

**UNIVERSIDADE DE SOROCABA  
PRÓ-REITORIA ACADÊMICA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM PROCESSOS TECNOLÓGICOS E  
AMBIENTAIS**

**Diogo Luiz Faustino**

**A CONTRIBUIÇÃO DO MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR PARA A  
REDUÇÃO DE CUSTOS E RESÍDUOS INDUSTRIAIS.**

**Sorocaba/SP**

**2016**

**Diogo Luiz Faustino**

**A CONTRIBUIÇÃO DO MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR PARA A  
REDUÇÃO DE CUSTOS E RESÍDUOS INDUSTRIAIS.**

Dissertação apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação da Universidade de Sorocaba, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Processos Tecnológicos e Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Bertoli Gonçalves

**Sorocaba/SP**

**2016**

**Diogo Luiz Faustino**

**A CONTRIBUIÇÃO DO MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR PARA A  
REDUÇÃO DE CUSTOS E RESÍDUOS INDUSTRIAIS.**

Dissertação aprovada como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-  
Graduação em Processos Tecnológicos e  
Ambientais da Universidade de Sorocaba.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA:**

Prof. Dr. Daniel Bertoli Gonçalves  
Universidade de Sorocaba

Prof. Dr. Délvio Venanzi  
Universidade de Sorocaba

Prof. Dr. Waldemar Bonventi Jr.  
Universidade de Sorocaba

## **AGRADECIMENTOS**

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Ao Prof. Dr. Daniel Bertoli Gonçalves pela oportunidade e apoio na elaboração deste trabalho, bem como ao Prof. Dr. Délvio Venanzi pelos incentivos e suporte profissional no estudo e na carreira acadêmica.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

À minha esposa Diná, pelo amor e suporte de base familiar, além da técnica acadêmica aplicada no auxílio neste trabalho.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

Criar é a capacidade inata de desestruturar algo e reestruturá-lo em forma totalmente diferente do original.

(Kay Jamison)

## RESUMO

Os modelos de gestão vêm se modernizando cada vez mais dentro do ambiente empresarial, com métodos de controle de desempenho nos diversos assuntos de interesse, como é o caso do Mapeamento de Fluxo de Valor, uma das ferramentas da metodologia Lean Manufacturing. O presente trabalho aborda o uso dessa ferramenta na identificação de processos geradores de resíduos em uma empresa do ramo industrial metalúrgico no município de Sorocaba-SP, onde também avaliou-se os impactos positivos nos indicadores ambientais e de custos de produção, relacionados a redução de resíduos descartados. Através do Mapeamento de Fluxo de Valor, pode-se mapear os descartes relacionados aos processos de um setor de produção de componentes metálicos, identificando os materiais e insumos envolvidos, a geração de resíduos, e as possibilidades de redução no consumo de recursos e da redução e reaproveitamento de resíduos gerados pelos processos, que poderiam trazer ganhos relacionados a redução de custos e de impactos ambientais. Após o mapeamento, utilizou-se o método DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), oriundo da metodologia Seis Sigma, para priorizar a área de atuação e nortear a aplicação de ajustes e experimentos visando maximizar os resultados positivos. Como produto adicional, foi desenvolvido um modelo técnico em planilha de dados automatizada para auxiliar os analistas a definirem ou corrigirem o processo de forma a minimizar o desperdício e a geração de resíduos.

**Palavras-chave:** Mapeamento de Fluxo de Valor. Seis Sigma. Lean Manufacturing. Resíduos Industriais. Custos.

## **ABSTRACT**

The management models are modernizing increasingly in the business environment, with performance control methods in several subjects of interest, such as the Value Stream Mapping, one of the Lean Manufacturing methodology tools. This paper discusses the use of this tool in identifying waste-generating processes in a company of metallurgical industrial branch in the city of Sorocaba-SP, which also evaluated whether the positive impacts on environmental indicators and production costs related to reduction discarded waste. Through the Value Stream Mapping, is possible to map the discharges related to the processes of a metal components manufacturing sector, identifying the materials and inputs involved, waste generation, and the potential for reducing resource consumption and reduction and reuse of waste generated by processes that could bring gains related to reducing costs and environmental impacts. After mapping, is used the method DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), from the Six Sigma methodology to prioritize the area of operation and guide the application of adjustments and experiments to maximize the positive results. As an additional product, it developed a technical model in automated data sheet to assist analysts to define or correct the process to minimize waste generation.

**Keywords:** Value Stream Mapping. Six Sigma. Lean Manufacturing. Industrial waste. Costs.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS

Figura 1 - Diagrama representativo de um Sistema Push .....	14
Figura 2 - Diagrama representativo de um Sistema Pull .....	15
Figura 3 - Distribuição em Desvio Padrão (Nível Sigma) .....	20
Figura 4 - Etapas de um fenômeno passíveis de caracterização mediante indicadores .....	28
Figura 5 – Exemplo de Matriz GUT .....	32
Figura 6 – Rolamento de Agulhas .....	37
Figura 7 – Mapeamento de Fluxo de Valor – adaptação para Plano de Gerenciamento de Resíduos .....	42
Figura 8 - Demonstração do processo dentro do equipamento .....	45
Figura 9 - Demonstração detalhada do processo dentro do equipamento .....	46
Figura 10 – Plano de Gerenciamento de Resíduos .....	53
Figura 11 – Fluxograma de Gerenciamento de Resíduos Sólidos .....	55
Figura 12 – Representação de um triângulo retângulo, com as características do estudo - Diâmetro .....	60
Figura 13 – Representação de um triângulo retângulo, com as características do estudo - Raio .....	62
Figura 14 – Modelo técnico em planilha eletrônica .....	64

### TABELAS

Tabela 1 – FMEA Operação de Tamboreamento adaptado para mapeamento da geração de resíduos .....	40
Tabela 2 – Avaliação do Potencial de geração de resíduos .....	43
Tabela 3 – Resumo Resultados geração de resíduos .....	44
Tabela 4 – Matriz GUT .....	65

### GRÁFICOS

Gráfico 1 – Experimento antes das alterações - Comportamento dimensional – Diâmetro e Raio ao longo do tempo .....	47
Gráfico 2 – Experimento após alterações - Comportamento dimensional – Diâmetro e Raio ao longo do tempo .....	48

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	9
CAPÍTULO 1 – REVISÃO DA LITERATURA .....	12
1.1 Lean Manufacturing .....	12
1.1.1 Sistema de Produção <i>Push</i> e Sistema de Produção <i>Pull</i> .....	14
1.1.2 Poka-yoke .....	16
1.2 Seis Sigma .....	18
1.3 Lean x Seis Sigma.....	24
1.4 Indicadores .....	27
1.5 Análise de Modos e Efeitos de Falhas – FMEA .....	29
1.6 Matriz GUT .....	31
CAPÍTULO 2 – MÉTODO DE PESQUISA .....	33
2.1 Natureza Qualitativa .....	33
2.2 Finalidade Exploratória .....	34
2.3 Ferramentas de trabalho.....	34
2.4 Descrição do objeto de estudo.....	37
2.5 Aplicação do FMEA .....	39
CAPÍTULO 3 – RESULTADOS.....	41
3.1 Aplicação das ferramentas .....	41
3.2 Apresentação dos Dados coletados.....	41
CAPÍTULO 4 – Proposta de sistema de controle de geração de resíduos .....	53
4.1 Produção mais Limpa (P+L) .....	57
4.2 Modelo técnico para auxílio aos Analistas de Processo.....	58
4.3 Sustentabilidade de Resultados.....	64
CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	66
REFERÊNCIAS .....	68
ANEXOS.....	70

## INTRODUÇÃO

Atualmente, muitas empresas vêm se destacando e evoluindo no mercado através de ferramentas estratégicas estruturadas e estas, por sua vez, quando relacionadas aos objetivos globais e utilizadas de forma a atrelar-se ao direcionamento para competitividade, seja com criatividade para manter-se bem posicionada ou de forma a destacar-se frente aos desafios e, dentre elas, pode-se citar as metodologias relacionadas à busca e eliminação dos desperdícios como as mais eficazes para melhoria dos indicadores de desempenho e aumento da competitividade.

Os modelos de gestão vêm se modernizando e, cada vez mais, as empresas criam métodos de controle de desempenho nos diversos assuntos de interesse, a fim de correlacionar as atividades de todos os envolvidos aos resultados esperados pela empresa com base no planejamento estratégico.

Para Valente (2014), as diretrizes estratégicas devem ser coerentes com a razão da existência da organização, muitas empresas falham no processo de alinhamento das iniciativas e projetos às estratégias inicialmente formuladas, cuja finalidade primordial é assegurar que a missão institucional seja de fato realizada. Sem instrumentos que garantam tal alinhamento, oportunizando aos gestores tanto mensuração quanto controle, muitas iniciativas emanadas das unidades de negócios, embora bem intencionadas, tendem a resumir-se em dispêndios de recursos que pouco agregam às diretivas estratégicas e ao cumprimento da missão organizacional.

A organização dos dados em forma de indicadores, sempre relacionados às estratégias globais da empresa, traz a consistência necessária para o monitoramento, mensuração e eficácia das atividades que buscam atingir os resultados.

Damke, Silva e Walter (2011) afirmam que a utilização de sistemas de controle estratégico que garantam, por meio do monitoramento dos indicadores, a manutenção das organizações na direção estratégica previamente definida, não é uma tarefa simples. Segundo os autores, os indicadores devem ter a finalidade de evidenciar a eficiência dos processos organizacionais e, se não forem corretamente

formulados, podem levar a resultados que não condizem com a realidade, comprometendo a tomada de decisão.

No setor de manufatura e transformação, o desperdício de matéria prima traz grandes impactos à organização, tanto do ponto de vista de resultados financeiros, mas também à imagem da empresa, pois o consumo desenfreado, cada vez mais, é considerado como uma tentativa de não preocupação com os impactos ao meio ambiente e às normas de sustentabilidade.

Neste sentido, um melhor controle dos processos produtivos através de técnicas direcionadas à identificação e redução dos desperdícios, poderá trazer tanto ganhos ambientais quanto econômicos, contribuindo com a sustentabilidade desses processos.

Neste trabalho, buscou-se avaliar a eficácia da técnica de mapeamento de fluxo de valor, comumente empregada dentro da base metodológica do Lean Manufacturing, para a identificação e redução dos desperdícios de materiais em uma indústria de autopeças no município de Sorocaba-SP.

Como objetivo secundário, através desta técnica, buscou-se criar um sistema de controle de geração de resíduos, com procedimentos de análise cíclica de desperdícios e produção de indicadores, que possa agilizar a tomada de ações na empresa em estudo, reduzindo os custos envolvidos com a geração de resíduos, e possibilitando a melhor utilização de materiais nos processos.

A aplicação de ferramentas para análise, interpretação e mapeamento de valor agregado e desperdícios dentro das empresas e dos processos pode contribuir para a identificação das perdas e facilitar a delimitação dos estudos para potenciais planos de melhoria e, conseqüentemente, impactar de maneira positiva aos indicadores estratégicos no âmbito produtivo e ambiental.

As indústrias, num geral, têm alto índice de geração de resíduos e parece extremamente alarmante a condição de desembolso para tratamento dos mesmos a fim de evitar impactos ambientais. A reutilização de parte destes resíduos de forma a retornar estes materiais como insumos úteis à produção ou às áreas de apoio por meio de transformações, via aplicação de tecnologia ou simples adaptação do uso podem trazer potenciais para melhoria nos indicadores de resultados ambientais e produtivos na empresa.

Mesmo mostrando-se aparentemente óbvio o impacto negativo gerado pelos custos para tratamento ou descarte dos resíduos, o valor envolvido no suposto

desperdício não é cruzado com outros indicadores, dificultando a interpretação e conclusão sobre o potencial de melhoria nem tampouco oferecendo claramente a estratificação e localização destas perdas.

O estudo de mapeamento de fluxo de valor (VSM – Value Stream Mapping), ferramenta inserida no escopo do Lean Manufacturing, pode ser utilizado para a verificação e constatação de valor agregado e desperdícios, inclusive relacionados a descarte de resíduos e direcionar para a potencial elaboração de projetos para impactos positivos nos indicadores produtivos e ambientais.

O mapeamento de Fluxo de Valor, o desmembramento dos indicadores para tradução e adequação da linguagem às diferentes áreas de interesse na empresa, e a aplicação de ferramentas de gestão de projetos e atividades pode cominar com o impacto positivo nos resultados da empresa, foco este deste estudo.

Como objetivos específicos deste estudo, foram determinados:

- Redução de custos diretos de processo no segmento de produção de componentes;
- Redução do índice de geração de resíduos no segmento de produção de componentes;
- Redução de custos de tratamento de resíduos (nível planta);
- Propor sistema de mapeamento de desperdícios (geração de resíduos);
- Propor sistema de controle de geração de resíduos.

Iniciando os trabalhos do projeto, foi realizado o levantamento da problemática, onde estão as oportunidades de melhoria que oferecem o produto como benefícios para a empresa via impactos positivos nos indicadores de produção e ambientais, bem como os frutos para o trabalho acadêmico.

A empresa conta com indicadores oficiais que podem ser desdobrados em partes menores para entendimento da composição dos desvios.

## CAPÍTULO 1 – REVISÃO DA LITERATURA

O conceito de desperdícios no contexto de problema de uma fábrica tem atravessado os tempos, desde Henry Ford, e a definição não passou por grandes alterações. Toda entrada desnecessária ou qualquer produto de saída indesejável em um sistema e no processo fabril é interpretado como sendo um desperdício.

A grande maioria dos autores relaciona os desperdícios sempre às perdas, e entendem como algo prejudicial em qualquer situação. O conceito de desperdício encontra ampla variedade na literatura pesquisada, podendo significar simplesmente a matéria-prima ou recurso que não poderá ser processada ou reutilizada, ou seja, tudo o que não agrega valor ao produto sob o ponto de vista do cliente.

Os desperdícios imediatamente identificados em trabalhos utilizando-se desta conceituação são provenientes da produção excessiva e referem-se à fabricação de lotes em quantidade superior à demanda imediata do mercado, não apenas formando altos estoques, mas ainda camuflando as perdas com unidades defeituosas, atrasos e problemas relacionados.

### 1.1 Lean Manufacturing

Em 1950, o engenheiro da Toyota Motor Company, Eiji Toyoda, saiu para uma peregrinação de três meses à fábrica Rouge da Ford, em Detroit. Eiji escreveu para sua empresa dizendo que pensava ser possível melhorar o sistema de produção da Toyota. De volta a sua cidade, Nagoya, Eiji Toyoda e seu gênio da produção Taiichi Ohno, chegaram à conclusão que não poderiam simplesmente copiar o sistema da Ford, pois esse jamais funcionaria no Japão. Ohno, que visitara Detroit repetidamente depois da guerra, considerou o sistema da Ford cheio de “*muda*” (desperdício, na linguagem do Sistema Toyota) em termos de materiais, esforços e tempo. Eles sabiam que o Japão era muito pobre para ter estes desperdícios, e que não poderiam copiar e implantar o que viram nos EUA (WOMACK, 1992).

O que Ohno fez, quando retornou ao Japão, foi estabelecer grupos de trabalho e encorajá-los a trabalhar em conjunto, tentando realizar as operações da melhor forma. O próximo passo foi ampliar as tarefas para o grupo de modo a incluir a reparação de ferramentas, inspeções, limpeza e organização do local de trabalho.

Quando julgou que os grupos estavam trabalhando adequadamente, atribuiu uma nova tarefa: reservar um tempo, periodicamente, para que cada equipe sugerisse coletivamente formas de incrementar o trabalho. Estas equipes foram as primeiras versões dos círculos de controle da qualidade (quality circles). Outro famoso mecanismo para reduzir as perdas, também criado por Ohno, foi o Just-in-Time (JIT). Ohno viu, na Ford Detroit, que havia um alto custo de estocagem para armazenar um grande número de peças que mais tarde, no momento da montagem, se descobriria que muitas eram defeituosas. Desta observação Ohno desenvolveu uma maneira de coordenar o fluxo das peças dentro do sistema de suprimentos em bases diárias, de modo que as peças somente seriam produzidas numa estação de trabalho se a estação de trabalho posterior demandasse esta peça.

Este sistema JIT, mais tarde, tornou-se mais eficiente quando passou a utilizar um tipo de cartão (Kanban) como uma ferramenta para troca de informações entre as diferentes etapas de produção.

