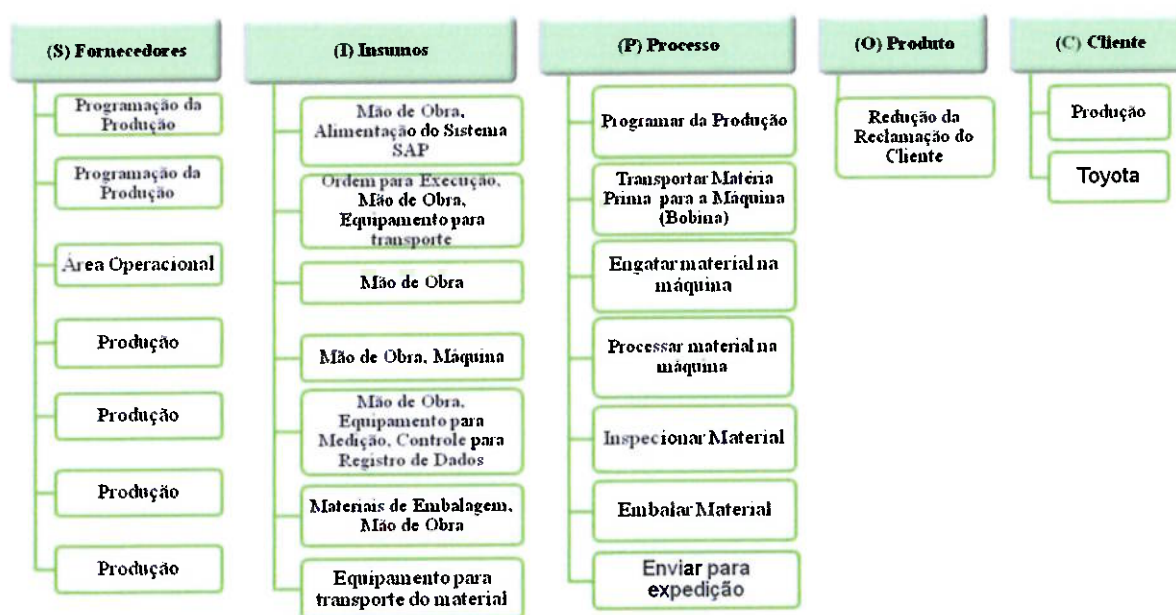


Figura 25 – Mapa Macro de Processo - SIPOC

Após o preenchimento dos campos acima já é possível fazer o levantamento dos dados o qual pertence à próxima etapa que é a fase de Medição – DMAIC.

3.2.2 Fase Medição – DMAIC

Na fase de Medição deve-se fazer um levantamento geral de todas as entradas do processo (X's) e como se relacionam com os CTQ's (características críticas para a qualidade) do cliente. O processo deve ser mapeado detalhadamente.

Deve-se medir a habilidade do processo em produzir itens não defeituosos. Em outras palavras, mede-se a capacidade do processo, expressa por seu valor S (sigma).

Nesta fase as principais ferramentas utilizadas são: Mapa do processo (detalhado), Espinha de peixe, Matriz de Causa & Efeito, Análise do Sistema de Medição e Cálculo da Capacibilidade, assim como estatística básica.

O fluxograma macro descreve o percurso que o material realiza após recebimento da Usina. Este estudo está focado na máquina Rotary Oscillate, conforme demonstrado na figura 26.

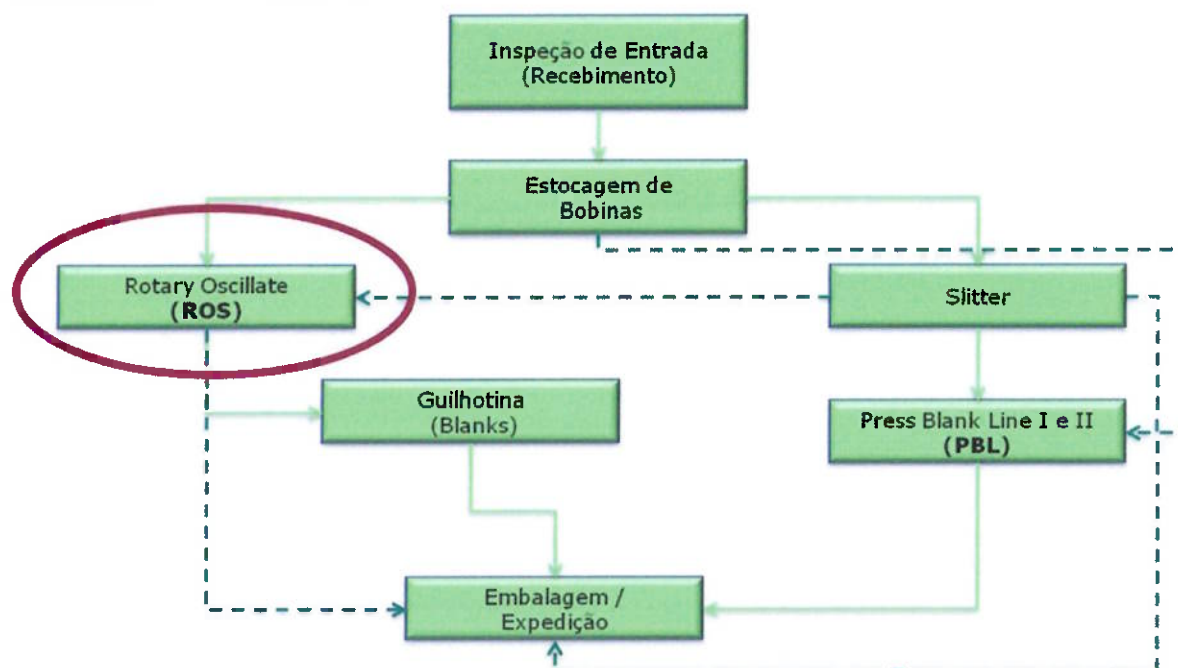


Figura 26 – Fluxograma Macro de Processo

Uma vez o mapa de processo detalhado concluído (Apêndice A), foi realizado um estudo com a equipe para determinar as etapas que não agregam valor a fim de torná-lo mais simples e menos burocrático.

Após o mapeamento do processo detalhado (Apêndice A), foi realizada uma reunião com a equipe para realização de um *brainstorming* para identificação das principais causas que geram materiais não conformes (com caroço). Para melhor visualização foi elaborado um diagrama espinha de peixe para identificar graficamente todas as potenciais causas de um problema a fim de identificar as causas raízes. O objetivo da elaboração do diagrama espinha de peixe (Apêndice B) é identificar alguma possível causa que não foi apontada durante o mapeamento de processo detalhado (Apêndice A). Foi elaborado o diagrama espinha de peixe (Apêndice B) para as principais causas que foram distribuídas na Matriz Causa e Efeito para que os X's (causas) possam ser hierarquizados conforme a pontuação determinada pela equipe. O objetivo é identificar os principais requisitos dos clientes (saídas) a partir do mapa de processo detalhado (Apêndice A).

Após a pontuação relacionada na Matriz de Causa e Efeito (Apêndice C) é necessário avaliar a correlação:

- Pontuação Baixa: tem pouco efeito na variável de saída;
- Pontuação Alta: pode afetar significativamente a variável de saída

A distribuição realizada na Matriz de Esforço e Impacto direciona o foco para as melhorias que já podem ser realizadas através de eventos que visem melhorias de curto prazo, são caracterizadas em Ver e Agir, ou seja, melhorias que podem ser realizadas de imediato, com a aplicação do Evento Kaizen, conforme mostrado na figura 27.

