

Redução nas perdas de uma máquina de protetores diários utilizando o ciclo DMAIC

Marília Dal Mollin da Rosa (UFRGS) – m.dalmollin@hotmail.com

Tarcísio Abreu Saurin (UFRGS) – saurin@ufrgs.br

RESUMO

Este trabalho descreve a aplicação da metodologia Seis Sigma através do ciclo DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). Tal metodologia foi aplicada com o objetivo de reduzir as perdas e os custos de produção de uma máquina de protetores diários de uma multinacional do ramo da higiene pessoal. Inicialmente, foi identificada oportunidade de atuação nesta máquina, por apresentar os maiores índices de perda da planta. Posteriormente, foram apontados os principais causadores destas perdas e analisados seus modos de falha e potenciais soluções através da utilização de ferramentas como Pareto, FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) e 5 porquês. Após a conclusão do projeto foi possível verificar nos primeiros quatro meses de análise uma redução de aproximadamente 20% nas perdas da máquina.

Palavras-chave: Seis sigma. DMAIC. Perdas de protetores diários. Higiene pessoal feminina.

ABSTRACT

This paper describes the application of Six Sigma methodology using the DMAIC (*define, measure, analyze, improve, control*) cycle to reduce costs and production losses of a liner's machine from a personal hygiene's multinational. This machine was at first identified as an opportunity due to showing the whole plant's worst losses index. Main loss causes were after identified, as their failure modes and potential solutions were analyzed through tools such as Pareto, FMEA and 5 whys. Loss taxes of the machine decreased nearly 20% in the first four months of analysis.

Keywords: Six sigma, DMAIC, losses, personal hygiene.

1. INTRODUÇÃO

O mercado atual está a cada dia mais competitivo e exigente, o que faz com que as empresas busquem produzir de modo a utilizar o mínimo de recursos possível, sem com isso comprometer a qualidade dos produtos ou deixar de atender as exigências dos

clientes. Assim, é de extrema importância ser capaz de projetar e gerenciar processos flexíveis, baratos e simples, de forma a atender clientes geograficamente dispersos com produtos de ciclo de vida reduzidos (ROTHER; HARRIS, 2002). Segundo Lowenthal (2002), o sucesso de uma empresa depende de sua capacidade de atender a seus clientes e de sua eficiência em estruturar seus processos internos para satisfazer às demandas externas.

Nesse contexto, a metodologia Seis Sigma possui elevado sucesso em sua aplicação nas empresas, pois deposita na voz do cliente a parte mais importante de sua metodologia sem deixar de levar em consideração a voz do processo (LOWENTHAL, 2002). Além disso, essa metodologia auxilia a empresa no aumento de sua lucratividade através da redução dos custos, otimização de produtos e processos e melhoria na satisfação de clientes através da melhoria da qualidade (WERKEMA, 2012). Um dos fatores de sucesso desse método, segundo Werkema (2012), é a utilização do ciclo DMAIC. Nesse ciclo são buscadas soluções para os problemas analisados desde o princípio e há um forte enfoque no planejamento do projeto. Também são utilizadas ferramentas estatísticas para auxiliar na resolução de problemas complexos, na busca por melhorias e na inovação de produtos (FILHO; MANSUR, 2007).

No âmbito do setor de higiene pessoal, Martins (2005) constatou que, na última década, houve um crescimento acentuado nesse setor; além disso, segundo esse autor, o setor tem grande importância no mercado brasileiro, atestada pelo número de indústrias internacionais com atividades produtivas e comerciais no país, o que reforça a necessidade da melhoria contínua dos processos e a busca constante por redução de custos e melhoria no atendimento aos clientes. Isso se observa na organização em estudo, que é uma multinacional do ramo e está em constante crescimento. Além disso, por se tratar de uma multinacional, a empresa sofre com as variações do dólar, o que faz com que busque, ainda mais, a redução de seus custos para que esteja preparada para absorver as oscilações cambiais.

A partir do contexto descrito, o objetivo deste trabalho é, através da aplicação da metodologia Seis Sigma com o ciclo DMAIC, reduzir as perdas de uma máquina de produção de protetores diários para que, conseqüentemente, possam ser diminuídos seus custos de produção e assim aumentada a lucratividade da empresa. Espera-se, com a aplicação das metodologias citadas, reduzir os recursos necessários para produção de

protetores diários através da melhor utilização da máquina e dos insumos necessários para este tipo de produto.