Kanban é um conceito relacionado à produção enxuta (Lean Manufacturing) e ao Sistema Toyota de Produção (Toyota Production System, TPS). É um sistema de sinalização que “dispara” uma ação, como um gatilho. É um sinal físico (papel, luz, som, cartão) ou virtual, que “ordena” a produção e entrega de um determinado produto ou material. Este sinal significa que o produto/material será efetivamente utilizado na cadeia produtiva. Quem “dispara” este “gatilho” é o cliente para seu fornecedor, fazendo com que se reduzam os estoques, por todo o processo e entre empresas. O Kanban viabiliza o sistema “puxado” de produção, antagônico ao sistema “empurrado”, em vigor nos anos 40 nos EUA, originário das atividades de Henry Ford, na Ford Motor Company, a maior indústria automobilística na época.

A Empresa então concordou em implementar o Total Quality Control (TQC) em toda a empresa junto com o sistema Kanban. É importante lembrar que o chamado Toyota Production System (TPS) foi, em primeiro lugar, um sistema baseado nas pessoas no qual os funcionários eram envolvidos com a melhoria contínua, e os fundamentos do sistema eram a liderança e o incentivo à autonomia, através da educação e do treinamento (DAHLGAARD; DAHLGAARDPARK, 2006).

Diante de todos os desperdícios encontrados em uma produção, fica evidente que há a necessidade de se enxergar todas as etapas de produção e a ferramenta Lean que melhor atende o requisito proposto é o Macro Mapeamento de Fluxo de Valor (MMFV). Essa ferramenta tem como objetivo principal proporcionar uma

compreensão clara e assertiva dos processos e seus agentes envolvidos na cadeia produtiva. É uma filosofia de gestão focada na redução dos sete tipos de desperdícios (super-produção, tempo de espera, transporte, excesso de processamento, inventário, movimento e defeitos). Eliminando esses desperdícios, a qualidade melhora e o tempo e custo de produção diminuem. As ferramentas "lean" incluem processos contínuos de análise, produção "pull" e elementos/processos à prova de falhas (Poka-Yoke).

Para melhor entendimento do Lean Manufacturing, a seguir são detalhadas as ferramentas citadas:

### 1.1.1 Sistema de Produção *Push* e Sistema de Produção *Pull*

#### **Sistema *Push***

Para Guichard (2009), o sistema de produção *Push*, mais conhecido como sistema de produção clássico, ou tradicional, é caracterizado por uma produção baseada numa previsão de procura final. A denominação *Push* está relacionada com o fato de que, neste sistema produtivo, no seu estado puro, quando uma operação termina, o output dessa operação é empurrado para a seguinte, e assim sucessivamente, como se pode observar na imagem seguinte.

**Figura 1 - Diagrama representativo de um Sistema *Push***



Fonte: Guichard, 2009.

Guichard (2009) cita que o sistema *Push* está, nos dias de hoje, profundamente ligado ao MRP (Material Requirement Planning). O MRP é um sistema informatizado de controle e gestão do inventário e produção, que oferta o cálculo das necessidades dos diversos itens e materiais que são utilizados nos processos produtivos, com base nas previsões de vendas.

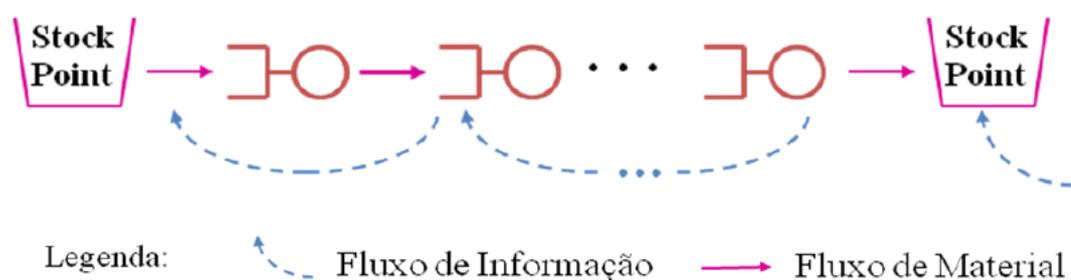
Como este tipo de sistema produtivo tem por base previsões de vendas, é muito vulnerável aos erros e falhas, já que nenhuma previsão é perfeitamente correta. Esse erro, aliado ao fato da ênfase ser direcionada à entrada do processo, origina todo um conjunto de desperdícios ao longo da cadeia sob a forma de inventário, que são minimizados pela utilização de um sistema de produção Pull (puxada). Como resultados imediatos da filosofia do sistema de produção Push podem-se destacar a utilização ineficaz (precipitada) dos recursos, a gestão por “combate aos incêndios” e os elevados níveis de estoques ao longo do processo produtivo e, conseqüentemente, o desperdício através de falta de flexibilidade, aumentos dos tempos de entrega e problemas de qualidade.

### **Sistema Pull**

Ainda de acordo com Guichard (2009), o sistema de produção Pull (puxado), ao contrário do sistema Push (empurrado), descrito anteriormente, é acionado por um “start” do cliente, ou seja, pela saída do processo produtivo, com base no consumo real e imediato do consumidor ou cliente.

O sistema Pull foi desenvolvido com o intuito de combater as ineficiências do sistema de produção Push. O seu funcionamento consiste em um fluxo de informação paralelo ao fluxo de materiais, mas no sentido contrário, sob a forma de algum tipo de simbologia e por meio de gestão visual, denominado Kanban.

**Figura 2 - Diagrama representativo de um Sistema Pull**



Fonte: Guichard, 2009.

Percebe-se que, na realidade, a ênfase é dada ao fim da cadeia, já que é onde é lógico acionar o processo produtivo para se conseguir produzir perfeitamente as quantidades solicitadas pelo cliente, no ritmo correto para evitar desperdício, muitas vezes interpretando as informações de demanda e não assumindo os

mesmos números informados. Na figura 2, de um sistema puro de Pull, cada posto puxa o posto precedente, em efeito cadeia, até ao início do processo. Como características imediatas que se pode apontar a este sistema, destacam-se a facilidade de controle do WIP (Work in Process - estoque com valor agregado) e a dificuldade de implementação de um fluxo de informação confiável e transparente

### 1.1.2 Poka-yoke

Visando a melhoria dos processos de produção e redução dos problemas de qualidade e reclamações de clientes, as empresas visam aplicar soluções que sejam auto-suficientes na prevenção de falhas, ou seja, que não dependam da atuação humana ou operacional. Desta forma e com este objetivo, surgiram os chamados dispositivos à prova de falhas ou Poka-yoke.

Traduzindo para o português, poka-yoke significa “à prova de erros”. Foi criado por Shigeo Shingo, engenheiro industrial da Toyota, em 1961. Surgiu como algo que visa prevenir os erros humanos nos processos de trabalho, a identificação de possíveis erros e a inspeção de origem.

O poka-yoke tem por objetivo a busca pelo defeito zero, eliminado assim a necessidade de um controle de qualidade após as operações, ou seja, sua finalidade é garantir que não haja produtos com defeito para o consumidor final.

Para isso, são utilizados dispositivos eletrônicos ou mecânicos em meio ao processo produtivo com o intuito de evitar que o produto com defeito passe para a etapa seguinte.

Shigeo Shingo define duas formas de regulação dos sistemas poka-yoke utilizados para corrigir os defeitos:

“O poka-yoke de controle é o dispositivo corretivo mais poderoso, porque paralisa o processo até que a condição causadora de defeito tenha sido corrigida. O poka-yoke de advertência permite que o processo que está gerando o defeito continue, caso os trabalhadores não atendam ao aviso”. (SHINGO, 1996, p. 55)

O poka-yoke de controle, geralmente, é mais eficiente, porém o poka-yoke de advertência é mais ideal para o processo produtivo, pois permite menos interrupções do fluxo do processo. Sua escolha irá depender da rigorosidade da

inspeção, ou seja, o impacto que a peça com defeito irá causar na imagem da organização.

Considerando a forma como o poka-yoke irá identificar os defeitos, pode-se distinguir três tipos de métodos detecção:

- Método de Contato: irá avaliar de acordo com a forma padronizada do produto desvios que possam ocorrer, sejam eles dimensionais, visuais, organolépticos e etc.

- Método de Conjunto: verifica se o produto passou por todas as atividades previstas.

- Método das Etapas: irá verificar se somente as atividades pré-estabelecidas fizeram parte do processo produtivo do produto.

Conforme Shigeo Shingo, para se fazer a escolha ideal do método poka-yoke, é necessário avaliar a necessidade real de controle de qualidade que o processo requer, identificando assim o sistema de inspeção que mais se identifique com o mesmo. Depois, avalia-se a regulação do poka-yoke, controle ou advertência, que deve ser baseado na frequência com que o defeito ocorre e a complexidade para resolução do problema. Por último, define-se método poka-yoke (contato, conjunto ou etapa).

São definidas algumas características importantes que devem ser consideradas quando de sua implementação:

- Dispositivos simples e baratos;
- Procedimentos simples e rápidos;
- Evita complicações para os operadores;
- Baixo custo de implementação;
- Grande impacto na qualidade;
- Criatividade;
- Foco na eliminação das causas dos defeitos ou erros.

A filosofia poka-yoke é um conceito que está fortemente ligado à qualidade total, pode-se considerar como base para a mesma. Todas as organizações possuem e produzem defeitos, porém o desenvolvimento desta filosofia em todas as pessoas de uma organização é um fator fundamental para a busca pela qualidade total dos produtos.

Os benefícios atrelados a este estudo, advindos destas ferramentas são perceptíveis quando se relaciona a geração de valor agregado em modo de desperdício, pela adição de materiais ou matérias primas em quantias maiores do que a real necessidade ou projeção otimizada ou pelo acúmulo de falhas e problemas de qualidade (defeitos) acumulados ao longo do processo, em forma de valor agregado ou em forma de estoques e inventário.

## 1.2 Seis Sigma

Além do Lean Manufacturing, assemelha-se nos pontos de atuação e objetivos finais, a metodologia Seis Sigma.

É possível definir o Seis Sigma como uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, que tem como objetivo aumentar drasticamente a lucratividade das empresas, por meio da melhoria da qualidade de produtos e processos e do aumento da satisfação de clientes e consumidores. (WERKEMA, 2004)

O programa nasceu na Motorola, em 1987, e foi celebrado pela GE, a partir da divulgação, feita com destaque pelo CEO Jack Welch, dos expressivos resultados financeiros obtidos pela empresa através da implantação da metodologia (por exemplo, ganhos de 1,5 bilhão de dólares em 1999).

Já há alguns anos, as empresas cujas unidades de negócio no exterior estavam adotando esse programa o conhecem e aplicam no Brasil. A pioneira na implantação do programa Seis Sigma com tecnologia nacional foi o Grupo Brasmotor (Multibrás e Embraco), que, obteve retorno expressivo, a partir dos primeiros projetos Seis Sigma concluídos. Várias outras empresas atualmente no país estão implementando a estratégia e obtendo resultados financeiros que superam as expectativas.

A base das ações de um programa Seis Sigma está nos processos, como projetos de produtos e serviços, medidas de desempenho e, especialmente, a melhora da satisfação do cliente. O programa Seis Sigma engloba ferramentas e práticas que substituem hábitos reativos por um estilo de gerenciamento dinâmico, receptivo e proativo. Ser proativo significa agir antes dos eventos. No Seis Sigma os métodos utilizados para criar, monitorar e melhorar o sistema de negócios são: O

gerenciamento do processo; A melhoria do processo; e, por fim, O projeto/reprojeto do processo (PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2001).

Para bases de tomada de decisão quanto ao melhoramento do processo, Buss e Ivey (2001), destacam o valor da simulação como ferramenta essencial do Seis Sigma. A simulação permite incorporar testes complexos e regras operacionais para identificar as interações entre os sistemas e os efeitos da variabilidade do processo. Com a utilização da simulação pode-se identificar opções de oportunidade de melhoria, determinar os impactos financeiros e provar a melhor opção de projeto que vise atender todas as expectativas do cliente com um mínimo de capital.

A variabilidade é uma medida do grau de dispersão dos resultados dos processos em torno do valor médio. As empresas buscam reduzir continuamente a variabilidade, eliminá-la é impossível. As formas mais comuns de expressar a variabilidade são as medidas estatísticas da amplitude, da variância e do desvio-padrão. O uso de técnicas estatísticas pode ajudar no entendimento da variabilidade e, desta forma, auxiliar as organizações a resolverem os problemas de melhoria na eficácia e eficiência (MARANHÃO, 2001).

De acordo com Palmer (1974), o controle e redução da variabilidade dos processos são uma fonte de economia. No entanto e, de um modo geral, é mais oneroso obter processos com alta precisão e, então não se justifica economicamente trabalhar com tolerâncias que sejam muito grandes em relação à variabilidade do processo.

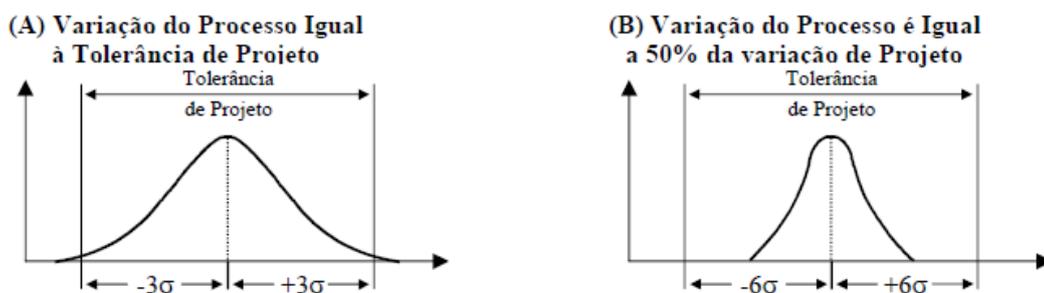
Para Pande, Neuman e Cavanagh (2001), a variação ajuda a gerência a entender o desempenho real da organização e seus processos. Muitas organizações medem e descrevem seus esforços em termos de médias, mas as médias como, por exemplo, custo médio e tempo de ciclo médio, escondem problemas, ocultando a variação. No Seis Sigma o objetivo é estreitar ou reduzir a variação até que os seis desvios-padrão ( $6\sigma$ ) possam ser comprimidos dentro dos limites de especificações do cliente. As medidas Seis Sigma não são estáticas, é necessário ter a consciência de modificar quando as necessidades dos clientes mudam.

Dellaretti Filho e Drumond (1994) enfatizam que a distribuição normal possui similaridade aparente a um gráfico em forma de sino e representa uma distribuição de probabilidades, conforme a Figura 3.

A distribuição normal é frequentemente, adequada para descrever características de qualidade cuja variação é a soma de um grande número de

pequenos erros independentes, devido a diferentes causas, tais como os fatores de manufatura. A distribuição normal tem dois parâmetros: O centro da distribuição (média), representado pela letra grega  $\mu$ ; e, a dispersão da distribuição (desvio padrão), representada pela letra grega  $\sigma$ . Cada desvio padrão ( $\sigma$ ) representa uma área debaixo da curva da distribuição normal, sendo capaz de obter as áreas associadas a cada intervalo como uma proporção da área total sob a curva.

**Figura 3 - Distribuição em Desvio Padrão (Nível Sigma)**



Fonte: Davis; Aquilano; Chase, 2001, p. 202.

A ideia das curvas da distribuição normal é ilustrar a probabilidade de aceitação de lotes com variação da porcentagem de defeituosos. Na Figura 3 estão expostos dois modelos de curvas de distribuição normal. A curva (A) representa o nível  $3\sigma$ , com variação do processo igual à tolerância de projeto. Já na curva (B) a variação do processo é igual a 50% da variação de projeto e representa o nível  $6\sigma$  (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001).

O programa Seis Sigma segue o chamado Mapa de Raciocínio, onde as etapas do fluxo de atividades são definidas, visando orientar para que todas as etapas necessárias sejam cumpridas. O Mapa de Raciocínio é composto pelas etapas do DMAIC, descrito a seguir.

### 1.2.1 O que é o DMAIC?

Consiste em dividir as etapas de avaliação e interpretação de um dado problema, a fim de encontrar soluções utilizando-se de base e ferramentas estatísticas.

## As fases do DMAIC

### D → Define (Em português, *Definir*)

Consiste em definir o problema, passando pela avaliação de condições iniciais para comprovação de que trata-se realmente de um problema impactante aos resultados de interesse dos solicitantes ou *Champions*, como são chamados os incentivadores ou requisitantes de um projeto, dando base sólida para a tomada de decisão sobre a realização de um projeto importante.

Nesta etapa faz-se também, após a decisão de dar sequência ao projeto, a definição de metas e objetivos para o projeto.

Na definição da meta, deve-se estipular 3 variáveis básicas:

- 1) **O que deve ser feito** → Definição específica de ação de melhoria a ser executada. Exemplo: **Reduzir o consumo** de água da operação de tamboreamento.
- 2) **Quanto deve ser feito** → Definição quantitativa do impacto esperado após a realização do projeto. Exemplo: Reduzir **em 50%** o consumo de água da operação de tamboreamento.
- 3) Até **quando** deve ser feito → Definição de prazo para conclusão do projeto, considerando etapas de controle e sustentabilidade de resultados. Exemplo: Reduzir em 50% o consumo de água da operação de tamboreamento **até Novembro de 2015**.