Matriz de Esforço e Impacto

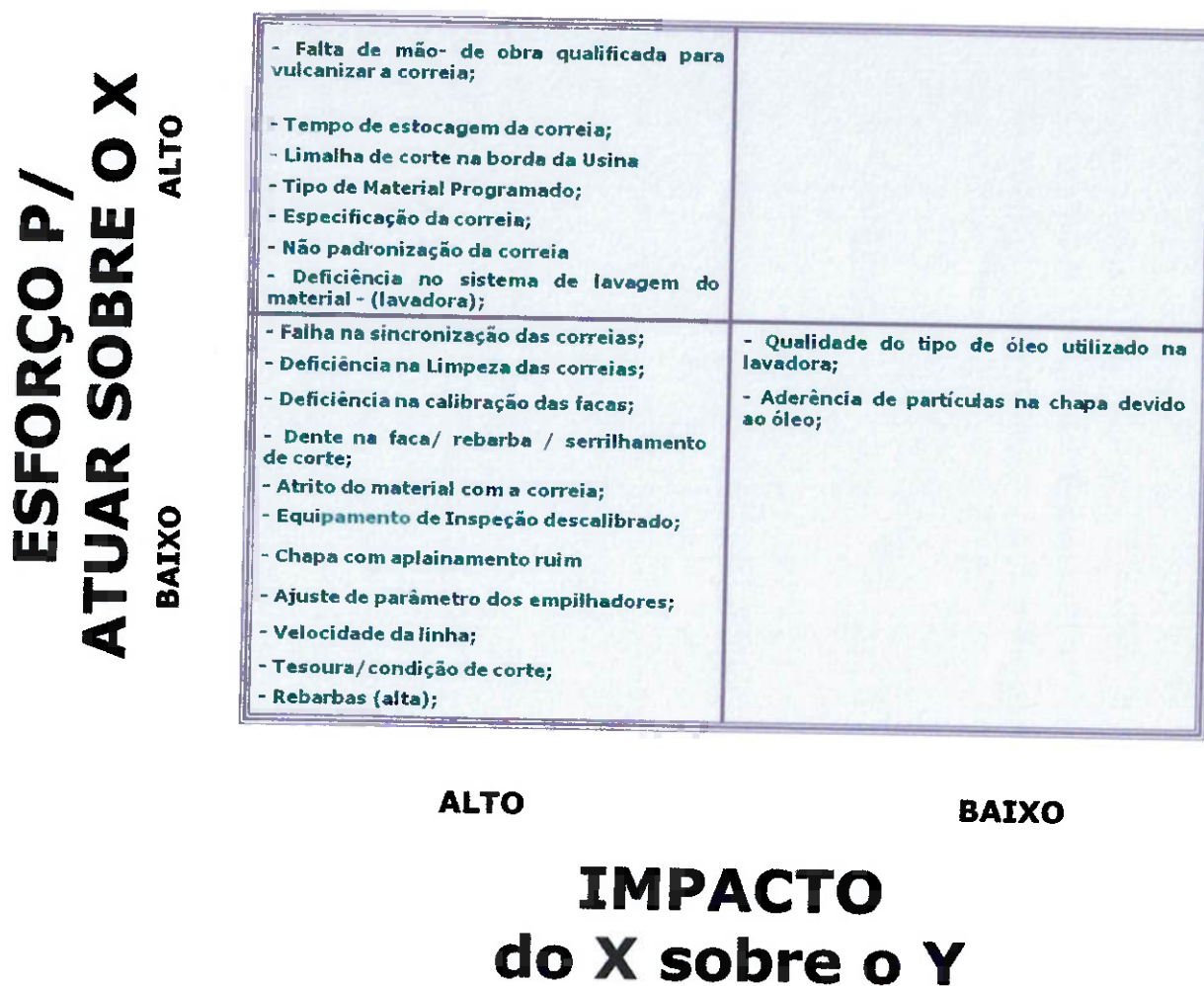


Figura 27 – Matriz de Esforço e Impacto

Diante da distribuição da pontuação é necessário avaliar a matriz de esforço e impacto conforme ilustrado na figura 28.

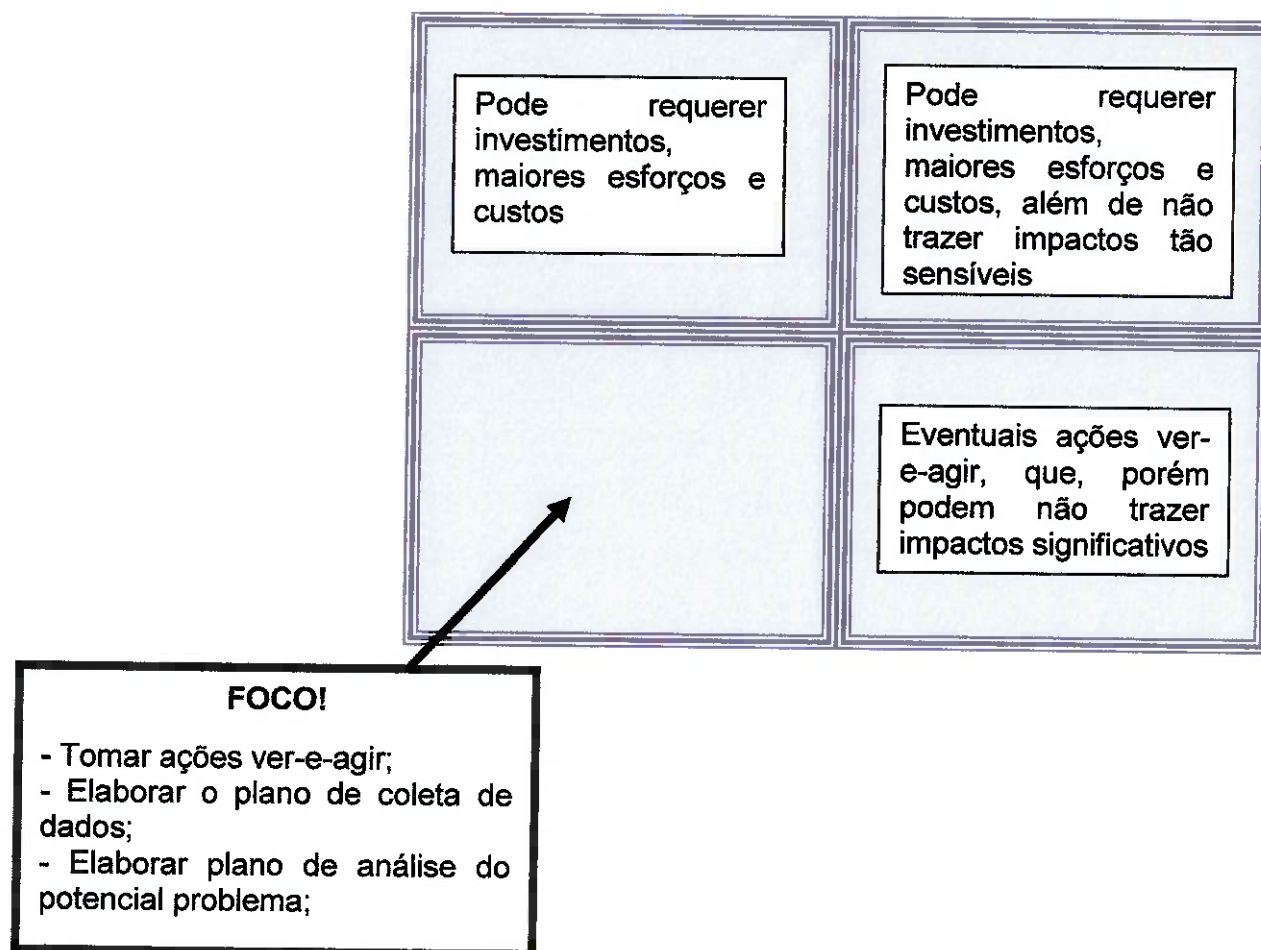


Figura 28 – Estratificação da Matriz de Esforço e Impacto

Os dados que estão sendo estudados devem ser avaliados como Contínuos ou Discretos.

Dados Contínuos

É tudo aquilo que é possível medir. Entre dois pontos existem infinitas possibilidades de ocorrência.

Ex: Viscosidade; Temperatura, Dinheiro; Altura, Velocidade;

Dados Discretos

É tudo aquilo que é possível contar. Entre dois pontos existem finitas possibilidades de ocorrência.

Ex: Tipo de defeitos; Quantidade de aprovações; Turnos; Clientes; Nomes;

Os dados que estão sendo trabalhados neste projeto classificam-se como **Dados Discretos**, conhecidos como atributos também. Resultados da utilização dos instrumentos de medição “passa não passa”, ou da inspeção de defeitos visuais, problemas visuais, peças faltando, ou de decisões passar/falhar ou sim/não.