Este artigo divide-se em cinco seções. Primeiramente, é apresentada a introdução, de modo a contextualizar o problema e a descrever as finalidades do estudo; em seguida, é realizada uma revisão da bibliografia, que busca apresentar os principais conceitos que serão utilizados ao longo do artigo. Na terceira seção é apresentada a metodologia do trabalho, baseada no ciclo DMAIC, na qual são descritas as ferramentas utilizadas e o cenário estudado. Na quarta seção é apresentada a intervenção realizada na empresa e os resultados obtidos, seguida da conclusão, em que são discutidas as principais dificuldades encontradas na aplicação e, também, feitas as considerações finais referentes ao estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta o referencial teórico que embasa o artigo e está dividida em três subseções: (i) seis sigma, onde é descrita a metodologia, sua origem e exigências, (ii) ciclo DMAIC, onde são descritas as etapas de aplicação do ciclo e (iii) principais ferramentas, onde são descritas as ferramentas de maior importância para a aplicação do método.

2.1. SEIS SIGMA

Em termos estatísticos, seis sigma significa 3,4 defeitos por milhão de oportunidades, em que o sigma representa a variação em relação às especificações de um processo (CORONADO, 2002). Em relação a essa abordagem, segundo Santos & Martins (2008), o foco está na quantificação da variabilidade associada a uma variável de interesse no processo e existe forte relação desta visão com os conceitos do CEP (controle estatístico de processo). Existe, ainda, a abordagem metodológica do Seis Sigma, que está mais ligada a estruturação de projetos e pode ser compreendida como uma estratégia (SANTOS; MARTINS, 2008). Como metodologia, destaca-se que o Seis Sigma foi criado na década de 1980 pela Motorola para reduzir as perdas por qualidade de produto (MAUKIEWICZ; SUSKI, 2009). Após o seu desenvolvimento, a popularização se deu devido ao sucesso da implementação na General Eletric (GE) na década de 1990 (BLACK; REVERE, et al., 2002). Sua vantagem em relação a outros programas de qualidade é a quantificação dos ganhos financeiros (REIS; RIBEIRO, 2003).

Para aplicação dessa metodologia é exigido pessoal especializado, conhecidos como “belts”, nomenclatura oriunda de uma analogia com especialistas em artes marciais (REIS; RIBEIRO, 2003). O Quadro 1 apresenta os papéis de cada *belt*, suas funções, o nível de conhecimento necessário e a colocação destes nas empresas.

Quadro 1 – Papel dos Belts			
Papel	Função	Nível de conhecimento	Colocação na empresa
<i>Champion/ Patrocinador</i>	Treinar e liderar o processo; definir a área a ser desenvolvida; patrocinar e acompanhar os projetos; definir os grupos;	Alto conhecimento sistêmico da empresa;	Alta Gerência (vice-presidente/ gestores chefe);
<i>Master Black Belt</i>	Liderar o programa; Treinar os Black e Green belts; Auxiliar durante o projeto como consultor interno;	Alto conhecimento técnico (matemática, estatística, metodologia);	Alta gerência/Função específica;
<i>Black Belt</i>	Liderar projetos de maior complexidade; Prestar <i>coaching</i> para as equipes;	Alto conhecimento técnico (matemática, estatística, metodologia);	Média liderança (engenheiros chefe/ gerentes);
<i>Green Belt</i>	Liderar projetos de menor complexidade;	Orientação técnica;	Média liderança (engenheiros profissionais);
<i>Yellow Belt</i>	Participar dos projetos;	Conhecimento da metodologia mais simplificada;	Demais funcionários;

Quadro 1 - Fonte: BELEM et al. 2009; HARRY; PANDE et al. 2003.

2.2. O CICLO DMAIC

A metodologia seis sigma utiliza como base o ciclo DMAIC, proveniente dos termos em inglês *Define-Measure-Analyze-Improve-Control* (definir-medir-analisar-melhorar-controlar). Esse ciclo é semelhante ao ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), porém apresenta maior ênfase no planejamento do projeto, pois possui três etapas que antecedem as ações de melhoria. Além disso, no ciclo DMAIC normalmente são

utilizadas ferramentas estatísticas, o que sustenta a efetividade das melhorias e confere ao projeto etapas de verificação e análise (FRANZ; CATEN, 2003). Lowenthal (2002), por sua vez, destaca que apesar do forte enfoque em planejamento demonstrado nesse ciclo, desde a etapa “medir” é possível compreender o processo e buscar ações de ganho rápido que tragam ao projeto soluções inovadoras.