Definido claramente o problema, tomada a decisão de realização do projeto e determinada a meta a ser alcançada, pode-se iniciar a próxima etapa do DMAIC, chamada de *Measure*.

### M → Measure (Em português, *Medir*)

Consiste em medir os fatores relacionados ao problema, estratificando o mesmo para identificar oportunidades e áreas de atuação para alcance da meta determinada no Define.

Nesta etapa, deve-se buscar a divisão da meta do projeto em áreas menores de atuação, estabelecendo metas específicas para cada área, onde na somatória dos resultados tenha-se o alcance global da meta do projeto.

Cada área de atuação definida deve ser explorada oferecendo base sólida de valores para serem atacados.

A apresentação de objetivos sem avaliação de histórico real ou baseado apenas em projeções não é segura para estabelecimento de metas específicas.

Com base sólida pode-se estabelecer as metas específicas.

Exemplo:

**Meta Global (Define) → Reduzir em 50% o consumo de água da operação de tamboreamento.**

**Metas específicas:**

- 1) Reduzir em 70% o consumo de água durante a alimentação dos insumos para o processo de tamboreamento até 20/07/2015;
- 2) Reduzir em 30% o consumo de água durante a lavagem final das peças antes de serem descarregadas da operação de tamboreamento até 27/07/2015;
- 3) Reduzir em 25% o descarte de água no descarregamento das peças no processo de tamboreamento até 12/08/2015.

Caso a composição da somatória de valores das metas específicas não alcançarem o valor absoluto da meta global, deve-se expandir para mais áreas de atuação ou aumentar o potencial de melhoria de cada meta específica.

Caso a composição atinja o valor estabelecido na meta global, pode-se aprovar a sequência do projeto, partindo para a etapa **Analyze**.

**A → Analyze (em português, Analisar)**

Consiste em analisar os dados vindos das etapas anteriores (base sólida) afim de estabelecer atividades visando a **determinação das causas** relacionadas à geração do problema, em cada área de atuação especificada e definida no *Measure*, para embasar os experimentos direcionando para o esclarecimento das relações com os efeitos apresentados como problemas motivadores da realização do projeto.

Nesta etapa são realizados os experimentos e avaliadas hipóteses (por exemplo, por testes de hipóteses) para solução de cada causa de problema.

Os resultados das observações e experimentos são analisados com ferramentas estatísticas de modo a solidificar, desta vez, a base para

estabelecimento de um plano de ação consistente e para priorização das ações de melhoria.

De posse de todo o embasamento sobre causas prioritárias, pode-se avançar à elaboração de um plano de ação para melhorias, pela etapa **Improve**.

### **I → Improve (Em português, Melhorar)**

Consiste em avaliar os resultados provenientes da fase *Analyze*, afim de estabelecer o plano de melhoria, pautado em métodos de priorização avaliando impactos e dificuldade de implementação, onde ações de alto impacto e baixa dificuldade são a primeira prioridade para execução.

As ações são definidas com base nos resultados, porém é aberta a realização de Brainstorming (Momento em que a equipe envolvida apresenta possíveis ideias para solução da questão), onde pessoas envolvidas na equipe, munidas dos dados, podem sugerir ações, pois nem sempre as atividades são facilmente determinadas simplesmente avaliando os dados estatísticos.

Nesta etapa, pode-se ainda reavaliar e revalidar experimentos realizados, criando ou melhorando os métodos utilizados no *Analyze*.

Após o levantamento das possíveis ações de melhorias e sua priorização, o plano de ação é elaborado nos mesmos moldes da definição das metas, ou seja, determinando quantitativamente os impactos de cada ação, prazos e adicionando-se os responsáveis (de preferência com nomes de pessoas físicas e não de áreas de atuação ou setores).

Exemplo:

- Instalação de válvula direcional com controle de vazão automatizada.
  - Responsável: João de Souza – Área de Engenharia
    - Prazo: 18/07/2015

Não se deve avançar à próxima etapa sem que todas as ações do plano de melhorias tenham sido completamente implementadas.

Esta fase normalmente remete a um longo período e representa boa parte do tempo do cronograma geral do projeto em função da interdependência das ações.

Após todas as melhorias concluídas, pode-se visar o estabelecimento de indicadores para monitorar os resultados do projeto, ou seja, sua sustentabilidade e isto é feito na etapa seguinte, ou seja, o **Control**.

### **C → Control (Em português, Controlar)**

Consiste em estabelecer métodos de monitoramento e controle para que as ações implementadas sejam verificadas periodicamente, visando agir rapidamente caso algo esteja retrocedendo no que foi definido no projeto.

O monitoramento normalmente não é realizado controlando cada uma das ações implantadas e sim de maneira mais ampla utilizando-se de indicadores que refletem os resultados dos processos trabalhados no projeto, com metas claras que, se atingidas, remetem ao cumprimento da meta global do projeto, garantindo assim a sustentabilidade.

Exemplo:

**Indicador → Consumo de água do setor de tamboreamento em Litros / dia**

- Exposição à liderança do segmento semanalmente
- Análise de desvio padrão do consumo mensalmente para definição de novas ações ou, em caso de sustentabilidade atingida, eliminação do controle.

Realiza-se, também nesta etapa, uma apresentação dos resultados do período de avaliação de sustentabilidade, projetando os resultados do período contra a meta global do projeto visando comprovação estatística dos resultados.

Em caso de retrocesso dos resultados, deve-se retornar à etapa Improve para avaliar as ações definidas.

No caso de não possibilidade de definição de novas ações, deve-se retornar ao Analyze e avaliar as causas e outras prováveis influências ou até mesmo partir para atuação nas causas não priorizadas no primeiro momento.

A reavaliação das metas específicas, retornando ao Measure praticamente remete à reinicialização do projeto, inclusive redefinindo o problema.

### **1.3 Lean x Seis Sigma**

Embora a metodologia Seis Sigma tenha o contexto apresentado, trata-se também de uma metodologia que oferece sistemática estruturada para gestão de atividades e organização de dados.

O Lean Manufacturing, por sua vez, é uma iniciativa que busca eliminar desperdícios, isto é, excluir o que não tem valor para o cliente e imprimir velocidade à empresa. Como o Lean pode ser aplicado em todo tipo de trabalho, uma denominação mais apropriada é Lean Operations ou Lean Enterprise.

As origens do Lean Manufacturing remontam ao sistema Toyota de Produção e em seu foco é constatada a redução dos sete tipos de desperdícios: produtos defeituosos, produção excessiva de mercadorias (ponto de vista de demanda), espera para processamento ou consumo, processamento desnecessário, movimentação desnecessária (de pessoas e materiais), transporte desnecessário (de mercadorias) e espera (dos funcionários pelo equipamento ou por uma atividade anterior).

O programa resultante da integração entre o Seis Sigma e o Lean Manufacturing, é denominado Lean Seis Sigma, uma estratégia mais abrangente e eficaz onde cada uma das partes, individualmente, é adequada para a solução de todos os tipos de problemas relacionados à melhoria de processos e produtos e redução de desperdícios.

O Lean Institute Brasil (LIB) atua no Brasil seguindo o exemplo do instituto norte-americano, o Lean Enterprise Institute (LEI), fundado em 1997 por James Womack, aplicando de forma orientativa, os 5 Princípios do Lean Thinking (Mentalidade Enxuta):

**Valor**, onde se inicia o conceito de Mentalidade Enxuta e que consiste em definir o que realmente agrega positivamente do ponto de vista do cliente. É sempre o cliente quem define o conceito de valor.

**Fluxo de Valor**, que consiste em identificar o caminho percorrido pelo valor agregado. Significa dissecar a cadeia produtiva e separar os processos em três tipos: aqueles que efetivamente geram valor; aqueles que não geram valor, mas são importantes para a manutenção dos processos e da qualidade; e, por fim, aqueles que não agregam valor, devendo ser eliminados imediatamente. Neste tópico, faz-se necessária a interpretação da cadeia completa.

**Fluxo Contínuo**, onde pretende-se dar "fluidez" para os processos e atividades que permanecem após a análise de valor agregado. O efeito imediato da criação de fluxos contínuos pode ser sentido na redução dos tempos de atravessamento na cadeia (Lead time).

**Produção Puxada**, que permite inverter o fluxo produtivo: as empresas não mais empurram os produtos para o consumidor (livrando-se dos estoques) através de descontos e promoções. O consumidor passa a Puxar o Fluxo de Valor, reduzindo a necessidade de estoques e expondo o real valor do produto. Os sistemas puxados podem ainda ser implementados sempre que não se aplica o Fluxo contínuo por alguma restrição do sistema.

**Perfeição**, que representa a busca pelo aperfeiçoamento contínuo em direção a um estado ideal deve orientar todos os esforços da empresa em processos, em que todos os membros da cadeia (montadores, fabricantes de diversos níveis, distribuidores e revendedores) tenham conhecimento nivelado do processo e do fluxo de valor, visando à boa comunicação para buscar continuamente melhores formas de se agregar valor dentro da cadeia.

Embora o termo Perfeição seja utilizado na bibliografia, os conhecedores do Lean falam muito em Cultura ao invés do termo citado, pois traz a sensação de melhoria contínua e não de estagnação, por entendimento de que os melhores resultados possíveis foram alcançados e nada mais pode ser melhorado (sensação de perfeição).

O Seis Sigma é uma metodologia abrangente que prescreve uma estrutura organizacional matricial para a condução de projetos, uma abordagem para se modelarem os processos de negócio para a definição de projetos de melhoria, fases de estruturação de projetos e uma sequência estruturada de um conjunto de ferramentas analíticas e organizacionais.

A ferramenta Seis Sigma, que concentra esforços na redução da variabilidade e no monitoramento dos resultados de um processo. Pode ser visto como um aprofundamento do tradicional Controle Estatístico de Processos (CEP) recorde-se que a faixa de tolerância especificada para o CEP tradicional contém apenas seis desvios-padrão da distribuição. Desse modo, os processos que adotam o controle Seis Sigma têm variabilidade tão pequena, ou seja, desvios-padrão ( $\sigma$ ) tão pequenos, que praticamente não produzem resultados fora dos limites especificados.

Mas o Seis Sigma evoluiu para além do âmbito do CEP tradicional, especialmente porque adota uma abordagem que transcende o simples estabelecimento de componentes técnicos de controle estatístico. Na verdade, a ferramenta Seis Sigma atribui forte ênfase a componentes comportamentais de

engajamento e de motivação das pessoas para o grande esforço de redução de variabilidade.

A aplicação da ferramenta Seis Sigma tem natureza de otimização e seus resultados surgem de modo gradativo. A esse respeito, Breyfogle III (2003) chama a atenção para o fato de que, em razão do enorme esforço eventualmente necessário para evoluir de um “nível sigma” para outro num determinado processo, nem todos os processos da empresa aprimorados pela ferramenta terão que alcançar necessariamente o nível Seis Sigma. Mais ainda: nem todo processo requer, necessariamente, um “desempenho 6 $\sigma$ ”. O que contaria como mais relevante seria o esforço permanentemente voltado para a redução da variabilidade dos processos.

Mas todos os métodos levam à quantificação de resultados e visam a manutenção dos mesmos, portanto deve haver moldes pautados em métodos para seguir acompanhando os resultados contra o retrocesso e, conforme a base de informações tanto do Lean e do Seis Sigma, faz-se necessária a implantação de Indicadores, que podem ser desdobrados em diversos níveis.

#### **1.4 Indicadores**

Com os métodos de apresentação de indicadores nos vários níveis, informação, comunicação, coleta de problemáticas e soluções, bem definidos e estruturados, apresenta-se uma situação embasada para divisão de responsabilidades entre os envolvidos na empresa, de modo a permitir que se inicie um processo de investigação de desperdícios ao longo da cadeia de produção, visando identificar oportunidades de ações pontuais para impactar positivamente os indicadores ambientais e produtivos da empresa.

Comumente verifica-se a falta de assimilação dos envolvidos quanto aos indicadores.

A rejeição de qualquer tipo de quantificação por pesquisadores de diversas áreas do conhecimento é algo bastante comum. Há, sem dúvida, múltiplas razões de peso para tal atitude, mas várias delas carecem de fundamento e não resistem a uma análise aprofundada, enquanto que outras resultam de algum mal entendido, que acabou se perpetuando mesmo sem ter qualquer sustentação lógica ou factual. A parte inicial deste texto é dedicada a quebrar o falso paradigma de que a quantificação é inútil ou mesmo ruim, e que deve ser evitada. Pelo contrário: a realidade das áreas científicas mais antigas e consolidadas demonstra inequivocamente que se trata de um recurso rico e poderoso para qualquer ramo do conhecimento – embora não necessariamente para todos os fenômenos e processos dessa área – e

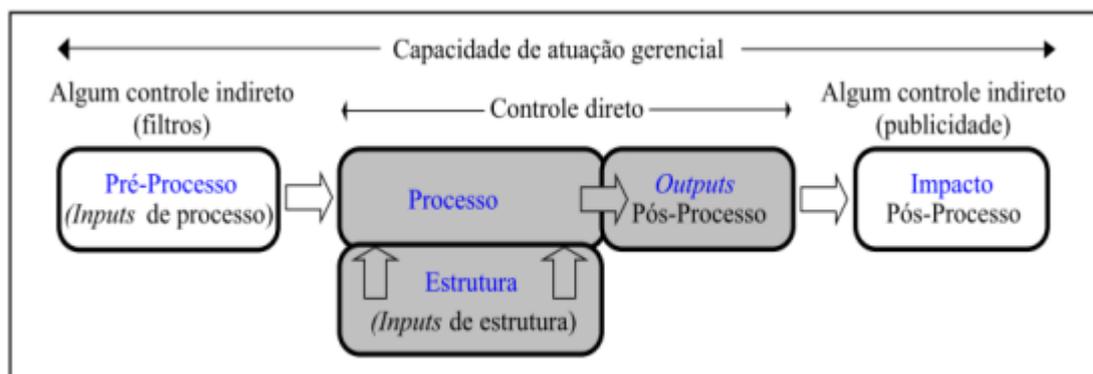
desde que – é indispensável – se leve em conta a natureza dos fenômenos e processos respectivamente envolvidos. É um erro fatal, e uma das grandes causas da rejeição à quantificação, a simples e ingênua transposição da maneira de quantificar e de lidar com os valores de uma área para outra – especialmente das chamadas “duras” para as humanas e sociais. (NAVUS - Revista de Gestão e Tecnologia. Florianópolis, 2014, p. 05-18).

À medida que os objetivos e os resultados são extrapolados aos níveis menores, até chegar ao nível operacional, percebe-se a necessidade de traduzir as linguagens à forma mais adequada para cada nível, visando coletar soluções para cada tópico e finalmente obter planos de ação que sejam representativos em cada um destes níveis e que os resultados possam, então, ser direcionados e devolvidos de forma a impactar os indicadores principais e globais.

O mapeamento das variáveis envolvidas nos processos e os próprios processos na cadeia à qual fazem parte são de suma importância para o entendimento e perfeita verificação dos desperdícios e definição de indicadores representativos da realidade.

Para Trzesniak (2014, p.13), a apresentação de indicadores é aliada imprescindível para a construção do conhecimento, visando evoluir o sistema no sentido correto, referência feita à estratégia da empresa. O autor cita a necessidade de inibir fatores desfavoráveis e promover os favoráveis, indicando o mapeamento de processos como ferramenta primordial na fase de definição de indicadores de interesse, conforme a figura 4.

**Figura 4 - Etapas de um fenômeno passíveis de caracterização mediante indicadores**



Fonte: Trzesniak, 2014, p. 5-18.

## 1.5 Análise de Modos e Efeitos de Falhas – FMEA

Dentro dos processos de produção observam-se diversas possibilidades de falhas e, em muitas ocasiões, a gravidade no caso de uma ocorrência pode trazer sérios danos à organização.

Visando mapear as possíveis falhas nos processos e propor ações de prevenção, com grande frequência, as organizações se utilizam da ferramenta FMEA (Failure Mode and Effects Analysis ou, em português, Análise de Modos e Efeitos de Falhas) de processo ou P-FMEA.

Para Palady (2004), dentre diversas ferramentas, o FMEA é apresentado como um instrumento de grande valia por sua amplitude de aplicação, visando mapear e analisar possíveis falhas em um determinado processo, identificando as ações que possam reduzir ou eliminar as ocorrências das mesmas, traçando planos de ação que determinam as providências a serem tomadas preventivamente.

Assim esta ferramenta, se bem promovida a aplicação, pode trazer significativas melhoras nos segmentos empresariais.