A quantidade de RNCAs (Relatório de Não Conformidades do Aço) recebidas por Partículas Verdes não é tão representativo, embora tenha um alto impacto, a insatisfação gerada por parte do cliente caracteriza a descredibilidade, e a tonelagem a ser retrabalhada ultrapassa o limite estabelecido por parte do cliente, uma vez que o cliente trabalha com um limite de até 5% da tonelagem total recebida. Em média a tonelagem total faturada para o cliente é de 3.000 t/mês.

Capabilidade do processo

É a probabilidade de um processo gerar defeitos. Quanto maior a probabilidade de um processo gerar defeitos, menor a capabilidade e, portanto, menor o número de desvios padrões (σ) que ele é capaz de abranger.

A capabilidade atual do processo é de **3,32 σ** , ou seja, o nível sigma (σ) em que o processo se encontra. Existem 34.286 DMPO (defeitos por milhão de oportunidades), o valor do DPMO é a probabilidade de obtermos um valor abaixo do limite de especificação mais próximo e o processo se encontra deslocado 2,68 da linha média de um processo normal, conforme tabela 2.

Variável	Defeitos	Unidades	Oport	Total Oport	DPU	DPO	DPMO	Shift	Capabilidade Long Term	Sigma
	<u>D</u>	<u>U</u>	<u>OP</u>	<u>TOP</u>	<u>DPU</u>	<u>DPO</u>	<u>DPMO</u>	<u>Shift</u>	<u>Sigma-L</u>	<u>Zst</u>
Peças defeituosas	24	350	2	700	0,0686	0,034286	34286	1,5	1,82	3,32

Tabela 2 – Capabilidade do Processo

Após as melhorias implantadas a nova capacidade do processo será medida.

Evento Kaizen – Ver e Agir

A filosofia Kaizen está baseada no uso de soluções baratas que se apoiem na motivação e criatividade dos colaboradores para melhorar a prática de seus processos de trabalho, com foco na busca pela melhoria contínua. A ferramenta foi criada no Japão pelo engenheiro Taichi Ohno, buscando a melhoria contínua da qualidade dos produtos e o aumento da produtividade. Nesta estratégia, os pontos para a manufatura ou processos produtivos são: a *qualidade* (como melhorá-la), os custos (como reduzi-los e controlá-los), e a entrega pontual (como garanti-la). O fracasso de um destes três pontos significa perda de competitividade.

Segundo a TBM Consulting: “a metodologia Kaizen pode ser aplicada em qualquer processo produtivo”.

Dentre os itens apontados como Ver e Agir na Matriz de Esforço e Impacto foi realizado o evento Kaizen durante o período de três dias consecutivos, distribuídos da seguinte forma:

1º dia	2º dia	3º dia
• Introdução ao conceito Kaizen • Apresentação do Projeto 6 Sigma • Treinamento 5s • Visita à Área • Discutir os X's (Ver e Agir) do projeto • Plano de Ação	• Início das Mudanças	• Continuação das Mudanças • Realização da apresentação final

Tabela 3 – Programação Evento Kaizen

O plano de ação foi implantado e as ações monitoradas juntos aos envolvidos, neste evento os setores envolvidos foram: Qualidade, Produção, conforme demonstrado

na tabela 4.

Causa Fundamental Priorizada	O que fazer?	Quem?	Início	Término	Status
Lugar adequado para armazenar cantoneiras	1- Determinar local adequado para as cantoneiras, próximo ao local onde é necessário a utilização das mesmas.	Carlos/ Luciano/ Reinaldo	30/11/2010	30/12/2010	
Descarte de lixo não estão sendo realizados corretamente (coleta seletiva)	1- Orientar operadores quanto ao descarte correto dos materiais recicláveis.	Carlos/ Luciano/ Reinaldo	1- 01/12/2010	1- 01/12/2010	
	2- Solicitar ao Meio Ambiente divulgação/ orientação quanto ao material a ser descartado.		2- 06/12/2010	2- 07/12/2010	
Empilhamento embaralhado pillar ROS.	1- Avaliar a Instrução GPD 42 – Rotay Oscillate Shear (unidade Taubaté) referente processo de empilhamento dos fardos. Verificar necessidade.	Carlos/ Luciano/ Reinaldo	01/12/2010	01/01/2011	
Armário de materiais EPIs com latas de produto inflamável e caixas vazias.	1- Utilizar os conceitos de 5 S no armário.	Carlos/ Luciano/ Reinaldo	30/11/2010	30/12/2010	
Melhoria do monitoramento de Correia (estabelecer critério padrão).	Melhoria do controle das correias: Determinar tonelagens diferentes para os pontos mais críticos como correia flap e inspeção	Claudio/Mário	01/12/2010	01/01/2011	
Luminária da mesa de inspeção queimada.	1- Solicitar ao setor de manutenção a troca com urgência das lâmpadas que estiverem queimadas.	Claudio/ Edson	1- Imediato	1- 01/12/2010	
	2- Sugestão: Elaborar um check list na troca de cada turno para verificação das lâmpadas.	Claudio/ Edson	30/11/2010	30/12/2010	
Rolo escova PBI e PBI não estão na máquina.	Solicitar a manutenção a reposição da peça na máquina.	Edson	01/12/2010	01/01/2011	
Panos da área de inspeção jogados próximo a mesa de inspeção.	1- Utilizar os conceitos de 5 S no local.	Carlos/ Luciano/ Reinaldo	30/11/2010	30/12/2010	
Verificar possibilidade de implantar suporte para feltro de limpeza da calandra.	1- Realizar melhoria na máquina ROS, utilizando melhoria implantada	Edson/Claudio	30/11/2010	01/02/2011	
Melhoria da iluminação do 1º ponto alternativo de inspeção.	1- Elaborar projeto de melhoria da iluminação junto a área de manutenção.	Edson/ Carlos/ Luciano/ Reinaldo	01/12/2010	31/01/2011	
Substituir rodízios gastos da mesa do flap da ROS.	1- Trocar rodízios gastos da mesa do flap, visando a diminuição do contato do material com a correia.	Edson	01/12/2010	14/01/2011	
No local onde as bobinas ficam aguardando processo cobertas com plástico estão espalhados pelo corredor.	1- Estabelecer critério quanto os plásticos colocados sobre as bobinas (atualmente é utilizado o mesmo plástico para qualquer material que fica aguardando para entrar na máquina).	Cláudio e Operadores	01/12/2010	01/01/2011	
Borrachas em local inadequado atrás da máquina.	1- Utilizar os conceitos de 5 S no local.	Carlos/ Luciano/ Reinaldo	01/12/2010	01/12/2010	
Placa de aço do piso está solta, podendo ocasionar um acidente. (localizado atrás da máquina).	1- Acionar manutenção para realizar reparo no piso.	Mário Bacic	01/12/2010	04/12/2010	
Empilhadeira parada (em manutenção) em cima da faixa de pedestre.	1- Acionar segurança e providenciar a retirada da empilhadeira de cima da faixa de pedestre.	Mário Bacic	01/12/2010	04/12/2010	
Resíduos de luva para manuseio podem gerar caroço no material	1-Favor passar status referente tipo de luva utilizada para manuseio dos materiais.	Claudio/Mário	01/12/2010	01/01/2011	
Rendimento de Inspeção	Ampliar amostragem de reinspeção de materiais recusados na ROS para conclusão das reais causas de recusas do material.	Carlos/ Luciano/ Reinaldo/ Galdini/ Geraldo Magela	01/12/2010	01/12/2010	

Tabela 4 – Plano de Ação Melhorias Evento Kaizen

Após a visita à área foram detectadas 17 melhorias a serem implantadas relacionadas ao 5S, Segurança e Qualidade do Produto.

Análise do Sistema de Medição - MSA

A validação do sistema de medição garante uniformidade de conhecimento sobre o objeto ou processo analisado para todos aqueles que estão realizando a medição. É uma descrição precisa sobre um critério específico usado para as medições, para a metodologia de coleta de informações, para a quantidade de dados para coleta e para quem é responsável pela coleta das informações.

Validação do Sistema de Medição - MSA

Os itens avaliados em sistemas de medição são classificados em duas categorias: acuracidade e precisão:

- Acuracidade: descreve a diferença entre a medição realizada e o valor real da amostra analisada.
- Precisão: descreve a variação observada quando mede-se a mesma peça repetidas vezes com o mesmo equipamento.