Segundo Perry & Bacon (2007), a metodologia DMAIC pode ser utilizada tanto para projetos de melhoria em processos ou produtos já existentes, quanto para desenvolvimento de novos produtos. Para desenvolvimento de novos produtos, porém, algumas etapas são modificadas de maneira a melhor adequar a metodologia às necessidades deste tipo de projeto. As fases definir, medir e analisar se aplicam a todo o tipo de projeto, pois, mesmo para novos produtos e processos, é importante definir o escopo de trabalho, medir os ganhos financeiros e analisar as necessidades de otimização. Ao chegar à fase melhorar, no entanto deve-se modificar o ciclo quando o projeto se refere a novos produtos ou processos, pois não faz sentido melhorarmos algo que não existe. Desta maneira, considera-se que o ciclo DMAIC é perfeitamente adequado a projetos nos quais há necessidade ou oportunidades de melhoria em processos já existentes (PERRY & BACON, 2007).

Para novos processos ou produtos, porém, são usados ciclos como o DMADV (*define, measure, analyze, design and verify*) e o DMADOV (*define, measure, analyze, design, optimize and verify*). Neste âmbito destaca-se que, em tais ciclos, o início é o mesmo que para projetos de melhoria, mas a partir da etapa melhorar o ciclo é modificado (PERRY & BACON, 2007).

Na literatura existem diferentes entendimentos de quais sejam as ferramentas e os objetivos de cada etapa do ciclo DMAIC. Dessa maneira, segundo Reis & Ribeiro (2003), não há uma definição comum de quais as ferramentas ideais e em que ordem elas devem ser aplicadas. O quadro 2 apresenta um resumo dos objetivos de cada etapa e, também, as ferramentas mais utilizada em cada uma delas.

Quadro 2 – Etapas do ciclo		
Etapas	Objetivos	Ferramentas
Definir	Delimitar o escopo, metas e indicador do projeto; Estimar os ganhos financeiros; Estratificar o problema;	<i>Project Charter</i> ; Gráfico de Pareto; Gráfico Gantt; Mapa SIPOC; Árvore de CTQ's; Softwares estatísticos;

	Entender a voz do cliente;	
Medir	Validar o problema; Mapear o processo; Quantificar a capacidade do processo; Levantar causas do problema; Identificar causas raízes	Mapa de fluxo de valor; Fluxograma do processo; Análise dos ganhos rápidos (VA/NVA); Ishikawa; Matriz Causa/Efeito;
Analisar	Validar as causas raízes dos problemas; Gerar de soluções; Atualizar indicador	CEP; FMEA; 5 Porquês; 5W2H;
Melhorar	Selecionar soluções; Definir plano de implementação para as melhorias; Implementar melhorias	Matriz de priorização; Análise da Árvore de falhas; DOE; Piloto;
Controlar	Padronizar as melhorias; Corrigir o que for necessário; Acompanhar indicador; Validar metas; Avaliar equipe; Documentar; Entregar ao dono do processo	Instruções de trabalho; Cartões Kanban; 5S; Poka-Yokes; Auditorias; Modelo de Infuência;

Tabela 2 - Fonte: Elaborado pelo autor

2.3. PRINCIPAIS FERRAMENTAS

Esta seção apresenta a descrição teórica das ferramentas de maior importância para aplicação do método. Está dividido em 4 subseções: (i) Project charter; (ii) Mapa SIPOC; (iii) Árvore CTQ; (iv) FMEA.

2.3.1. PROJECT CHARTER

O *Project Charter* é um documento que descreve os pontos chave do projeto e funciona, desta forma, como um guia para o líder (VARGAS, 2006). Além disso, por se tratar de um documento que exige a assinatura do gerente da planta e dos componentes da equipe, mantém o comprometimento da organização, da alta gerência e do grupo de trabalho com o projeto (MCKEEVER, 2006). De maneira geral, esse documento deve conter, entre outros pontos: o título do projeto, a proposta, o escopo e os objetivos do mesmo, os papéis e responsabilidades de cada componente do grupo, os riscos identificados, os recursos necessários, o indicador que medirá o sucesso do projeto e sua

meta, além da aprovação do *champion* ou *steakholders* (MCKEEVER, 2006). Um ponto de extrema importância é a definição do escopo do projeto, pois este não pode ser pequeno demais a ponto de não ser significativo para a companhia e não pode ser grande demais a ponto de inviabilizar sua realização (PERRY & BACON, 2007).