O FMEA de Processo, que foi a proposta de estudo, é utilizado para avaliar as falhas em processos antes da sua liberação para produção. Enfoca as falhas do processo em relação ao cumprimento dos seus objetivos pré-definidos e está diretamente ligado à capacidade do processo em cumprir esses objetivos. O FMEA de processo define necessidades de alterações no processo, estabelece prioridades para as ações de melhoria, auxilia na execução do plano de controle do processo e na análise dos processos de manufatura.

O FMEA sempre deve ser elaborado por uma equipe multifuncional, sendo necessário o levantamento das possibilidades de problemas e falhas com base na experiência dos integrantes bem como ocorrências anteriores.

O FMEA é descrito em uma tabela, conforme exemplo da Tabela 1 e, ainda conforme Palady, cada componente do modelo deve ser preenchido pela equipe, em sequência.

**1- Processo de análise:** Deve-se identificar a etapa de processo e do produto em questão. O Produto ou processo de análise é usado para mostrar como as partes diferentes dos sistemas se interagem. A maneira recomendada para analisar o sistema é dividi-lo em subsistemas, subconjuntos ou unidades menores.

É importante o preenchimento do nome e número do item a ser analisado. Incluindo informações considerando o ambiente no qual o sistema opera. Se o item tem mais de uma função com diferentes modos de falhas potenciais, todas as funções devem ser descritas separadamente. Uma lista com a descrição das funções do equipamento é preparada antes de se examinar as modalidades de falhas potenciais de cada uma daquelas funções.

**2- Modo de Falha:** O modo de falha potencial é definido como a maneira pela qual um componente, subsistema ou sistema potencialmente falharia ao executar sua ação. Posto no lugar do usuário do componente simplesmente perguntando: O que pode falhar?

**3- Efeitos de Falha:** Os efeitos devem sempre ser definidos em termos de um sistema, subsistema ou componente específico que está sendo analisado.

A pergunta, neste caso, pode ser sempre sobre qual o efeito um modo de falha pode causar. O objetivo é prever os efeitos da falha ao nível de conhecimento da equipe.

É importante sempre a verificação da possibilidade de um determinado efeito afetar a segurança na aplicação do cliente.

**4- Severidade:** Trata-se da avaliação da gravidade do efeito do modo de falha, caso ocorra, para o próximo componente, sistema ou processo cliente.

A severidade é avaliada sempre em relação ao efeito e a redução no índice de severidade pode ser alcançada apenas através de alteração do projeto.

**5- Causas:** Trata da indicação da deficiência de projeto ou de planejamento de processo, com a consequência relacionada ao modo de falha. As causas devem ser indicadas com o maior detalhe possível para possibilitar a definição de ações preventivas.

**6- Ocorrência:** Definida pela probabilidade de uma determinada causa ocorrer. Para definição segura do índice de ocorrência deve-se observar o histórico, índices estatísticos e a relação das causas com processos anteriores.

**7- Detecção:** Trata da possibilidade de detecção da falha no caso de ocorrência no processo em questão ou em outros, antes da entrega ao cliente definido.

Cada um dos itens Ocorrência, Severidade e Detecção é pontuado de acordo com critérios pré-definidos que variam de empresa para empresa.

Para Ocorrência, quanto maior o índice, maior o risco de a falha ocorrer;

Para Severidade, quanto maior o índice, maior a gravidade no caso de a falha ocorrer;

Para Detecção, quanto maior o índice, maior o risco de não detecção antes do cliente, no caso de a falha ocorrer;

**8- NPR (Número de prioridade de Risco):** É o risco envolvido no processo em questão, relacionado à causa em estudo ou discussão e que norteia a priorização de atuação para solução de causas de falha. Este índice é calculado multiplicando-se os índices de Ocorrência, Severidade e Detecção e, quanto maior o número, maior o risco.

Imediatamente após chegar-se ao resultado do risco atual no processo, pode-se definir ações de contenção ou de solução definitiva das causas de falha visando melhorar o processo e, após esta definição, pode-se refletir novamente sobre Ocorrência e Detecção e recalcular o NPR. Devem ser priorizadas para tratativa as causas com maior NPR.

## **1.6 Matriz GUT**

A matriz GUT é formada pela análise dos seguintes critérios: Gravidade, Urgência e Tendência de cada um dos problemas existentes, a fim de identificar qual dos problemas ou Indicadores tem maior prioridade e que, portanto, será analisado e solucionado primeiro (PEREIRA, 2014).

Essa ferramenta assume que uma lista grande de problemas foi encontrada ou uma lista de indicadores deve ser trabalhada e que os recursos para resolver estas questões são limitados. Desta forma, é necessário focar na questão mais relevante no momento, do ponto de vista de resultados.

Nesta perspectiva, Pereira (2014) define os três pontos de análise:

- Gravidade – refere-se ao impacto do problema sobre as situações, resultados, coisas, pessoas ou organização. É a força, intensidade ou importância do problema ocorrido ou do assunto em questão;
- Urgência – é a relação com o tempo disponível para que o problema seja solucionado ou assunto tratado e resolvido;
- Tendência – é a proporção que o problema poderá alcançar no futuro ou a direção à qual o assunto toma proporções.

Na matriz GUT, os problemas ou assuntos são listados em linhas em uma mesma coluna e ao lado uma coluna para cada um dos três parâmetros. A seguir, uma coluna é adicionada para inserir a somatória ou a multiplicação das notas que serão dadas, de 1 a 5, para cada um dos parâmetros de acordo com o assunto, representando 1 a gravidade menor e 5, a maior, por exemplo.

**Figura 5 – Exemplo de Matriz GUT**

Problemas	G	U	T	GUT
	Gravidade	Urgência	Tendência	
Rever contrato de locação de equipamento	3	3	1	9
Treinar novo operador no sistema	4	4	2	32
Ampliar rede com mais 2 equipamentos	2	2	4	16
Fazer backup completo do banco de dados	5	5	3	75

Fonte: Pereira, 2014

## **CAPÍTULO 2 – MÉTODO DE PESQUISA**

O presente trabalho tem natureza qualitativa visando estabelecer, conceituar, desenvolver e tratar os impactos das variáveis em questão de modo a demonstrar os efeitos financeiros de cada tópico, contribuindo com o resultado da empresa com procedimento acadêmico empresarial.

### **2.1 Natureza Qualitativa**

A pesquisa com natureza qualitativa busca uma compreensão singular do que se estuda; não se atenta às generalizações de populações, princípios ou regras / leis. O foco principal é direcionado ao específico, no peculiar, visando o entendimento e a explicação dos fenômenos estudados.

No entanto, os achados podem ser utilizados para compreender outros fenômenos que tenham relação com o fato ou situação estudada. Para que isso possa ser aplicado, o pesquisador precisa, com os dados coletados, alcançar um nível conceitual, que é de onde virá possibilidade do aproveitamento da compreensão obtida no estudo específico.

Os métodos qualitativos oferecem a produção de exemplificações contextuais para um número de casos restrito, com ênfase em significados do fenômeno. As técnicas qualitativas proporcionam uma oportunidade para que as pessoas revelem seus sentimentos e o modo como falam das próprias vidas é importante; a linguagem usada e as conexões realizadas revelam o mundo como é percebido por elas (SPENCER, 1993).

A pesquisa qualitativa pode ser utilizada em situações em que variáveis relevantes e/ou seus efeitos não são aparentes ou quando o número de sujeitos e/ou dados obtidos não são suficientes para análise estatística. Os sujeitos podem variar em número, de um indivíduo até grandes grupos, e o foco do estudo pode variar de uma ação única de uma pessoa ou pequeno grupo para a função de uma complexa instituição ou aglomeração. Os métodos de investigação incluem entrevistas (estruturadas, semi-estruturadas e abertas), observação (externa ou participante) e análise de material escrito proveniente de pesquisas. Exemplos comuns da abordagem qualitativa de pesquisa são os estudos sobre culturas, os

estudos sociológicos de instituições e os estudos psicológicos e comportamentais (SPENCER, 1993).

A metodologia de pesquisa tem finalidade exploratória com a obtenção de informações por levantamento de dados.

## **2.2 Finalidade Exploratória**

Gil (1996) ao analisar a relação dos tipos de pesquisa com base nos objetivos destaca a existência de diversos moldes de finalidades de pesquisas, entre elas as pesquisas exploratórias, cujo objetivo é proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou construir hipóteses.

Verifica-se pelos estudos observados que a finalidade exploratória está comumente presente nas dissertações. Com isso, não se afirma que a exploração/compreensão não apresente importância para as pesquisas.

A pesquisa exploratória é fundamentalmente compreensiva e destina-se ao estudo e análise dos fenômenos conhecidos em meios restritos e/ou como fase preliminar ou mesmo em etapa anterior a um processo de pesquisa mais intenso e de aprofundamento crítico ou analítico. Essa modalidade, inclusive, é mais aceitável na iniciação científica ou, até mesmo, no nível *lato sensu*, em que o iniciante desenvolve os primeiros passos da experiência investigativa no meio acadêmico, aprendendo a reconhecer problemáticas em um contexto generalizado. No nível *stricto sensu* (mestrados, doutorados, etc), a perspectiva de formar pesquisadores exige que se aprofundem as intenções e desenvolvimento de inovações, indo além da simples apreensão, distinção e compreensão de realidades abordadas e teorizações apresentadas e disponibilizadas.

## **2.3 Ferramentas de trabalho**

Utiliza-se ainda metodologia específica para interpretação de processo por meio da ferramenta Lean chamada de Mapeamento de Fluxo de valor (VSM – Value Stream Mapping).

Para Ferro (2003), muitas empresas no Brasil estavam acostumadas ao conceito de melhoria contínua (Kaizen), mas, via de regra, não focalizavam essas melhorias de forma sistêmica.

O mapeamento de fluxo de valor vem para dar o enfoque que faltava que, para o autor, é o fato de ser uma ferramenta capaz de olhar para os processos de agregação de valor horizontalmente. Isso significa romper com a perspectiva tradicional de examinar departamentos ou funções e enfatizar as atividades, ações e suas conexões, no sentido de criar valor e fazê-lo fluir na cadeia inteira.

Nas empresas, costuma-se frequentemente avaliar os processos individualmente à procura de melhorias que tragam bons resultados para a empresa.

Para Ferro (2003), os mapas de processo, geralmente, focalizam processos individuais e não fluxos de materiais e informações relacionadas a famílias de produtos. A visão de estado futuro é gerada e definida, muitas vezes, por perspectivas óbvias de melhorias a serem executadas, sem levar em conta os princípios Lean, capazes de gerar fluxos de valor cada vez mais enxutos.

Com base nos critérios e conceitos do método de mapeamento de fluxo de valor, este estudo visa identificar os desperdícios ou resíduos gerados nos processos a fim de visualizar, em um segundo momento, o potencial reaproveitamento e consequente redução dos custos de produção e concomitantemente reduzir os impactos ambientais, bem como os custos de tratamento de resíduos para a empresa.

A avaliação do potencial de reutilização dar-se-á por meio de experimentos na produção à procura de comprovação técnica de manutenção dos resultados obtidos com os produtos atualmente utilizados (sem a reutilização), porém utilizando de recursos descartados.

A coleta de dados foi realizada por meio de formulários específicos para cada objetivo, conforme segue:

### **1) Produção de componentes, pela reutilização de recursos descartados**

➤ Aplicação de formulário de controle de custos diretos, realizado pela área de gestão técnico administrativa do segmento de produção (formulário oficial da empresa, já existente).

## **2) Redução do índice de geração de resíduos no segmento de produção de componentes;**

➤ Aplicação de formulário específico para coleta de resíduos ou recursos descartáveis nas áreas mapeadas como críticas, elaborado e controlado pela área de Lean do segmento de produção (aplicação de formulário PCS – Problema Causa Solução, já utilizado para outros fins na empresa).

## **3) Redução de custos de tratamento de resíduos (nível planta);**

➤ Acompanhamento de relatório oficial de controle tratamento de resíduos na planta, gerado e monitorado pela área de Segurança e Meio ambiente da planta (relatório oficial da empresa, já existente).

## **4) Implantar sistema de mapeamento de desperdícios;**

➤ Elaboração de formulário nos moldes do método de mapeamento de fluxo de valor, realizado pela área de Lean do segmento de produção (Anexo 1).

## **5) Implantar sistema de controle de geração de resíduos, vinculado aos indicadores oficiais da empresa.**

➤ Estabelecer vínculo entre os dados de coleta do formulário nos moldes do método de mapeamento de fluxo de valor com os indicadores oficiais da empresa (custos de produção e tratamento de resíduos).

A identificação dos desperdícios nos processos pelo VSM oferece a possibilidade de aplicação de experimentos para buscar a melhoria de atividades específicas na produção, onde a aplicação de experimentos pode trazer a resposta para planejar ações visando a redução dos custos e impactos positivos nos indicadores ambientais.

A elaboração do formulário VSM adaptado para identificação de potenciais gerações de resíduos e, conseqüentemente, desperdícios e custos para a empresa, foi desenvolvido com base no formulário comum já utilizado e consolidado nas bases do LEAN, onde o principal foco está nas macro perdas (Estoques, Tempos de Processo, Excesso de Interfaces, etc), porém adaptando a parte inferior para o apontamento dos resíduos gerados e que podem ser facilmente observados em

cada processo, conforme demonstra o Anexo 1 (formulário vazio para preenchimento) e a Figura 7 (Exemplo da aplicação prática).

Após o mapeamento, pode-se priorizar a atuação e direcionar os estudos, as ações e os experimentos para os processos que mais geram resíduos e/ou potenciais de redução de custos.

Os experimentos são conduzidos seguindo a metodologia DMAIC, base metodológica do Six Sigma, onde passa-se por todas as etapas de interpretação e solução de problemas, historicamente com excepcional sustentabilidade de resultados.

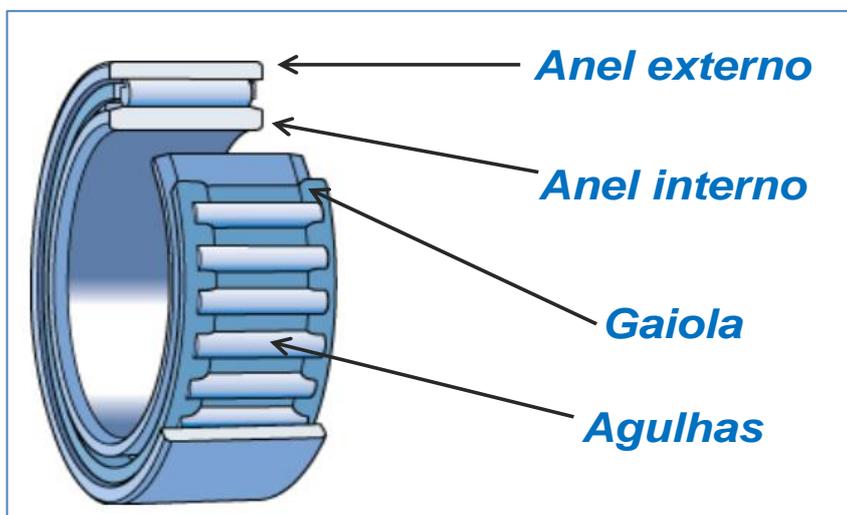
## 2.4 Descrição do objeto de estudo

O presente estudo concentrou-se numa empresa fabricante de autopeças na região de Sorocaba, e foi desenvolvido na área de produção de rolamentos, mais especificamente no segmento de fabricação dos chamados corpos rolantes.

Os principais produtos fabricados neste segmento são as agulhas para rolamentos, que são consideradas como um dos componentes, juntamente com o anel interno, o anel externo e a gaiola.

A figura 6 mostra uma representação esquemática de um rolamento para melhor entendimento do produto e dos componentes.