Dentro de qualquer sistema de medição, pode-se observar um e/ou outro destes pontos. Por exemplo, pode-se observar um sistema de medição preciso (pouca variação por parte dos equipamentos), porém com pouca acuracidade. E vice e versa, conforme demonstrado através da figura 29.

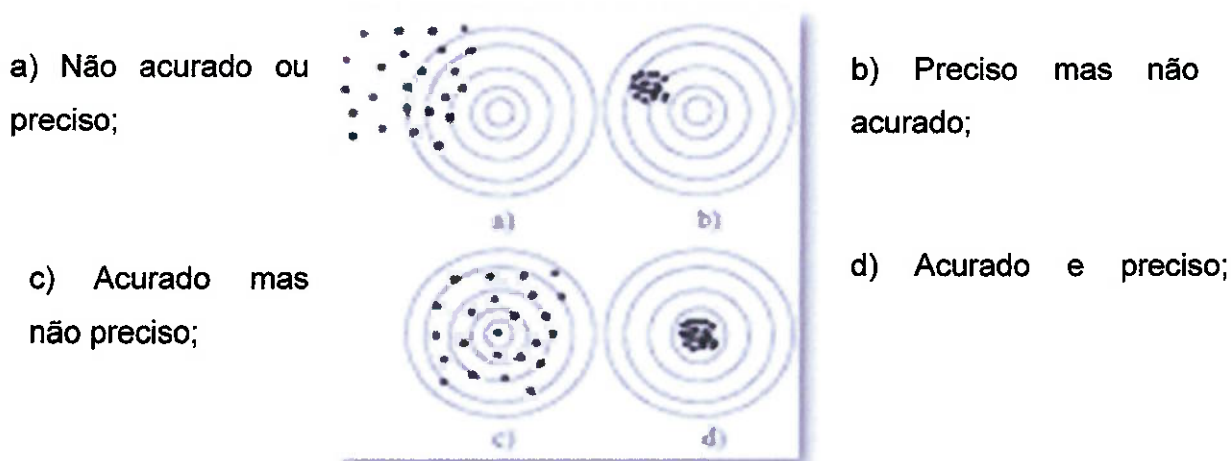


Figura 29 – Acuracidade X Precisão – Sistema de Medição

Estudos Não-Destrutivos

Precisão

- Repetibilidade: é a variação devido ao equipamento. Esta variação é observada quando o mesmo operador mede a mesma amostra diversas vezes utilizando o mesmo equipamento.

- Reprodutibilidade: é a variação do sistema de medição (operador + método de medição). Esta variação é observada quando diferentes operadores medem as mesmas amostras usando o mesmo equipamento.

A fórmula utilizada para avaliar a Reprodutibilidade e Repetibilidade do Sistema de Medição pode ser analisada através da equação:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Sistema de Medição} & = & \text{Repro} & + & \text{Repe} & & \\ \sigma^2_{SM} = \sigma^2_{Repro} + \sigma^2_{Repe} & \longrightarrow & \boxed{\sigma_{SM} = \sigma^2_{Repro} + \sigma^2_{Repe}} \end{array}$$

Critério utilizado

Para a validação do Sistema de Medição foram coletadas amostras de 5 peças com rebarbas em níveis aceitáveis e cinco peças com rebarbas com nível não aceitável. Três operadores (inspetores) de cada turno que realizam a medição durante o processo normal foram convocados a participar das medições aleatoriamente. As peças foram devidamente identificadas, sem que os operadores tivessem ciência de qual peça estava classificada como boa ou ruim.

Resultado do Sistema de Medição

Após coleta do resultado do sistema de medição foi possível concluir que na variação da amplitude das medidas por cada operador (repetibilidade) os pontos encontram-se dentro do limite estabelecido, indicando a consistência das avaliações dos operadores. Observa-se na variação da média das médias por operador (reprodutibilidade) as médias caindo nas regiões fora do limite de controle, consistentemente para todos os operadores, indicando apenas a variabilidade de peça, que é o que deseja-se observar no sistema de medição. Na avaliação das

leituras das peças ao longo do tempo a média (círculos) e a variação dos valores para cada peça estudada, observa-se a mínima variação peça-a-peça, porém o máximo de variação entre as peças indica que há diferença uma da outra. Podem-se avaliar as leituras por cada um dos operadores indicando o mínimo de reprodutibilidade conforme a linha horizontal, ligando as médias das leituras dos operadores. E por fim a avaliação da interação entre peça e operador, conforme as linhas cruzadas evidenciando os efeitos de interação, conforme demonstrado no gráfico 8.

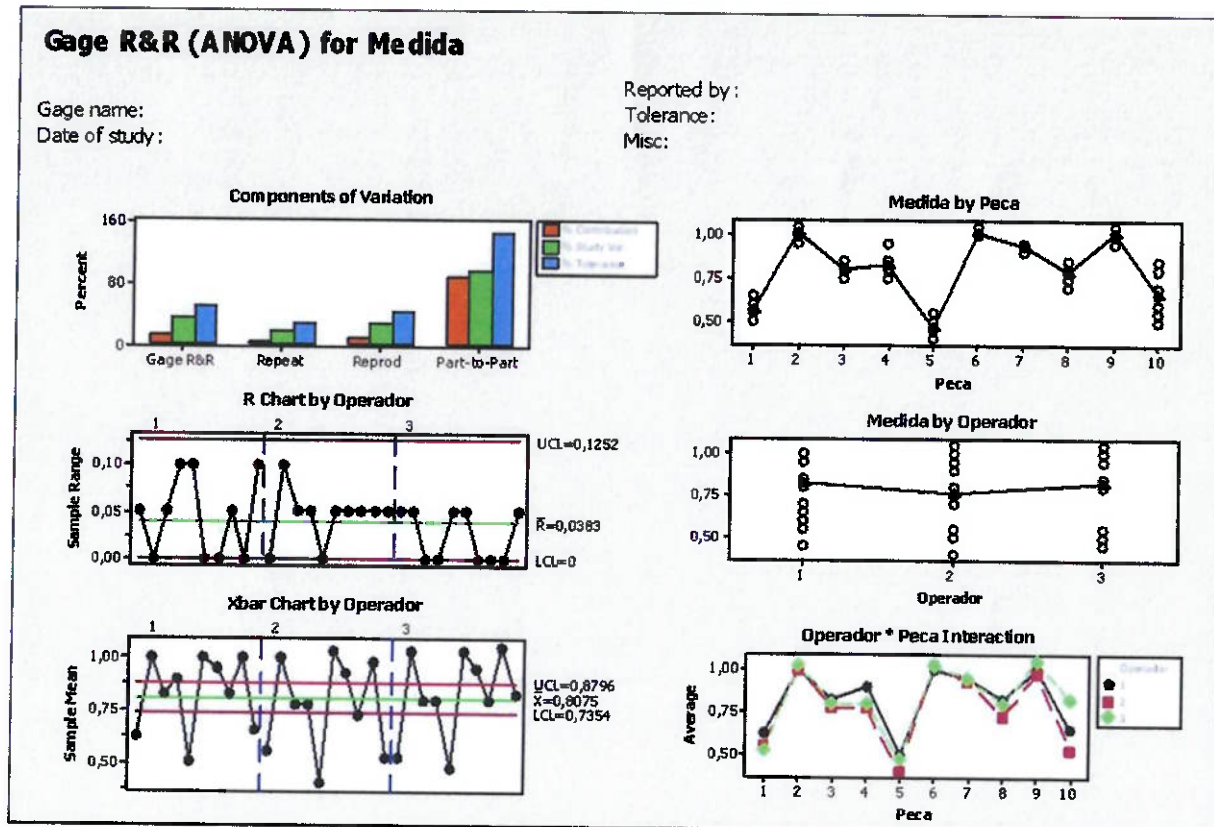


Gráfico 8 – Gage R&R

A discriminação = 4 está dentro da faixa aceitável, portanto, efetiva a validação do Sistema de Medição, conforme demonstrado na tabela 5.

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0,066615	0,39969	32,66	49,96
Repeatability	0,035940	0,21564	17,62	26,95
Reproducibility	0,056088	0,33653	27,50	42,07
Operator	0,030200	0,18120	14,81	22,65
Operator*Peça	0,047263	0,28358	23,17	35,45
Part-To-Part	0,192781	1,15668	94,52	144,59
Total Variation	0,203965	1,22379	100,00	152,97

Number of Distinct Categories = 4

Tabela 5 – Tabela Session - Discriminação

3.2.3 Fase Análise – DMAIC

Nesta fase deve-se procurar pelas fontes de variação (X's) que aumentam a variabilidade do processo e que são responsáveis pela geração de defeitos.

As principais ferramentas utilizadas são: Estatística básica, Análise gráfica dos dados, Teste de hipótese, Teste chi-quadrado, Análise de Regressão e FMEA.

Foi elaborada junto à equipe multidisciplinar a FMEA (Apêndice D) do processo de acordo com as instruções de Palady (2007).

O principal objetivo na elaboração da FMEA está em:

- identificar os potenciais modos de falha e a quantificação da severidade;
- identificar as características críticas;
- quantificar e priorizar as potenciais deficiências no processo;
- prover foco na eliminação dos potenciais problemas de processo, assim como auxiliar na prevenção de outros riscos potenciais;
- melhorar a qualidade, confiabilidade e segurança dos produtos;
- focar na prevenção, ao invés da correlação.

Após realização da FMEA (Apêndice D) foi elaborada uma instrução de trabalho com foco no processo de limpeza da máquina, antes do material iniciar o processo de corte com o objetivo de executar de forma padronizada, segura e eficaz a limpeza nos pontos da linha que entram em contato com a bobina ou nas proximidades da mesma que podem causar a contaminação do produto final.

3.2.4 Fase Melhoria – DMAIC

Nesta fase toma-se ação sobre o processo para melhorá-lo com base nas fontes de variação (X's) identificadas na fase de Análise. Ao final desta fase deve-se calcular a nova capacidade sigma do processo para comprovar que houve uma melhoria significativa.

As principais ferramentas são: Planos de ação, FMEA, Delineamento de experimentos, EVOP, Análise de Regressão.

A nova capacidade do processo foi medida e o nível sigma apresentado é de 4,48, conforme demonstrado na tabela 6.

Variável	Defeitos	Unidades	Oport	Total Oport	DPU	DPO	DPMO	Shift	Capabilidade Long Term	Sigma
	<u>D</u>	<u>U</u>	<u>OP</u>	<u>TOP</u>	<u>DPU</u>	<u>DPO</u>	<u>DPMO</u>	<u>Shift</u>	<u>Sigma-L</u>	<u>Zst</u>
Pecas defeituosas	1	350	2	700	0,0029	0,001429	1429	1,5	2,98	4,48

Tabela 6 – Nova Capacidade do Processo

O plano de ação foi estabelecido na fase de Melhoria contemplando demais ações visando que os donos dos processos mantenham as melhorias implantadas, garantindo a efetivação das mudanças, conforme demonstrado na tabela 7 e 8.

Acompanhamento do Plano de Ação – Fase Melhoria

ITEM	CAUSA	AÇÃO	STATUS	PRAZO	RESPONSÁVEL
1	Partículas Metálicas	a) Está sendo realizado o monitoramento de partículas de caroço, onde representam 80% das ocorrências, que se dividem em duas etapas: limalhas de ferro (proveniente do corte), partículas de zinco (geradas devido atrito durante processo na Soluções Usiminas).	Foi implantado um trabalho de Melhoria Contínua dos processos. Em relação a limalhas de ferro: foi detectado problema na ferramenta do cliente. Em relação a limalhas de zinco foi implantado método "caixão" e estabelecido instrução para limpeza da máquina.	30/10/2010	Geraldo Magela/ João Márcio
		a.1) Limalhas de Ferro: está sendo realizado um trabalho para medir a influência de rebardas geradas pelas limalhas através de benchmarking com Usicort, Usiminas e MSAT (Tailândia). Estudos comparativos de rebardas entre as ferramentas da Toyota e outros clientes.	Idem item 1.	31/10/2010	Geraldo Magela/ João Márcio
		a.2) Partículas de Zinco: Está sendo realizado benchmarking com a Toyota referente a pressão de rolos nas calandras, nas linhas de corte.	Idem item 1.	01/11/2010	Geraldo Magela/ João Márcio
		b) Em elaboração plano de experiência para definição tabelas de Set Up para as calandras das linhas de corte da Rio Negro.	Aprovado.	30/10/2010	Geraldo Magela
		c) Foi realizado um teste de diminuição de atritos entre as guias laterais dos empilhadores (operando em modo aberto).	Verificar possibilidade de incluir em procedimento. Segundo supervisor Paulino - Tbt, já consta em procedimento, folga de 5 mm.	set/10	Paulino
2	Plástico de embalagem	Foram alteradas as embalagens dos materiais para painel externo da Toyota com capas metálicas evitando contaminação.	Implantado	09/10/2010	Geraldo Magela
3	Resíduos de boracha devido a Blank em contato com as correias.	a) Implantar na ROS, devido troca das correias e otimização da utilização dos rodízios que elevam o blank, eliminando contato entre blank e correia.	Concluído	dez/10	Edson Gabriel
		b) Na ROS continua a utilização das correias que podem desprender partículas, porém está em estudo a viabilidade técnica de utilização da correia tipo macarrão nesta linha.	As correias foram trocas de PVC para PU.	30/11/2010	Edson / Cláudio
		b.1) Foram trocadas as correias que estavam soltando partículas (antes do flap, antes da lavadora) onde foi utilizado correia de cores diferentes para facilitar diagnóstico de possível contaminação do material.	Idem item 3 b).	01/12/2010	Edson / Cláudio
4	Limalha proveniente do corte	Idem item 1 a.1).	Idem item 1.	31/10/2010	Geraldo Magela/ João Márcio
5	Correia do Piller	a) Verificar com produção a periodicidade de limpeza da correia do pillar.	Estabelecido instrução para limpeza da máquina.	01/11/2010	Aline/ Claudio
6	Ferramenta	a) Está em discussão com cliente Automotivo Japonês a a ampliação de manutenção da ferramenta por parte da Soluções Usiminas.	Em fase de adaptação.	31/11/2010	Depizzol
7	Lavadora	a) O benchmarking está sendo realizado com o cliente Automotivo Japonês, porém estamos no aguardo para retorno das informações do cliente.	No aguardo retorno do cliente Automotivo Japonês.	31/11/2011	Depizzol / Geraldo Magela
		b) A vazão da lavadora é muito baixa, o que faz com que a performance da lavadora seja de baixa eficácia.	Foi realizado auditoria de identificação dos controles. Verificar se existe um procedimento para essa finalidade. Foi informado pelo supervisor Paulino-Tbt, que está sendo realizado um trabalho onde o material sai seco, sem óleo. Periodicidade da preventiva é de 3 meses.	27/10/2010	Claudio / Paulino
8	Material aguardando solução	a) Para as bobinas: está sendo colocado uma camisa de plástico para evitar contaminação por partículas suspensas.	Concluído	ago/10	Claudio / Mario
		b) Para os fardos: verificar com produção o que ser feito. Os fardos ficam embalados no final do processo.	Foi estabelecido critério para materiais que ficam aguardando solução, devidamente cobertos em área específica.	27/10/2010	Geraldo / Claudio
9	EPI (luvas)	Discutir alternativas durante a próxima reunião da equipe multidisciplinar.	João trouxe uma luva da Usina para modelo para possível substituição da luva utilizada.	27/10/2010	Joao Marcio
10	Sujeira no engate	Idem ao item 10 a).	Concluído	ago/10	Claudio / Mario
11	Chão	Discutir alternativas durante a próxima reunião da equipe multidisciplinar.		27/10/2010	Geraldo
12	Manuseio operacional	Discutir na próxima reunião procedimento padronizado para utilização dos plásticos de embalagem dos fardos.	Segundo supervisor Paulino-Tbt, foi definido PQ para eliminar contaminação da embalagem com material, no aguardo para aprovação.	27/10/2010	Geraldo
13	Transporte dos fardos ao cliente	Idem ao item 10 b).		-	Geraldo / Claudio
14	Cilindros / rolos sujos	Idem Item 2.	Supervisor Paulino-Tbt citou que o procedimento já está descrito.	30/11/2011	Claudio / Geraldo
15	Sector de Expedição	Foi elaborado um procedimento para limpeza da linha, incluindo cilindros e rolos,		30/11/2011	Claudio / Geraldo