**Figura 6 – Rolamento de Agulhas**



Fonte: Elaborado pelo autor

As agulhas para rolamentos são fabricadas conforme roteiro de produção elaborado e definido pelos analistas de processos e seguem o fluxo abaixo:

- 1) Corte – Consiste em cortar a matéria-prima (arame trefilado) em partes menores de acordo com o comprimento determinado, utilizando-se de ferramental apropriado e o equipamento denominado Cortadeira. As peças saem deste processo com sobremetal (material excedente que será removido nos processos seguintes até alcançar as medidas finais de desenho de especificação).
- 2) Tamboreamento de Desbaste – Consiste em processar as peças cortadas por meio de tamboreamento, ou seja, submetido a rotação internamente ao tambor juntamente com o uso de insumos (produtos químicos), sendo os principais a água e o óxido de alumínio grão 80 (grãos abrasivos), com o objetivo de reduzir o diâmetro (primeira remoção de sobremetal) e formar o raio, que é a formação de um canto arredondado nas extremidades das agulhas, de acordo com dimensões pré-estabelecidas nos desenhos de produção.
- 3) Tratamento térmico – Consiste em executar o endurecimento por processo de têmpera, seguido de alívio de tensões por revenimento, visando atingir características metalográficas conforme especificação de engenharia de produto e aplicação definidas. O processo é realizado em equipamento denominado Forno de Têmpera e Revenimento.
- 4) Retífica de diâmetro – Consiste em remover o sobremetal deixado pelas operações anteriores na área do diâmetro das agulhas, aproximar a medida da especificação final, melhorar características de qualidade como a rugosidade, a circularidade, etc. Em algumas ocasiões, dependendo do tipo de peça, podem ser necessários mais de uma ocasião de processamento nesta etapa, sendo feito no mesmo tipo de equipamento, denominado Retificadora Centerless.
- 5) Polimento – Consiste em finalizar a remoção de sobremetal, alcançando as medidas finais das peças conforme especificação, e melhorar ainda

mais as características de qualidade citadas na operação de retífica, além de determinar o perfil final das peças. Após este processo as peças detêm aparência de brilho mais aparente. O equipamento utilizado neste processo é similar ao utilizado nos Tamboreamento de desbaste (Tambores) e também se utiliza de insumos, sendo os principais a água e o óxido de alumínio (porém com grãos mais finos).

- 6) Lavar / Secar – Consiste em remover as impurezas dos processos anteriores e secar as peças. Operação realizada em um equipamento denominado Lavadora, onde as peças são submetidas a produtos de lavagem e depois a altas temperaturas para evaporação da água e dos produtos para alcance da total secagem das peças.
- 7) Classificar / Embalar – Consiste em medir 100% das peças produzidas e separá-las em grupos de medidas para o diâmetro e o comprimento conforme especificações definidas. O equipamento utilizado é denominado Classificadora e conta com a deposição imediata nas embalagens finais após a classificação.

## **2.5 Aplicação do FMEA**

Dentro de cada processo temos os potenciais riscos de problemas de qualidade, portanto faz-se necessário o mapeamento dos mesmos a fim de determinar ações de contenção ou eliminação dos mesmos.

Naturalmente já existe na empresa a aplicação da ferramenta FMEA no contexto de problemática de qualidade no processo de produção, porém pode-se adaptar a matriz e aplicar o mesmo conceito sob a ótica de identificar, mapear e resolver resíduos.

O conceito é aplicável e extremamente importante pois a geração dos resíduos está intimamente relacionada à interpretação dos fatores de Severidade, Ocorrência e Detecção dos mesmos nos processos.

A Tabela 1 demonstra a aplicação do FMEA para o estudo de caso, no processo de Tamboreamento, e é uma adaptação da ferramenta FMEA originalmente, na indústria, aplicada a estudos de parâmetros de qualidade.

**Tabela 1 – FMEA Operação de Tamboreamento adaptado para mapeamento da geração de resíduos**

FMEA - Análise do Modo e Efeito de Falha - Adaptado para Resíduos													
Setor: Produção de componentes - Agulhas			Processo: Tamboreamento - Desbaste				Equipamento: Tambor de Desbaste						
Processo	Função do Processo	Possíveis Gerações de Resíduos			Índices			NPR	Ações para solução	Índices Melhorados			NPR
		Modo(s)	Efeito(s)	Causa(s)	O	S	D			O	S	D	
Desbastar	- Redução do sobremetal - Formação do Raio	Sobremetal alto	Aumento Custos de Processo / Ambientais	Diâmetro de material não ideal	9	7	7	441	Desenvolver modelo para determinação do diâmetro ideal de material	2	7	2	28
		Alto uso de insumos	Aumento Custos de Processo / Ambientais	Altos tempos de processo	7	7	3	147	Desenvolver modelo para determinação do Tempo de processo correto	4	7	2	56

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode ser observado na tabela 1, é possível o mapeamento de causas da geração de resíduos na operação de Desbastar as agulhas bem como os efeitos que podem ser obtidos, dentre os modos de ocorrência.

É possível a ocorrência de aumento de custos proveniente do alto sobremetal aplicado a uma determinada peça ou do uso de insumos em quantidades elevadas e as causas para cada um dos modos é distinta pois, pode advir de uma definição irregular do diâmetro da matéria-prima ou da definição errônea dos tempos de processo nos roteiros de fabricação.

O FMEA demonstra que a ação de desenvolvimento de um modelo técnico para auxílio aos analistas na elaboração do processo de fabricação deverá cominar em melhoria do processo e redução do NPR (nível de prioridade de risco) para o processo.

## **CAPÍTULO 3 – RESULTADOS**

### **3.1 Aplicação das ferramentas**

Ocorre, conforme padrões já estabelecidos na empresa em questão, uma ronda diária da liderança junto ao corpo técnico de Engenharia de Processos e os responsáveis da área de Lean do segmento, onde todo o time anda pelo segmento verificando quadros com informações em modelos pré-determinados e atualizados por um responsável operacional, com o objetivo de concluir sobre a eficiência de cada área no dia anterior e propor ações de curto e médio prazo para correção e melhoria dos resultados de indicadores.

Com o desenvolvimento prévio do formulário VSM – Coleta de Potenciais (ANEXO 1) pode-se, durante a ronda diária da liderança, observar e registrar os potenciais desperdícios relacionados aos processos constantes nos pontos estratégicos da ronda, identificando para onde deve-se orientar o desenvolvimento do trabalho de melhoria visando impactar positivamente os indicadores, já que cada um dos processos já está mapeado, oferecendo a facilidade de priorização durante a análise posterior à coleta.

Priorizada a área de atuação, pode-se utilizar das ferramentas constantes no método, relacionadas ao Seis Sigma para nortear a aplicação dos experimentos visando atingir objetivos específicos (DMAIC).

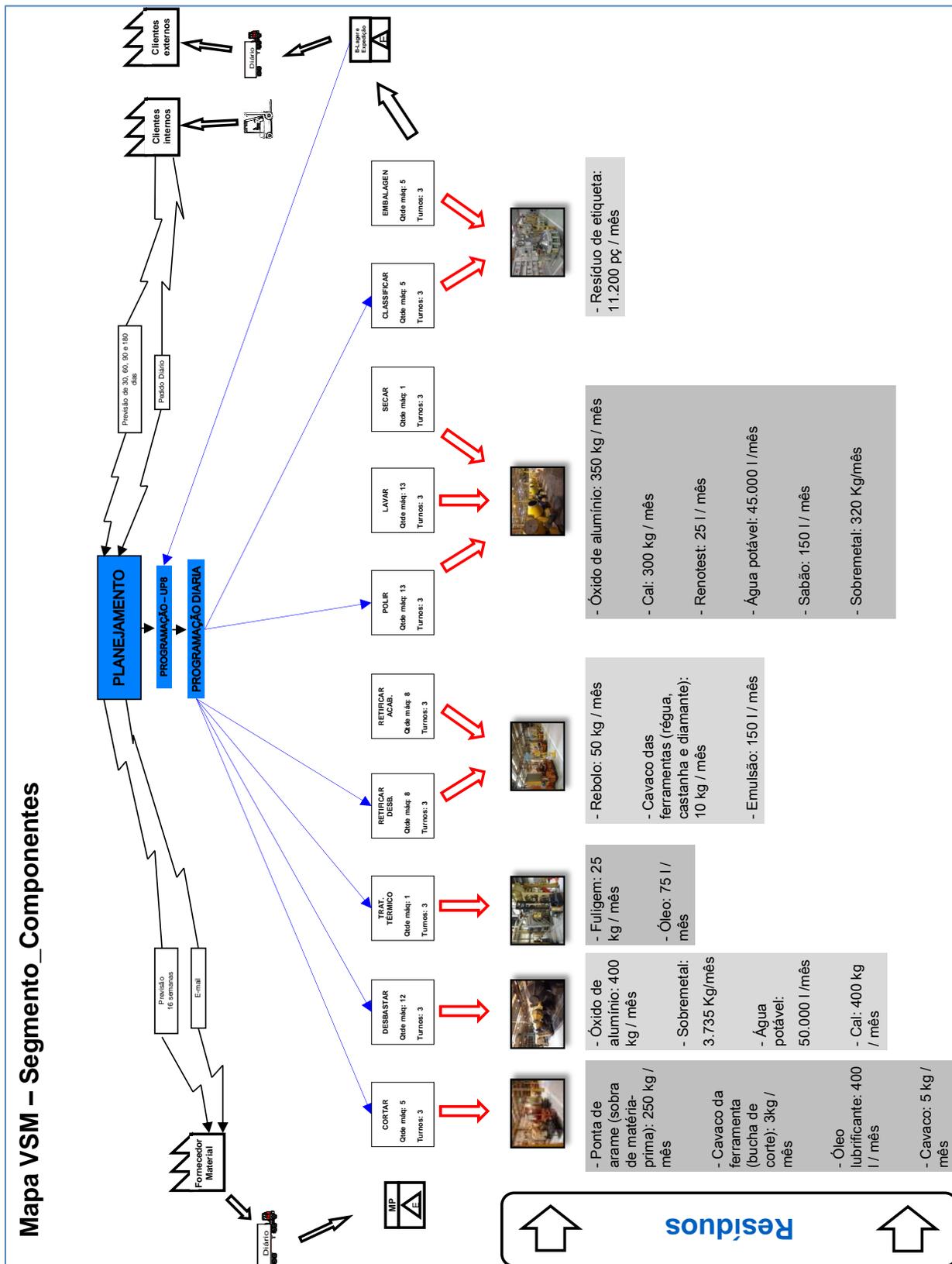
A coleta de oportunidades de melhoria via aplicação deste método pode ocorrer diariamente durante as rondas, conforme citado, ou em momentos específicos com o enfoque para redução de desperdícios e custos.

### **3.2 Apresentação dos Dados coletados**

Em primeira coleta aplicando o formulário VSM – Coleta de Potenciais, pode-se observar grande potencial de melhoria.

Na figura 7, demonstra-se a aplicação do formulário, já preenchido com os potenciais de desperdícios e resíduos gerados nos processos:

Figura 7 – Mapeamento de Fluxo de Valor – adaptação para Plano de Gerenciamento de Resíduos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme é possível observar na figura 7, que norteou a identificação dos resíduos, os principais processos geradores são o processo de **Desbastar**, onde tem-se a geração de resíduos de sobremetal em grande escala e também chama a atenção o consumo de água, e o processo de **Retífica** onde é necessário remover o material deixado pela operação de desbastar, portanto sendo identificada também grande geração de resíduos de sobremetal.

Ainda citando os principais potenciais, pode-se destacar a operação de Polir, onde o consumo de água é bastante representativo.

Na Tabela 2 apresenta-se a tabulação do potencial de geração de resíduos, ofertando estudos técnicos a fim de reduzi-los bem como impactar positivamente os indicadores financeiros, já que o potencial em valores de moeda é bastante significativo:

**Tabela 2 – Avaliação do Potencial de geração de resíduos**

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS_MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR						
Processo	Tipo Residuo	Material Residuo	Qtde. Residuo	U.M.	Custo [R\$/U.M.]	Potencial Total [R\$/mês]
CORTAR	Ponta de arame	100Cr6	250	Kg/mês	6,00	1.500
CORTAR	Cavaco ferramenta (bucha de corte)	Metal duro ( Carbeto de Tungstenio - WC )	3	Kg/mês	85,28	256
CORTAR	Óleo lubrificante	Mineral refinado, parafinico/lubrificante (C5H12)	400	L/mês	0,89	356
CORTAR	Cavaco arame	100Cr6	5	Kg/mês	6,00	30
DESBASTAR	Óxido de Alumínio Grão 80	Oxido metalico ( AL2O3 )	400	Kg/mês	2,11	844
DESBASTAR	Sobremetal	100Cr6	3.735	Kg/mês	6,00	22.410
DESBASTAR	Água potável	H2O	50.000	L/mês	6,20	310.000
DESBASTAR	Cal	Hidroxido de calcio ( CA(OH)2 )	400	Kg/mês	0,67	268
TRAT. TÉRMICO	Fuligem	Residuo queima metanol e propano (CH3OH/C3H8)	25	Kg/mês	1,30	33
TRAT. TÉRMICO	Óleo de Têmpera	Fluido oleo mineral/ Hidrocarboneto lifatico (C5H12)	75	L/mês	8,48	636
RETIFICAR	Rebolos	Grão/Abrasivo ( AL2O3 )	50	Kg/mês	3,73	187
RETIFICAR	Sobremetal	100Cr6	3.376	Kg/mês	6,00	20.256
RETIFICAR	Cavaco ferramenta (régua / diamante)	Diamante - grão/ Regua - metal duro ( AL2O3 ) / ( WC)	10	Kg/mês	4,85	48
RETIFICAR	Emulsão	Agua e aditivos (H2O) / ( Pentano - C5H12)	150	L/mês	7,09	1.064
POLIR/LAVAR/SECAR	Óxido de Alumínio Grão 600	Oxido metalico ( AL2O3 )	350	Kg/mês	1,38	483
POLIR/LAVAR/SECAR	Sobremetal	100Cr6	320	Kg/mês	6,00	1.920
POLIR/LAVAR/SECAR	Cal	Hidroxido de calcio e magnesio (CA(OH)2 / Mg(OH)2)	300	Kg/mês	0,67	201
POLIR/LAVAR/SECAR	Renotest BT60	Desengraxante (C5H12)	25	L/mês	3,59	90
POLIR/LAVAR/SECAR	Água potável	H2O	45.000	L/mês	6,20	279.000
POLIR/LAVAR/SECAR	Sabão	Hidroxido de potassio e fosfato de potassio ( KOH / HK2	150	L/mês	10,20	1.530
CLASSIF. / EMBALAR	Etiquetas autoadesivas	Papel com Cola adesiva ( C6H10O5 )	11.200	pç/mês	1,64	18.368
					<b>Total =</b>	<b>659.479</b>

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A partir dos dados coletados, tabulação dos potenciais de redução de resíduos e avaliação e priorização por ordem representativa financeira, pode-se direcionar o trabalho para a redução dos desperdícios gerados.

A tabela 3 ajuda na interpretação e priorização citada:

**Tabela 3 – Resumo Resultados geração de resíduos**

Resíduo	Potencial Valor [R\$/mês]
Água Potável	589.000
Sobremetal	44.586
Outros (diversos)	25.893
<b>Total</b>	<b>659.479</b>

Fonte: Elaborado pelo Autor

A princípio, observa-se o imenso potencial no consumo de água no segmento como um todo e, em sequência, destaca-se o potencial com redução de Sobremetal (geração de resíduos sólidos de aço 100Cr6 por remoção de material para posterior usinagem).

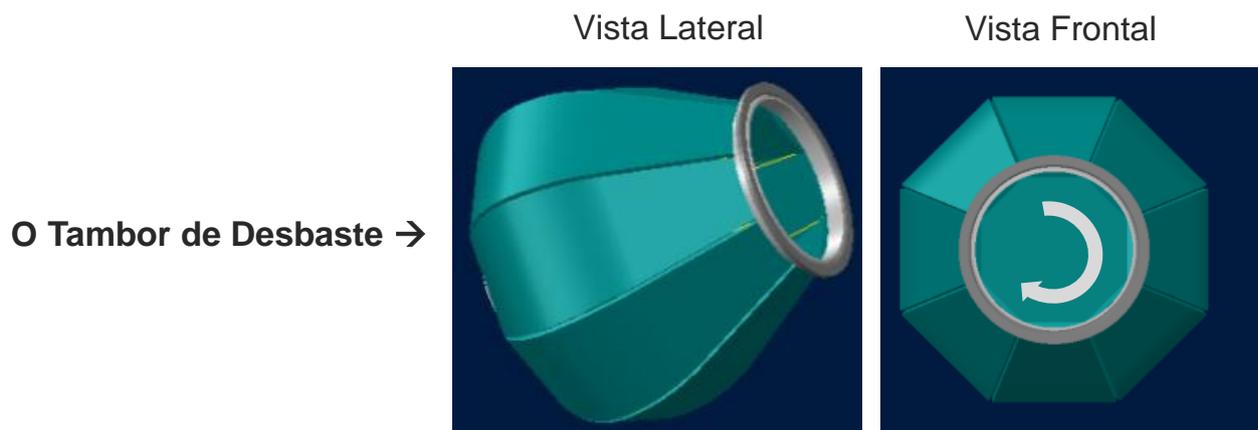
No segmento já existe um projeto corporativo visando especificamente a redução do consumo de água, portanto, para este estudo, pode-se direcionar o trabalho para o segundo fator de destaque (Sobremetal) que pode, por consequência impactar também no consumo de água.

Ainda analisando a tabulação dos potenciais e já estratificando e direcionando os estudos para os potenciais com Sobremetal, podemos observar que o processo com maior potencial para redução de resíduos com Sobremetal é o processo de **Tamboreamento de Desbaste (DESBASTAR)**.