Tabela 7 – Plano de Ação – Fase Melhoria

ITEM	CAUSA	AÇÃO	STATUS	PRAZO	RESPONSÁVEL
16	Sujeira proveniente do lado externo	Idem ao item 10.	Concluído	09/10/2010	Claudio / Mario
17	Rack	a) Com a ação tomada no item 16, eliminamos a possibilidade desse tipo de contaminação.	Idem item 16.	30/11/2011	Geraldo / Claudio
		b) Lavar os racks antes da entrada na fábrica.	Foi estabelecido critério para limpeza dos racks antes de entrar na fábrica.	30/11/2011	Geraldo / Claudio
18	Sujeira de usina	Construção de galpões fechados para armazenamento de racks.	Aguardando aprovação da diretoria	30/11/2011	Geraldo
19	Oxidação em bobinas importadas	Existe um funcionário da Usiminas que participa do projeto para redução de caroço, em função disso, foi realizado coleta de partículas na geração de bobinas da Usiminas Unigal, mapeando as partículas oriundas de Usina.	Concluído através de caracterização de partículas na Soluções Usiminas.	25/10/2010	Joao Marcio
20	Guia lateral	a) As capas do material importado chegam com grande quantidade de óxido de ferro que se soltam com facilidade durante manuseio de bobinas, contaminando o ambiente, está sendo realizado homologação de materiais da Usiminas para nacionalização e substituição da importação para cliente Automotivo Japonês.	Concluído	26/10/2010	Geraldo
		b) Antes da ferramenta: discutir com produção.	Supervisor Paulino-Tbt citou que o procedimento já está descrito e implantado na produção.	27/10/2010	Claudio / Geraldo
21	Fosso compensador	Foi definido para materiais de aplicação externa, as guias dos empilhadores devem ser utilizadas no modo aberto;	Concluído	28/10/2010	Claudio / Geraldo
22	Filtro	Verificar com produção a periodicidade de limpeza do fosso compensador.	Foi informado pelo supervisor Paulino-Tbt, que o processo de limpeza é realizado durante a manutenção preventiva da máquina.	27/10/2010	Claudio / Mario
23	Magnéticos dos pillar's	Verificar com produção se existe um procedimento para limpeza do feltro (periodicidade), qual o critério para identificar vida útil.	Foi descrito na instrução GPD xx as atividades fundamentais para garantir a limpeza dos pillar's.	27/10/2010	Claudio / Geraldo
24	Pedra reveladora	Verificado com a produção qual o procedimento para limpeza dos pillar's.	Supervisor Paulino-Tbt citou que o procedimento já está descrito, aguardando aprovação do Sr. Geraldo Magela.	27/10/2009	Claudio / Geraldo
25	Manutenção (interna e externa)	Foi definido à partir mês de Setembro/2010, que as peças inspecionadas com pedra reveladora são descartadas.	Concluído	27/10/2010	Claudio / Geraldo
26	Setor de Matéria-prima	Idem ao item 10 a).	Concluído	ago/10	
27	Panos de limpeza	a) Foi trocado o pano de limpeza por um onde o material que não solta fiapo.	Concluído	nov/10	Claudio
		b) À partir de Setembro/2009 não é mais utilizado panos para limpeza das bordas do material da Toyota.	Concluído (evidenciar através de PQ)	set/10	Geraldo

Tabela 8 – Plano de Ação – Fase Melhoria

3.2.5 Fase Controle – DMAIC

Esta é a última etapa. Neste ponto devem-se empregar métodos para monitorar as fontes de variação (X's) identificadas para manter a capacidade melhorada adquirida. Deve-se passar a responsabilidade pelo monitoramento do processo para os donos do processo.

As principais ferramentas utilizadas são: Cartas de Controle, Dispositivos à prova de erros (*Poka-yoke*), Planos de Controle, Procedimentos, etc.

Cartas de Controle

Para a implantação da Carta de Controle existem três objetivos:

- Verificar se o processo estudado é estatisticamente estável, ou seja, se não há presença de causas especiais de variação;
- Verificar se o processo estudado permanece estável, indicando quando é necessário atuar sobre o mesmo;
- Permitir o aprimoramento do processo, mediante a redução da variabilidade.

A carta de controle foi implantada a partir do mês de Janeiro/2011, para avaliar se as medições de início, meio e fim do material estão sendo realizadas adequadamente conforme descrito na instrução de trabalho. Até o momento não foram constatados desvios referente às medições apresentadas.

Instrução de Trabalho - IT GPD 42 – Rotary Oscillate

Foi estabelecida uma instrução sobre os principais pontos realizados durante os processos da máquina Rotary Oscillate instruindo os colaboradores no correto ajuste da máquina de acordo com espessura de cada material, assim como o tipo de material a ser processado, os cuidados com a limpeza da máquina, evitando a contaminação, e os tipos de embalagens adequados de acordo com os requisitos do cliente.

4 CONCLUSÃO

Após a realização deste trabalho, foram realizadas grandes melhorias no processo abrangendo as linhas de corte e estampagem que processam chapas planas de aço laminados a frio e revestidos, principalmente destinados à linha branca e automotiva. Através da utilização da metodologia seis sigma foi possível identificar as principais causas de contaminação dos materiais que impactam significativamente na satisfação do cliente.

Com a aplicação do método DMAIC, foi possível planejar o que se esperava do trabalho, a melhoria para atender a uma característica crítica para o Cliente (CTQ) visando o aumento da satisfação do mesmo, pois as aplicações em cada fase do método das ferramentas utilizadas demonstraram o quão bom ou ruim está o processo a ser melhorado. Através do digrama de Pareto foi identificada a quantidade de reclamações recebidas durante um período determinado e ao longo do trabalho conseguiu-se perceber após a implantação das melhorias a redução das reclamações e a conquista da fidelização do cliente. Após o mapeamento de processo foi possível identificar com a equipe a profundidade com que pretendíamos estudar o processo, assim como determinar as etapas mais importantes a serem estudadas neste trabalho. Com o trabalho de comparação e caracterização de partículas foi possível validar a origem da composição encontrada no material do cliente e focar nas causas raízes que geram caroço no material do cliente. Para trabalhos futuros que necessitem de caracterização de partículas em geral, foi estabelecido um procedimento padrão para coleta de amostras para identificação das partículas, sendo estratificado através de análise de coleta de amostras, registro das fotos e caracterização química através do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Usiminas (CPD) e com o acompanhamento do processo.

Com o resultado do mapeamento de processo detalhado, foi realizado um estudo com a equipe determinando as etapas que não agregavam valor, identificando os principais requisitos dos clientes (saídas) a partir do mapa.

O evento Kaizen contribuiu com 17 ações de melhorias em curto prazo e que apresentaram retorno positivo no que se diz respeito à Qualidade e Produção.

Durante este trabalho foi avaliada a importância da validação do sistema de Medição para o processamento de peças externas do cliente Automotivo Japonês, que nos apontou a certeza do cumprimento do procedimento.

Para os pontos que foram identificados de fundamental importância para o processo na contribuição da redução de sujeira que origina a contaminação do material foram descritos através de uma instrução de trabalho os itens que devem ser controlados, garantindo o cumprimento aos requisitos do cliente e processamento de materiais conformes.

Por fim, como tratativa das RNCAs registradas para Soluções Usiminas em relação às partículas de correia, foi apresentado este trabalho como plano de ação e de acordo com as ferramentas utilizadas durante as etapas do DMAIC como garantia de empenho em relação à tratativa das reclamações. O plano de ação foi estabelecido e verificada a eficácia das ações, com base no histórico de reclamações. Nenhuma reclamação foi apontada após a implantação das melhorias realizadas.

Como garantia em manter o controle do processo, após a conclusão deste trabalho foram estabelecidas auditorias periódicas que visam à identificação da conformidade do processo.

5 REFERÊNCIAS

AGUIAR, Silvio. **Integração das Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma** / Silvio Aguiar. Nova Lima: INDG. Tecnologia e Serviços Ltda., 2006.

FOLARON, J. MORGAN, J. P. The Evolution of Six Sigma. **ASQ Six Sigma Forum Magazine**. Aug 2003, 2, 3, 4, pg 38.

HARRY, M. J.; Schroeder, R. **Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations**. New York: Currency, 2000.

PALADY, P. **FMEA: Análise de Modos de Falha e Efeitos**. 4ª. edição. São Paulo: IMAM, 2007. 270 p.

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, 2002.

PYSDEK, T. **The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts and managers at All Levels**. New York: McGraw-Hill, 2003.

ROTONDARO, R. (Org.) **Seis Sigma: Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**. São Paulo, Atlas, 2002.

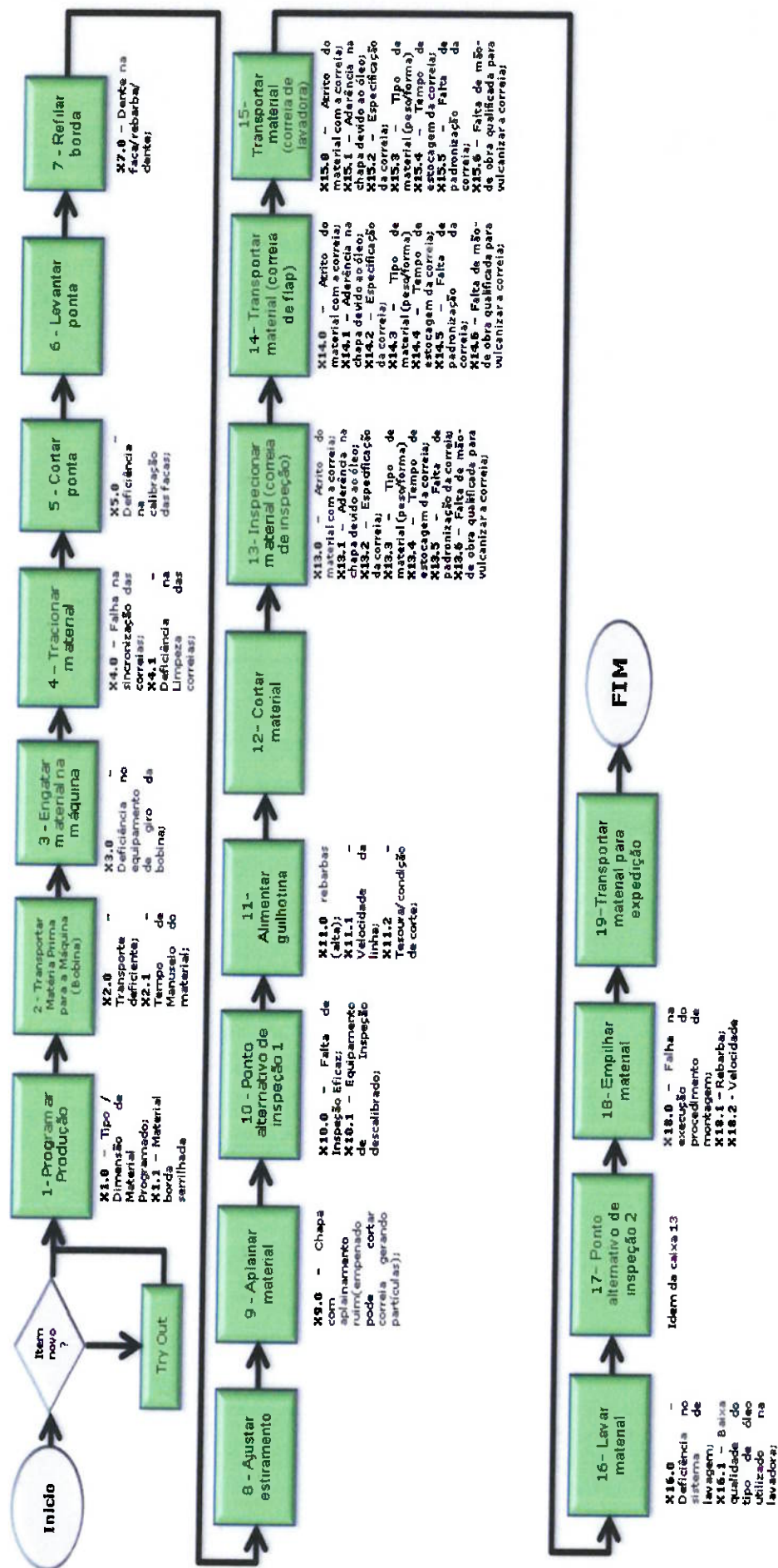
WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Criando a cultura seis sigmas**. Série seis sigma. Volume 1. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

Apostilas / Artigos

Lean Six Sigma, Seta Desenvolvimento Organizacional, 2010. Informações disponíveis em: <http://www.setadg.com.br/textos/7/cases.html>. Acesso em novembro de 2010.

TBM Consulting Group, 2010. Informações disponíveis em: <http://www.tbmcg.com>. Acesso em Janeiro 2011.

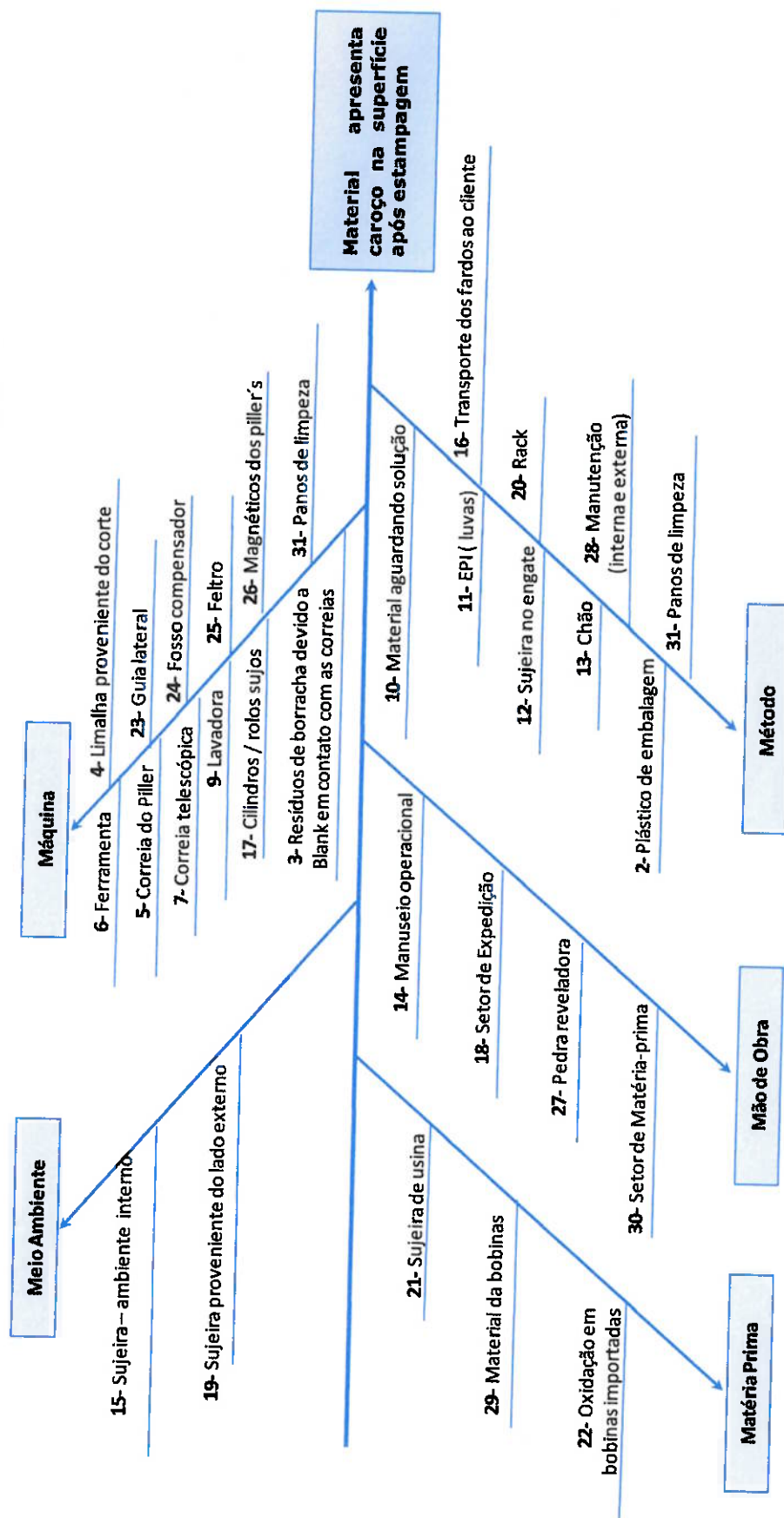
APÊNDICE A – Mapa de Processo Detalhado



"Fluxo do processo e os ofensores"