Este processo consiste em reduzir o diâmetro das peças de trabalho até os limites de controle para minimizar a necessidade de redução de Sobremetal nos processos de usinagem posteriores, além de formar os raios, também dentro dos limites de tolerância, nas duas extremidades das peças (corpos cilíndricos provenientes da operação de corte, sem raios).

Para redução do diâmetro ou para formação dos raios, utiliza-se o mesmo processo e equipamento e as duas características são trabalhadas simultaneamente

Nas figuras 8 e 9 apresenta-se a diagramação deste processo visando exemplificar brevemente o funcionamento:

**Figura 8 - Demonstração do processo dentro do equipamento**

No processo temos:



água



Óxido de Alumínio  
grão 80

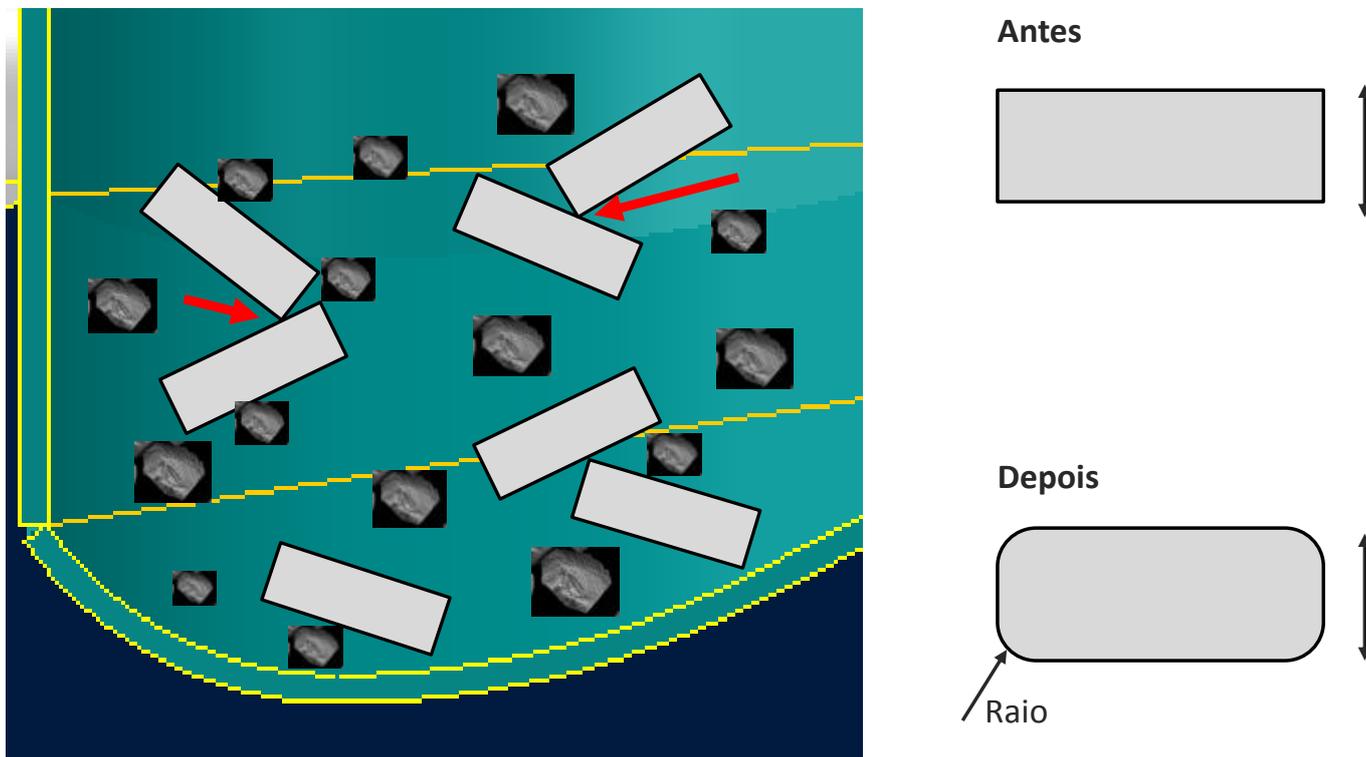


peças

Fonte: Elaborado pelo Autor.

### Figura 9 - Demonstração detalhada do processo dentro do equipamento

Peso das peças + Abrasividade + Impacto  
(Força Peso) + (Atrito) + (Energia cinética)



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Após o entendimento sobre o processo, podem-se realizar experimentos visando identificar potenciais de redução dos resíduos gerados.

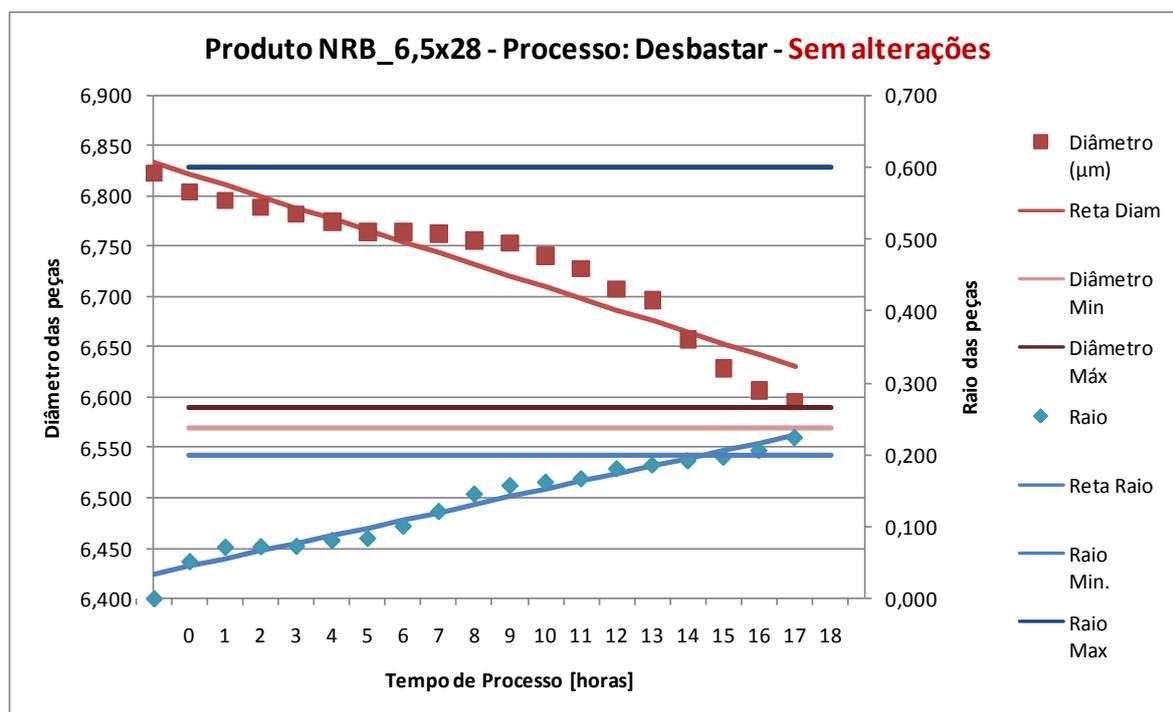
O processo em questão tem grande potencial, pois demanda a utilização de diversos insumos, e opera por longos períodos (entre 8 e 36 horas de tamboreamento), para o processamento sempre com quantidades ao redor de 150 Kg de peças, no tambor de 600mm de diâmetro e a uma rotação aproximada de 70 rpm.

No primeiro teste avaliado, a título de experimento para validação da metodologia, foi realizada a coleta de medições de duas características, sendo elas, o Diâmetro e o Raio, com o objetivo de acompanhar o comportamento dimensional ao longo do tempo durante o processo de tamboreamento.

A cada hora de processo foram retiradas amostras de peças para medição e foi construído o resultado da evolução conforme observa-se no Gráfico 1.

Após a coleta dos dados, foi construída uma reta para cada característica que é representativa da evolução dos pontos, porém com evolução linear.

**Gráfico 1 – Experimento antes das alterações - Comportamento dimensional – Diâmetro e Raio ao longo do tempo**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Dados do Processo **sem alterações**:

- ➔ Matéria-prima = arame trefilado – Bitola: Ø6,8 mm
- ➔ Diâmetro desejado foi atingido após aproximadamente 18 horas de processo;
- ➔ Raio desejado foi atingido após aproximadamente 16 horas de processo;

Neste processo, faz-se necessária a adição de produtos e água a cada 6 a 8 horas de processo para manter a produtividade e características das peças dentro dos limites estabelecidos por norma, portanto, com 18 horas de processo, pode ser necessário adicionar produtos por três vezes, trazendo custos representativos para a organização, conforme segue:

→ **Óxido de alumínio = R\$ 3,50 / Kg**

- Necessário adição de 4,5 Kg
- Custo por adição = R\$15,75
- **Custo Total por 3 adições = R\$ 47,25**

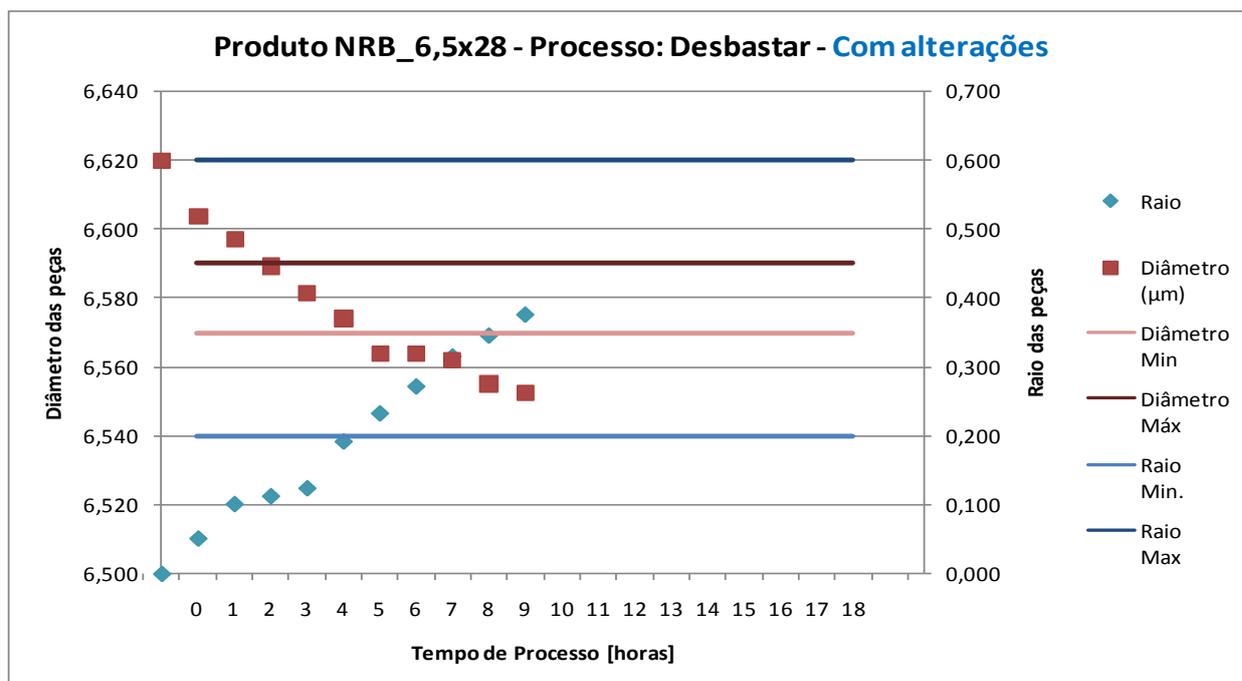
→ **Água = R\$ 6,5 / L**

- Necessário adição de 50 L
- Custo por adição = R\$325,00
- **Custo Total por 3 adições = R\$ 975,00**

→ **Custo Total (3 adições completas) = R\$ 1.022,25**

Após a avaliação dos resultados do Gráfico 1, foi realizado um segundo acompanhamento, porém modificando o diâmetro da matéria-prima utilizada, conforme demonstrado pelo Gráfico 2, afim de verificar possíveis melhorias e seguindo a mesma sistemática usada para construção do Gráfico 1.

**Gráfico 2 – Experimento após alterações - Comportamento dimensional – Diâmetro e Raio ao longo do tempo**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Dados do Processo **com alterações**:

- Matéria-prima = arame trefilado – Bitola: Ø6,6 mm (redução de 0,2mm em relação à condição anterior)
- Diâmetro desejado foi atingido após aproximadamente 3 horas de processo;
- Raio desejado foi atingido após aproximadamente 4 horas de processo;

Na situação melhorada, pode-se observar que um único ciclo de adição de produtos foi suficiente, pois conforme informado na definição de processo, são necessárias, no mínimo, 6 horas para que se tenha que adicionar novamente os produtos.

Com estes números, pode-se calcular os ganhos à organização por meio da redução de adição de insumos, conforme a seguir:

→ **Óxido de alumínio = R\$ 3,50 / Kg**

- Necessário adição de 4,5 Kg
- Custo por adição = R\$15,75
- **Custo Total por 1 adição = R\$ 15,75**

→ **Água = R\$ 6,5 / L**

- Necessário adição de 50 L
- Custo por adição = R\$325,00
- **Custo Total por 1 adição = R\$ 325,00**

→ **Custo Total (3 adições completas) = R\$ 1.022,25**

→ **Custo Total (1 adições completas) = R\$ 340,75**

→ **Economia Total = R\$ 681,50**

A economia calculada é relativa a cada lote de produção realizado no segmento e pode ser projetada para evidenciar, por exemplo, o ganho anual, conforme a seguir:

- Volume de produção planejado 2016 = 1.000.000 peças
- 1 lote = 19.708 peças
- Volume anual total planejado = aproximadamente 51 lotes

→ Economia = R\$ 681,50 / lote

→ **Economia anual = R\$ 34.756,50**

Os gráficos 1 e 2 demonstram a evolução das características (Diâmetro e raio) ao longo do tempo durante o processo de Tamboreamento de Desbaste, com o objetivo de identificar o potencial de redução de resíduos.

Analisando os resultados, observa-se que seria possível reduzir o Sobremetal das peças em questão, ou seja, reduzir o “tamanho” das peças antes de entrar neste processo (redução do diâmetro da matéria-prima utilizada), pois o objetivo dimensional para esta característica foi alcançado precocemente quando comparado ao tempo de processo ao qual as peças foram submetidas, sem prejudicar o desempenho e o resultado final em relação aos limites de tolerância, para as duas características.

Com a redução dos tempos de operação, automaticamente reduz-se a utilização de insumos (a adição de insumos tem relação diretamente proporcional ao tempo de operação) e também de água, impactando positivamente também o consumo desta que, conforme tabela de priorização, é o principal potencial de geração de desperdícios.

Os experimentos foram conduzidos na sequência e base do método DMAIC, conforme segue:

### **1) Define**

A definição do problema e a viabilidade de continuidade do projeto foi comprovada pela apresentação dos custos envolvidos, que são significativos para o segmento produtivo e para a organização, além de demonstrar a alta incidência de geração de resíduos no processo de fabricação de componentes pelo mapeamento de fluxo de valor.

## **2) Measure**

A estratificação dos dados foi realizada por meio do levantamento de geração de resíduos de cada processo identificado no Mapeamento de Fluxo de valor, nas unidades de medida de cada componente descartado e calculado o valor em moeda local visando uniformizar a informação para posterior priorização de atividades.

O processo foi delineado e subdividido, ocorrendo a decisão de tratar com maior profundidade o processo de tamboreamento devido ao alto grau de geração de resíduos e potencial de melhoria em custos.

## **3) Analyze**

De posse dos dados estratificados, foi possível realizar a análise do processo envolvido, também consultando o mapeamento de fluxo de valor, porém mais especificamente no processo de tamboreamento de desbaste, onde foi demonstrado tecnicamente o funcionamento da operação e exemplificados os fenômenos ocorridos durante o processo, dentro do tambor de desbaste e com os insumos aplicados.

Ainda na etapa de análise, foram apresentados os gráficos de comportamento dimensional das peças durante o processo de tamboreamento, evidenciando o potencial de melhoria para as variáveis: Tempo de processo, Consumo de matéria-prima, Utilização de insumos e geração de resíduos.

## **4) Improve**

Diante dos resultados da análise do processo, utilização de insumos e geração de resíduos e, com os limites de tolerância de processo bem estabelecidos, pôde-se propor melhorias em duas frentes de trabalho, conforme segue:

- Definição de um método de coleta e estratificação dos dados pela utilização do Mapeamento de Fluxo de Valor adaptado para o foco em geração de resíduos, onde existe a contribuição para a gestão do departamento e direcionamento de projetos.

- Definição de um método para correção de dimensões de matéria-prima utilizada na produção de componentes de modo a reduzir o desperdício operacional gerado por perdas em tempo, consumo de materiais e insumos e geração de resíduos, onde verifica-se a contribuição para com os custos e indicadores do segmento de produção e tratativas ambientais ao nível da planta produtora.

## **5) Control**

O método definido para o não retrocesso das ações implementadas foi pautado na inclusão do formulário de coleta VSM à lista de documentos básicos da ronda diária da liderança na produção e ainda disponibilizado o método de cálculo e definição de materiais e tempos aos analistas de processo.

A empresa dispõe de indicadores com atualização diária, que são verificados na ronda da liderança e estes poderão garantir a manutenção dos padrões ou a imediata ação dos responsáveis em caso de desvios dos resultados.

## CAPÍTULO 4 – Proposta de sistema de controle de geração de resíduos

Conforme apresentado no estudo, são gerados resíduos ao longo do processo e, conforme legislação vigente deve-se dar o devido direcionamento e tratamento aos mesmos.

Conforme o Manual de Gerenciamento de Resíduos, elaborado pelo SEBRAE – RJ, desenvolver e implantar um Plano de Gerenciamento de Resíduos (PGR) é fundamental para maximizar as oportunidades e reduzir custos e riscos associados à gestão de resíduos.

A Figura 10 apresenta os passos a serem seguidos para a implantação do Plano de Gerenciamento de Resíduos:

**Figura 10 – Plano de Gerenciamento de Resíduos**



Fonte: Manual de Gerenciamento de Resíduos – SEBRAE-RJ, 2006.

Na fase inicial de Planejamento, deve-se identificar os potenciais resíduos e classificá-los. Para esta fase, pode-se utilizar da ferramenta sugerida neste estudo camada Mapeamento de Fluxo de Valor, com o enfoque para a busca dos potenciais resíduos e desperdícios.

Segundo a Norma NBR 10004 – Resíduos Sólidos – Classificação, apud Manual de Gerenciamento de resíduos – SEBRAE-RJ, a definição de resíduos sólidos é a seguinte:

“Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.”

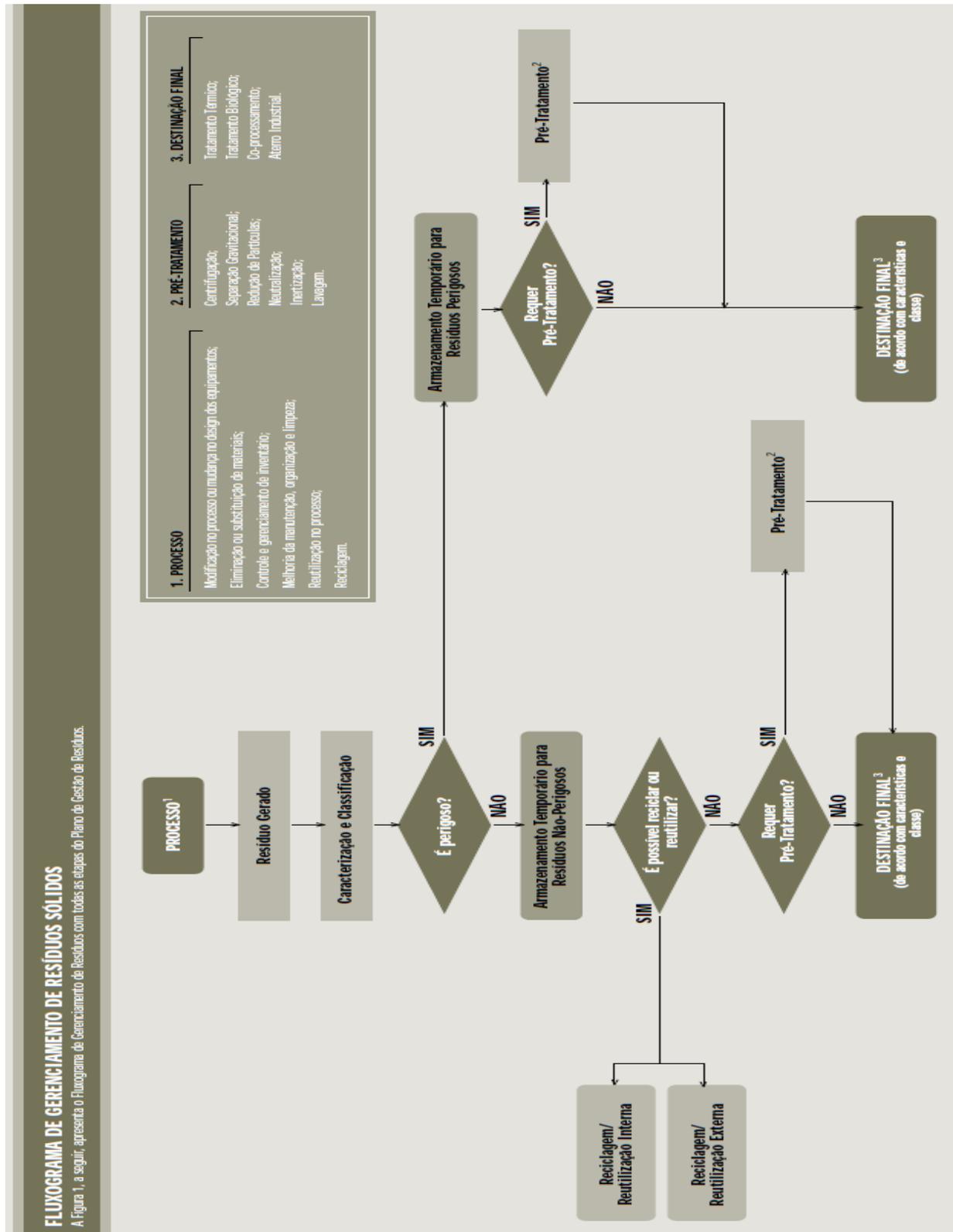
Já na fase adiante, pode-se observar a necessidade de implementar ferramentas de controle operacional que, com base na proposta apresentada neste estudo, pode-se direcionar aos maiores geradores de resíduos identificados no mapeamento, a quantificação / valorização e classificação do tipo de material, como observado na Tabela 1 e estudar o melhor método para definição de processo afim de reduzir, diretamente na fonte, a geração de resíduos.

A verificação das ações para correção e revisão da gestão são realizadas por meio de auditorias de sistemas padronizadas mundialmente para avaliar o status de aplicação das normas vigentes, decaindo inclusive na certificação ou não da organização quanto às tratativas ambientais.

Muitas vezes o resultado e a imagem das empresas junto a seus clientes e ao mercado local e global pode ser seriamente afetada de acordo com os resultados de auditorias deste porte.

Diante da definição citada, o material descartado do processo de tamboreamento, estudado neste trabalho, pode ser considerado como resíduo sólido, sendo assim, o manual ainda sugere a aplicação do fluxograma da Figura 11:

Figura 11 – Fluxograma de Gerenciamento de Resíduos Sólidos



Fonte: Manual de Gerenciamento de Resíduos – SEBRAE-RJ, 2006.

Ainda de acordo com o manual, para otimizar as oportunidades vinculadas ao correto gerenciamento de resíduos, deve-se seguir os passos:

- 1) **Redução da Geração de resíduo na Fonte:** Implantação de procedimentos que priorizam a não geração dos resíduos. Estas ações podem variar de implantação de novas rotinas operacionais a alterações tecnológicas no processo produtivo;
- 2) **Reutilização de Resíduos:** Neste caso o resíduo é reaproveitado sem que haja modificações na sua estrutura. Um exemplo é a utilização dos dois lados de uma folha de papel.
- 3) **Reciclagem de resíduos:** No caso da reciclagem há um beneficiamento no resíduo para que o mesmo seja utilizado em outro (ou até no mesmo) processo. Um exemplo é a reciclagem de latinhas de alumínio. As latinhas passam por um processo de beneficiamento para que o alumínio seja reaproveitado no processo.

Conforme citado, o primeiro passo deve ser avaliar o potencial de redução da geração de resíduos na fonte, ou seja, a direção dada neste estudo é correta, pois busca-se o desenvolvimento de uma ferramenta de planejamento de processos de modo a iniciar a produção de um novo produto já com a condição aperfeiçoada de consumo de materiais e geração de resíduos.

Com esta ferramenta, pode-se ainda corrigir processos utilizados atualmente reduzindo estes potenciais desperdícios e geração de resíduos, diretamente na fonte geradora.

Diante de todo o potencial de geração de resíduos sendo descartado e que depois deverão ser direcionados ao tratamento adequado, impactando significativamente os indicadores da empresa, tanto no âmbito ambiental quanto produtivo, avalia-se a necessidade de reflexão sobre controles destes desperdícios e/ou na possibilidade de elaboração de um método para evitar ou reduzir a geração dos potenciais de geração de resíduos, já nos estudos de elaboração de processos de fabricação dos produtos.

Havendo a possibilidade de desenvolver o processo de fabricação com níveis mínimos de geração de resíduos, pode-se avaliar ainda a correção dos processos

correntes para recuperar as perdas nos próximos períodos de produção, impactando positivamente os indicadores em relação ao histórico atual.

#### **4.1 Produção mais Limpa (P+L)**

Ainda referenciando como boas práticas na área produtiva, direcionando para o pensamento de redução dos impactos ambientais, pode-se considerar o conceito P+L , ou P mais L (Produção mais Limpa).

Conforme Werner, Baracarji e Hall (2011), a expressão “Produção Mais Limpa” foi lançada pela UNEP (United Nations Environment Program) e pela DTIE (Division of Technology, Industry and Environment), em 1989, como sendo a aplicação contínua de uma estratégia integrada de prevenção ambiental a processos, produtos e serviços, visando o aumento da eficiência da produção e a redução dos riscos para o homem e o meio ambiente.

A partir desse conceito, inicia-se a tratativa diferenciada à poluição ambiental, que passa a ser considerada um desperdício nas empresas e seus processos passam por alterações importantes que buscam diminuir o consumo de água, energia e matérias-primas.

O estudo em questão está inteiramente relacionado à conceituação do P+L, tendo em vista a relação direta do objetivo com a redução de consumo de matéria-prima, água e insumos que, posteriormente ao uso, causariam impactos ambientais e geração de desperdícios de processos e financeiros à organização.

Ainda conforme os autores, a Produção Mais Limpa, com seus elementos essenciais, adota uma abordagem preventiva, em resposta à responsabilidade financeira adicional trazida pelos custos de controle da poluição e o aspecto mais importante é que aplicar o P+L requer não somente a melhoria tecnológica, mas a aplicação de know-how e a mudança de atitudes. Esses três fatores reunidos é que fazem o diferencial em relação às outras técnicas ligadas a processos de produção.

Neste estudo o direcionamento comportamental, ou de atitude junto ao Know-how, foi tratado por meio das ferramentas de gestão do LEAN e a parte tecnológica foi trabalhada por meio das alterações de processo por meio dos experimentos seguindo o método DMAIC, do Seis Sigma.

## 4.2 Modelo técnico para auxílio aos Analistas de Processo

O desenvolvimento do modelo para auxiliar os analistas de processos na definição dos parâmetros foi pautado na avaliação das curvas de comportamento dimensional das peças ao longo do processo de tamboreamento, conforme a sequência a seguir:

### 1) **Projeção dos pontos da curva de comportamento dimensional como sendo uma reta;**

Durante a realização do processo de tamboreamento, observa-se a curva gerada pelos pontos do gráfico, equivalentes ao valor dimensional da característica (diâmetro ou raio). Tal curva tem formato que direciona a percepção de projeção regular, direcionando o raciocínio para o desenvolvimento de um método de análise linear.

Para o estudo em questão, conforme gráfico 1, foi construída uma reta para cada característica projetando a inclinação e a intercepção da curva, utilizando-se das funções disponíveis na planilha eletrônica.

A Função INCLINAÇÃO (MS Excel) retorna a inclinação da linha de regressão linear através de pontos de dados em `val_conhecidos_y` e `val_conhecidos_x`. A inclinação é a distância vertical dividida pela distância horizontal entre dois pontos quaisquer na linha, que é a taxa de mudança ao longo da linha de regressão.

A inclinação de uma reta é a medição da taxa de variação de um dado valor no eixo Y em relação a um dado valor no eixo X e pode ser calculada de acordo com a equação abaixo:

$$\Delta y = m \Delta x$$

Onde, **m** é o coeficiente angular da reta.

Interpretando a indicação acima, pode-se concluir que a função Inclinação, retorna a **Tangente do ângulo** de inclinação da curva analisada, o que irá auxiliar na construção do modelo trigonométrico.

## **2) Análise de correlação entre a curva real e a reta projetada;**

Para avaliar se a reta construída é representativa da realidade em relação à curva real do processo, pode-se utilizar de outra função disponível no MS Excel, chamada **CORREL**.

Função CORREL (MS Excel) retorna o coeficiente de correlação dos intervalos de célula da matriz1 (Neste caso, os valores da curva real do processo) e matriz2 (Neste caso, os valores da reta projetada). Use o coeficiente de correlação para determinar a relação entre duas propriedades.

Quanto maior a correlação entre os dados, maior a confiabilidade da projeção para o modelo. O valor máximo de correlação é 1 unidade, ou 100%.

Para o estudo realizado, foram obtidos os seguintes resultados de correlação:

### **Curva real versus Reta Projetada - Diâmetro**

Correlação = 0,945, deve ser aplicado o coeficiente de determinação, que significa elevar o valor ao quadrado ( $0,945^2$ ), e como resultado temos 0,893.

Significa que as curvas têm similaridade, com grau de confiabilidade de 89,3%;

### **Curva real versus Reta Projetada - Raio**

Correlação = 0,981, aplicando o coeficiente de determinação, temos 0,962

Significa que as curvas têm similaridade, com grau de confiabilidade de 96,2%;

### 3) Avaliação da similaridade do gráfico a um triângulo retângulo;

Diante do alto grau de similaridade entre as curvas e as retas projetadas, foi direcionado o desenvolvimento do modelo pela utilização de trigonometria, observando os valores apresentados no formato do triângulo retângulo construído com as curvas, conforme Gráfico 1.

### 4) Desenvolvimento do cálculo trigonométrico para parametrização do processo;

Avaliando a construção do triângulo, pode-se definir as seguintes variáveis:

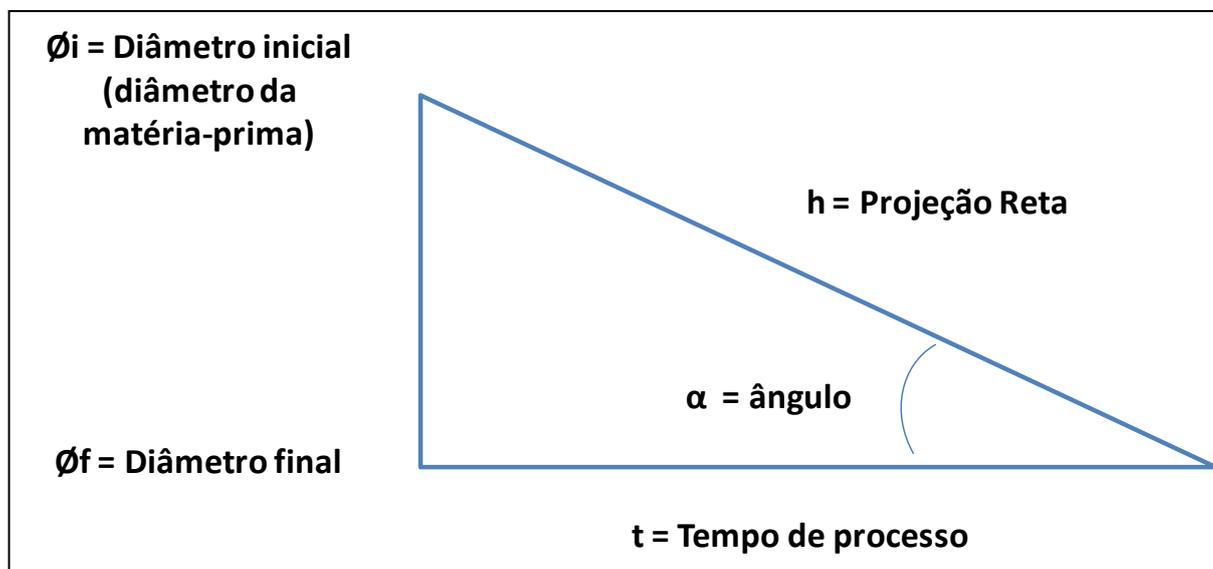
#### Análise Diâmetro

Hipotenusa = Comprimento da reta projetada pelos pontos

Cateto Adjacente = Tempo de Processo

Cateto Oposto = Diferença entre os valores do diâmetro da matéria-prima utilizada ( $\emptyset$  inicial) e do diâmetro alvo ( $\emptyset$  final) =  $\emptyset$  inicial -  $\emptyset$  final

**Figura 12 – Representação de um triângulo retângulo, com as características do estudo - Diâmetro**



Fonte: Elaborado pelo autor

Portanto, pode-se direcionar o desenvolvimento do modelo, tentando responder à necessidade dos analistas de processo nas seguintes situações:

- Dado determinado Tempo de processo, definir a medida do **diâmetro de matéria-prima ( $\emptyset$  inicial)** a ser utilizado

Tangente ângulo = Cateto Oposto / Cateto adjacente

Tangente ângulo =  $(\emptyset_i - \emptyset_f) / t$

A Tangente do ângulo, conforme citado, é fornecida pela função Inclinação no MS Excel e, no caso do diâmetro, retornou o valor de -0,01129; O sinal negativo indica a direção da curva que é decrescente.