APÊNDICE B – Diagrama de Espinha de Peixe

Possíveis Causas sobre o problema "sujeira" no material - Cliente Automotivo Japonês



APÊNDICE C – Matriz de Causa e Efeito

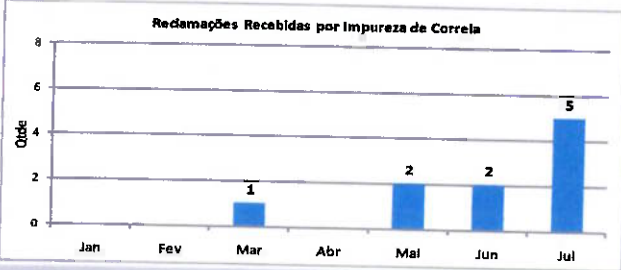
10 - 9 - 8: Forte Correlação		7 - 6 - 5 - 4: Média Correlação				3 - 2 - 1: Baixa Correlação				0: Não há correlação	
Índice de Importância		10									
X's do Processo		Peça Y1 Deifeituosa (Caroço)								TOTAL	
1	Tipo de Material Programado;	9								90	
1.1	Linha de corte na borda da Usina;	10								100	
2	Transporte deficiente;	0								0	
2.2	Tempo de Manuseio do material;	0								0	
3	Deficiência no equipamento de giro da bobina;	0								0	
4	Falha na sincronização das correias;	10								0	
4.1	Deficiência na Limpeza das correias;	10								100	
5	Deficiência na calibração das facas;	10								100	
7	Dente na faca/ rebarba / serrilhamento de corte;	10								100	
9	Chapa com aplainamento ruim(empenado pode cortar correia gerando partículas);	10								100	
10	Inspeção Ineficaz;	8								80	
10.1	Equipamento de Inspeção descalibrado;	8								80	
11	Rebarbas (alta);	8								80	
11.1	Velocidade da linha;	9								90	
11.2	Tesoura/condição de corte;	8								80	
13.0	Atrito do material com a correia;	10								90	
13.1	Aderência de partículas na chapa devido ao óleo;	8								100	
13.2	Especificação da correia;	8								80	
13.4	Tempo de estocagem da correia;	7								70	
13.5	Não padronização da correia;	8								80	
13.6	Falta de mão- de obra qualificada para vulcanizar a correia;	7								70	
16.0	Deficiência no sistema de lavagem do material - (lavadora);	9								90	
16.1	Qualidade do tipo de óleo utilizado na lavadora;	9								90	
18.0	Ajuste de parâmetro dos empilhadores;	8								80	

SYSTEMS () ; SYSTEMS (X) ; OS3300M (X) ; OYUDELINUM ()

FMEA

[illegible]

Anexo 1 - Modelo do contrato do projeto

Contrato de Projeto					
PROJETO: Melhorar satisfação do cliente Toyota com relação à Partículas de Correia na unidade de Taubaté da Soluções Usiminas.		LÍDER: Aline Cristina de Carvalho Carneiro	CÓDIGO: -		
CLIENTE: Produção	ÁREA: Qualidade	PATROCINADOR: Antonio Carlos Depizzol			
CONTRATO DO PROJETO					
Data: _____					
OBJETIVO DO PROJETO					
Atingir o máximo de até 1 reclamação de cliente por mês. A média atual encontrada no período de Jan à Jul/2010 está em 3 reclamações/mês. As reclamações encontradas referem-se a painéis externos automotivos processados na unidade de Taubaté da Soluções Usiminas.					
JUSTIFICATIVA / HISTÓRICO					
O índice de reclamação do cliente Toyota por partículas de correia está evidenciado através do histórico de quantidade RNCAs (Relatório de Não Conformidade do Aço) recebidas no período de Janeiro à Julho/2010, visto que a contaminação do material com partículas gera um alto custo com retrabalho e indisposição com o cliente.					
					
DEFINIÇÃO DA META		KPI(s) DO PROJETO			
Reduzir para 1 reclamação do cliente/mês (qtd) até Dezembro de 2010.		Índice de Reclamação do Cliente (qtd).			
INCLUI / EXCLUI					
Dentro: Partículas de Correia; Quantidade de Reclamações do Cliente; Unidade Taubaté; Máquinas que utilizam correia para transportar material (PBL 1, 2 e ROS); Cliente Toyota, Fornecedor; - Exclui: Outras Unidades; Outras Máquinas; Demais Clientes; Outros Tipos de Partículas (Ferro e Zinco).					
PREMISSAS E RESTRIÇÕES DO PROJETO					
Premissas: estabelecer o tipo de correia que apresente melhor relação custo benefício, desenvolvimento de fornecedores. Restrições: Custo, fornecedores, vocação de cada planta, falta de mão de obra para instalação da correia.					
EQUIPE DE TRABALHO					
	Nome	FUNÇÃO	Área / Empresa	E-MAIL / NOTES	FONE
Líder:	Aline Cristina de Carvalho Carneiro	Analista da Qualidade	Qualidade / Soluções Usiminas - Unidade São Roque	aline.carneiro@solucoesusiminas.com	(011) 2464-3514 ou (011) 9804-3565
Patrocinador:	Djalma Barros	Gerente da Unidade Taubaté	Gerência / Soluções Usiminas - Unidade Taubaté	djalma.barros@solucoesusiminas.com	(012) 3609-2111
Membros da equipe:	Viviane Aparecida Calixto	Analista da Qualidade	Qualidade / Soluções Usiminas - Unidade Taubaté	viviane.calixto@solucoesusiminas.com	(012) 3609-2115
	Lucas Landroni Cozzi	Engº Assistente Técnico	Qualidade / Soluções Usiminas - Unidade Taubaté	lucas.cozzi@solucoesusiminas.com	(012) 3609-2137 ou (012) 9116-1856
	Cláudio Manoel Ferreira Junior	Supervisor de Produção	Produção / Soluções Usiminas - Unidade Taubaté	claudio.ferreira@solucoesusiminas.com	(012) 3609-2124
	Edson Gabriel Diniz Pereira	Supervisor de Manutenção	Manutenção / Soluções Usiminas - Unidade Taubaté	edson.pereira@solucoesusiminas.com	(012) 3609-2105
Especialistas para suporte técnico:	João Marcio de Matos	Engº Assistente Técnico	Qualidade / Soluções Usiminas - Unidade São Roque	joao.matos@solucoesusiminas.com	(012) 3609-2115
	Geraldo Magela Diniz	Analista da Qualidade	Qualidade / Soluções Usiminas - Unidade Taubaté	geraldo.diniz@solucoesusiminas.com	(012) 3609-2115
REQUISITOS DO CLIENTE					
O cliente determina um limite de até 800 ppm por mês, porém referente a defeito por partículas que geram caroço no material é de 0 ppm, objeto de estudo deste projeto.					
O cliente admite retrabalhar material de até 6% do total de pp/dia, sendo o total fabricado 360 pp/dia.					
CONTRIBUIÇÕES PARA O NEGÓCIO					
O foco principal deste projeto está na Satisfação do Cliente Toyota, com a redução de reclamação do cliente causado por contaminações durante o processo, caracterizado como partículas verdes.					
Este projeto também contribuirá na eliminação do risco de parada de linha do cliente por falta de material conforme.					
Valor do Ganho Financeiro (R\$):		R\$ 80.000,00 / ano			
Aprovado pela Controladoria?		Sim		Responsável pela Aprovação: Luís Ernesto Migliore	
VALIDAÇÃO FINAL DO PROJETO					
Aprovação: _____					