O Diâmetro final, representado por " $\emptyset_f$ ", é dado pela medida inicial da tolerância para saída das peças do processo e que, neste caso, é indicado pelo valor de 6,590 mm;

O Tempo de processo, representado por " $t$ ", é definido pela pergunta problema, ou seja, o analista de processo parte desta informação para seguir com o estudo; considerou-se, para exemplificar, o valor de 10 horas.

Cálculo:

Tangente ângulo =  $(\emptyset_i - \emptyset_f) / t$

$0,01129 = (\emptyset_i - 6,59) / 10$

$\emptyset_i = (0,01129 \times 10) + 6,59$

**$\emptyset_i = 6,70 \text{ mm}$**

A conclusão do cálculo é que deve-se, para um tempo de 10 horas de processo, utilizar uma matéria-prima de, no máximo, 6,7mm de diâmetro.

Porém é possível que o analista esteja submetido a avaliar outras questões como, por exemplo:

- Dado determinado diâmetro de matéria-prima ( **$\emptyset$  inicial**), definir o Tempo de processo necessário ( **$t$** ) a ser planejado.

Para o exemplo, considerou-se o diâmetro de matéria-prima de 6,65mm.

$$\text{Tangente ângulo} = (\varnothing_i - \varnothing_f) / t$$

$$0,01129 = (6,65 - 6,59) / t$$

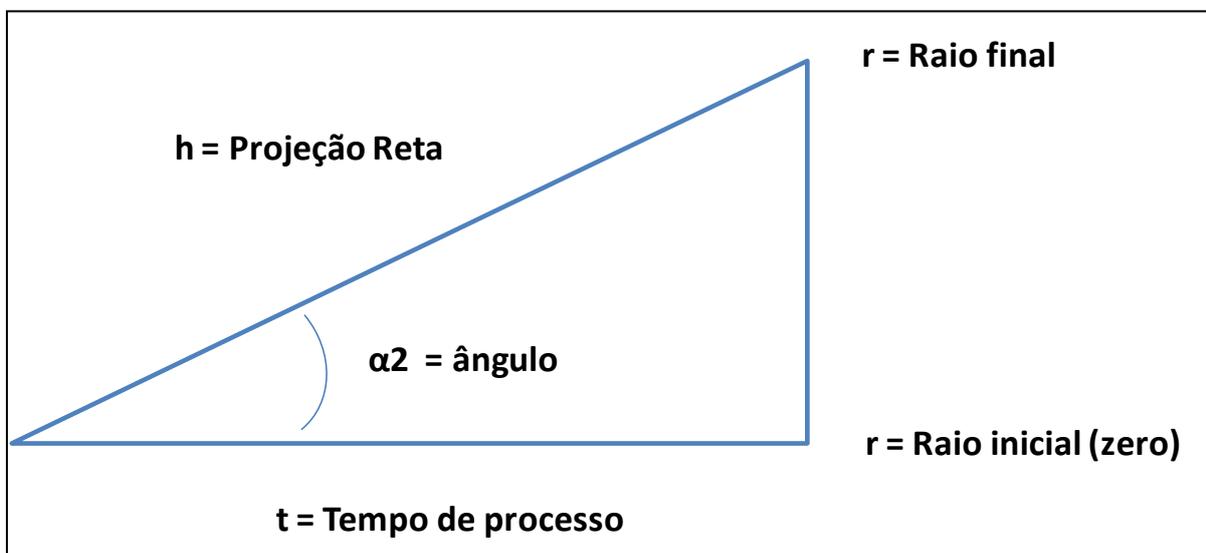
$$t = (6,65 - 6,59) / 0,01129$$

$$\mathbf{t = 5,3\text{horas}}$$

O exemplo demonstrado pode ser desenvolvido, exatamente pelos mesmos cálculos para o Raio.

Para facilitar o entendimento, verifica-se na Figura 13 o triângulo para o Raio:

**Figura 13 – Representação de um triângulo retângulo, com as características do estudo - Raio**



Fonte: Elaborado pelo autor

Devem ser observadas as particularidades técnicas do processo em questão para conclusão final do analista de processo.

Levando em consideração a necessidade de definição dos tempos partindo de um certo diâmetro de matéria-prima, deve-se concluir sobre os tempos para o Raio e para o Diâmetro, já que as duas características são trabalhadas simultaneamente na operação de Tamboreamento de Desbaste, foco deste estudo.

O objetivo é sempre alterar o diâmetro do material utilizado, portanto, sem influência nas variáveis do eixo do Raio, porém a redução de material a ser removido (sobremetal), obviamente reduz a quantidade de esforço para chegada ao raio especificado, sendo assim, para os cálculos do raio, deve-se utilizar como Cateto Oposto, os valores de diferença de diâmetro, mas respeitando inclinação da reta observada no estudo do Raio.

Para exemplificar, considera-se os seguintes dados:

Dados diâmetro:

-  $\emptyset$  inicial = 6,65

-  $\emptyset$  final = 6,59

- Inclinação = 0,01129

⇒ **Tempo de Processo (Diâmetro) = 5,3 horas**

Dados raio:

- raio inicial = 0

- raio final = 0,2

-  $\emptyset$  inicial = 6,65 (matéria-prima utilizada)

-  $\emptyset$  final = 6,59

- Inclinação = 0,01086

⇒ **Tempo de Processo (Raio) = 5,5 horas**

A interpretação técnica dos resultados deve considerar que, ao atingir o diâmetro desejado em 5,3 horas, não se pode interromper a operação, pois deve-se ainda alcançar o valor alvo para o raio, o que acontece do alto das 5,5 horas de processo de tamboreamento.

Com isto, deve-se verificar se, com o tempo de 5,5 horas, os limites de controle para o diâmetro ainda permanecem respeitados e, para isto, pode-se utilizar do modelo exemplificado anteriormente, onde verifica-se, por um dado tempo, qual o diâmetro projetado.

## 5) Elaboração do modelo em planilha eletrônica para utilização pelos analistas de processo.

Com base nas orientações matemáticas e trigonométricas, somadas à definição de funções a serem utilizadas, foi desenvolvido uma planilha eletrônica, conforme mostra a Figura 14, para automatizar as análises e retornar ao analista de processos uma resposta imediata às questões de desenvolvimento, evitando o desperdício de tempo e ainda definindo processos robustos e que minimizem a geração de resíduos, objetivo principal deste estudo.

**Figura 14 – Modelo técnico em planilha eletrônica**



Fonte: Elaborado pelo autor

### 4.3 Sustentabilidade de Resultados

A empresa dispõe de indicadores com atualização diária e da ronda diária da liderança, por onde pode-se garantir a manutenção dos padrões e ações imediatas em caso de desvios dos resultados.

- Gestão visual / Verificação Indicadores
- Produtividade - Verificar manutenção dos tempos de processo;
- Qualidade - Verificar manutenção das características e resultados dimensionais;

- Logística - Verificar manutenção do nível dos estoques dos insumos, nas quantidades reduzidas de consumo;

- Padronização - Verificar manutenção dos padrões de adição de insumos e utilização do método de coleta (VSM adaptado);

Para nortear a atuação dos envolvidos no processo, aplica-se ainda a priorização dos indicadores de acordo com a matriz GUT, evidenciada pela Tabela 4, onde verifica-se a necessidade de priorização da manutenção dos padrões pois, junto a eles, os outros indicadores serão impactados positivamente.

**Tabela 4 – Matriz GUT**

Indicador	Relaciona- mento	G Gravidade	U Urgência	T Tendência	Resultado	
1	Padronização	2, 3, 4	3	3	4	36
2	Produtividade	1	2	2	3	12
3	Qualidade	1	4	2	1	8
4	Logística	1	3	2	1	6

1	Sem gravidade	Sem urgência	estável
2	pouco grave	pouco urgente	piora longo prazo
3	grave	urgente	piora médio prazo
4	muito grave	muito urgente	piora curto prazo
5	extremo	extremo	piora imediata

Fonte: Elaborado pelo autor

Com esta referência, a cada momento de circulação de qualquer envolvido com o processo, pode-se direcionar a atuação priorizando de acordo com o momento vivido pela organização ou segmento de produção.

A padronização do método de coleta de informações sobre a geração de resíduos, como demonstrado ao longo do estudo, tem relação direta com a redução de custos e impacto positivo nos indicadores, portanto deve ser priorizada a sua manutenção.

## CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Avaliando os resultados obtidos no experimento e levando em consideração que foi utilizada a metodologia Lean para mapeamento dos potenciais desperdícios realizando o Mapeamento de Fluxo de Valor (Ferramenta VSM) e ainda a sequência de organização de atividades proposta pelo DMAIC (Seis Sigma), pode-se concluir que existe relação entre a utilização destes métodos e o alcance de resultados positivos em indicadores de produção, como a redução de custos diretos de processo pela economia de insumos consumidos, bem como impactar positivamente os indicadores ambientais da empresa já que, a partir dos resultados e direcionamentos, assume-se a possibilidade de implementação de um processo mais enxuto e que leva a redução de geração de produtos para descarte e, conseqüentemente, reduzindo os custos para tratamento destes resíduos ou para administração da cadeia para realização do próprio descarte internamente na empresa ou em terceiros.

A metodologia apresentada demonstra facilidade de interpretação pelo formato de explanação dos processos em fluxo de trabalho e direciona para o acompanhamento simples durante as rondas da liderança, padronizando a coleta para demonstração e visualização dos desperdícios na cadeia avaliada, portanto potencializando a multiplicação do conceito para outros segmentos.

O fato de não existir atualmente um direcionamento para vincular descartes gerados nos processos produtivos aos indicadores da empresa, faz com que seja maximizado o potencial de ganhos adicionais para a empresa com este estudo, pois outros métodos já são amplamente utilizados para explorar os potenciais comuns de redução de custos e, sendo este um novo método, os resultados não fazem parte de um planejamento prévio da empresa, ofertando um resultado ainda mais significativamente positivo para a organização.

Embora os processos sejam planejados há muito tempo e em várias localidades diferentes, nas mais diversas plantas da empresa, não foi encontrado nenhum método definido e padronizado para elaboração dos roteiros de fabricação e das matérias-primas utilizadas visando minimizar o consumo de material, pela redução de sobremetal, de forma a validar tecnicamente a funcionalidade de produção das peças nos próximos estágios sem impactos na produtividade e qualidade.

Pode-se concluir ainda que o método apresentado oferta aos analistas de processo a possibilidade de planejar o roteiro de fabricação da mesma forma em todas as plantas, garantindo o benchmark e reduzindo significativamente os potenciais de desperdícios.

Para o processo estudado (Tamboreamento de desbaste), pode-se ainda observar que existem outras variáveis que podem ser estudadas com objetivos de resultados distintos, como por exemplo, avaliar a influência da quantidade de peças no tempo de processo ou, ainda, avaliar a contribuição da inclinação dos tambores para o aumento da taxa de remoção de sobremetal.

Estes estudos são potenciais sugestões para continuidade deste trabalho visando mapear e evidenciar as oportunidades e melhorar ainda mais o processo.

## REFERÊNCIAS

BREYFOGLE III, Forrest W. **Implementing Six Sigma**. 2. ed. New Jersey: John Willey & Sons, Inc., 2003.

BUSS, P.; IVEY, N. **Dow chemical design for six sigma rail delivery project**. In: Proceeding of the 2001 Winter Simulation Conference, Phoenix, Arizona, 2001.

CALIA, Rogério C.; GUERRINI, Fábio M.; MOURA, Gilnei L.; FILHO, Mário C. A.; FISCHMANN, Adalberto. **A estrutura matricial para projetos seis sigma e as habilidades gerenciais em um programa de produção mais limpa**. Revista Alcance - Eletrônica, São Paulo, v. 19 - n. 02 - p. 222-240 - abr./jun. 2012.

DAHLGAARD, J. J.; DAHLGAARD-PARK, S. M. **Lean production, Six Sigma quality, TQM and company culture**. The TQM Magazine, v.18, n.3, p. 263-281, 2006.

DAMKE, E. J.; SILVA, E. D.; WALTER, S. A. **Sistemas de controle e alinhamento estratégico: proposição de indicadores**. Revista Eletrônica Estratégia & Negócios, Araranguá, v. 4, n. 1, p. 65-87, 2011.

DAVIS, M. M.; AQUILANO N. J.; CHASE R. B. **Fundamentos da administração da produção**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

DELLARETTI FILHO, O. D.; DRUMOND, F. B. **Itens de controle e avaliação de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1994.

FERRO, J. R. (2003). **A essência da ferramenta “Mapeamento do Fluxo de Valor”**. Lean Institute Brasil. Disponível em: <<http://www.lean.org.br>>. Acesso em 10/10/2015.

FRENDALL, L. D.; PATTERSON, J. W.; KNEEDY, W. J. **Maintenance modeling its strategic impact**. Journal of Managerial Issues, v. 9, n. 4, p. 440-448, 1997.

GUICHARD, João Heitor Cunha Serra. **“Sistema de Produção Pull”** realizado na Bosch Car Multimedia Portugal. Relatório do Projecto Curricular do MIEIG, 2008/2009.

MARANHÃO, M. ISO série 9000: manual de implementação – versão 2000. 6. ed. Rio de Janeiro: Quality mark, 2001.

MAROUN, Christianne Arraes - **Manual de Gerenciamento de Resíduos: Guia de procedimento passo a passo**. SEBRAE - Rio de Janeiro: GMA, 2006.

NAVUS - Revista de Gestão e Tecnologia. Florianópolis, SC, v. 4, n. 2, p. 05-18, jul./dez. 2014.

PALADY, P.; FMEA - análise dos modos de falha e efeitos prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram. Editora Brochura. 3 ed. 2004

PALMER, C. F. **Controle total de qualidade**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1974.

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: Quality mark, 2001.

PASSOS, Francisco U.; ARAGÃO, Irlam R. **Melhorias operacionais de processos contínuos acompanhadas por Ferramentas da produção enxuta– estudo de caso em uma Petroquímica brasileira**. REGE, São Paulo, v.20, n.2, p. 267-282, abr/jun. 2013.

PEREIRA, Cândido Souza. 2014. **Introdução ao Estudo do Processo Decisório**. Digital Books Editora. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=wMMbBAAQBAJ&pg=PT33&dq=matriz+gut&hl=pt-BR&sa=X&ei=ChpVVdu2B9e1sQTmhIFA&ved=0CD4Q6AEwBg#v=onepage&q=matriz%20gut&f=false>> Acesso em 02 setembro 2016.

REIS, H. L.; FIGUEIREDO, K. F. **A redução de desperdícios na indústria**. Revista de Administração, São Paulo, v.30, n.2, p.39-49, abril/junho. 1995.

SHINGO, S. **Zero Quality Control: Source Inspection and Poka-yoke System**. Cambridge, MA: Productivity Press, 1988.

SPENCER, J. C. **The usefulness of qualitative methods in rehabilitation: issues of meaning, of context and of change**. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, v.74, p.119-126, 1993.

TRZESNIAK, Piotr. **Indicadores quantitativos: como obter, avaliar, criticar e aperfeiçoar**. Navus Revista de Gestão e tecnologia, SC, v. 4, n. 2, p. 05-18, jul./dez. 2014.

VALENTE, Solan Arantes. **Indicadores de Desempenho como Ferramenta de Alinhamento Estratégico – A Experiência do Senac Paraná**. Revista Ibero-Americana de Estartegia – RIAE, v.13, n.4, out/dez. 2014.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Criando a cultura Seis Sigma**, Nova Lima, MG: Werkema Ed, 2004.

WERNER, Eveline de M.; BACARJI, Alencar G.; HALL, Rosemar J. **Produção mais limpa: conceitos e definições metodológicas**. Revista InGEPRO - Eletrônica, v. 03 - n. 02 - p. 46-58 - fev. 2011.

WOMACK, J. P; JONES, D, T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: campus, 1992.

ANEXOS

Anexo 1 – Formulário VSM - Coleta de potenciais