2.3.2. MAPA SIPOC

A aplicação da ferramenta SIPOC auxilia no esclarecimento do fluxo do processo. Esta é a sigla para *Suppliers* (fornecedores), *Inputs* (entradas), *Process* (processo), *Outputs* (saídas) e *Customers* (clientes) (MACIEL & FOGLIATTO, 2002). Para Mello et al. (2010), o fornecedor é aquele responsável pelas entradas, que por sua vez serão transformados durante o processo, que por sua vez corresponde às atividades em que a transformação leva a um resultado esperado. As saídas, de modo sequencial, são os produtos ou serviços conforme solicitado pelos clientes que por sua vez são aqueles que recebem o produto ou serviço. Desta forma, considera-se que, com esta ferramenta, é possível delimitar onde inicia e termina o campo de atuação do projeto, além de auxiliar na definição da equipe de trabalho, por deixar claro os setores envolvidos no processo (ANDRADE; MARRA; LEAL; MELLO, 2012).

2.3.3. ÁRVORE CTQ

Os CTQ's ou *Critical to quality* são o conjunto de requisitos que representam as necessidades e expectativas do cliente em relação ao processo ou produto analisado e que estes devem estar em concordância com as ações tomadas no projeto (WERKEMA et al. 2014). A árvore dos CTQ's traduz estas necessidades de forma visual, a partir das associações dos aspectos relevantes para satisfação dos clientes com os processos, qualidade, custos e segurança no projeto, de modo a gerar para estes restrições e oportunidades de melhoria (DOMENECH et al. 2014)

2.3.4. FMEA

O FMEA ou *Failure Mode and Effect Analysis* é um método estruturado para identificar, priorizar e reduzir os modos de falha do processo definido no projeto. Nessa ferramenta, são identificados os modos de falha para cada causa ou atributo levantados e estes são priorizados de acordo com a gravidade de suas consequências, sua frequência de ocorrência e pelo quão facilmente podem ser detectados (AARTSENGEL; KURTOGLU, 2013). Nesse âmbito destaca-se que, é de extrema importância uma boa

priorização das causas nas etapas preliminares para que seja possível realizar uma análise aprofundada dos modos de falha (PERRY; BACON, 2007).

Para priorização dos modos de falha pode ser utilizada a escala apresentada no quadro 3.

Quadro 3 – RPN			
Escala	Severidade	Probabilidade de ocorrência	Chance de detecção
10	Perigo sem aviso	Muito Alta: Falha praticamente inevitável	Não pode ser detectado
9	Perigo com aviso		Chance muito remota de detecção
8	Perda de desempenho de função primária	Alta: Falha frequente	Chance remota de detecção
7	Redução de desempenho de função primária		Chance muito baixa de detecção
6	Perda de desempenho de função secundária	Moderada: Falha ocasional	Chance baixa de detecção
5	Redução de desempenho de função secundária		Chance moderada de detecção
4	Mínimo defeito percebido por muitos clientes		Chance moderadamente alta de detecção
3	Mínimo defeito percebido por alguns clientes	Baixa: Falha baixa	Chance alta de detecção
2	Mínimo defeito percebido por poucos clientes		Chance muito alta de detecção
1	Sem efeito	Muito Baixa: Falha improvável	Detecção quase certa

Quadro 3 - Fonte: PERRY & BACON, 2007.

A partir da classificação realizada, são multiplicados os valores definidos em cada um dos requisitos e é gerado, assim, o RPN (*Risk Priority Number*), sendo este valor um número de 0 a 1000, onde o 1000 representa o pior tipo de modo de falha: com alta severidade, alta frequência de ocorrência e baixa chance de detecção (PERRY & BACON, 2007).

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

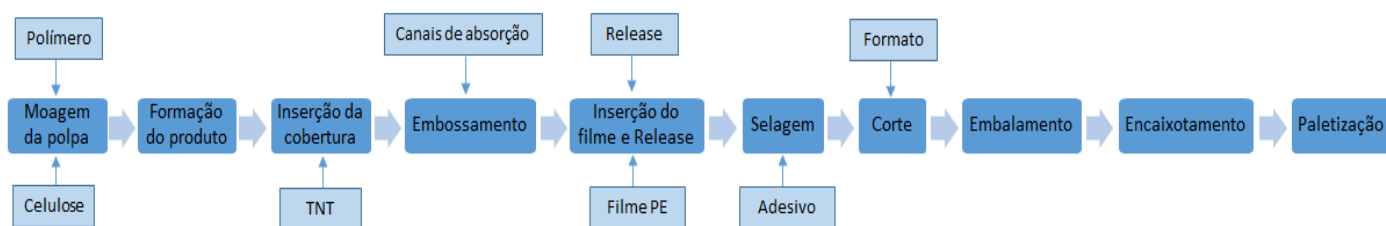
Nessa seção é apresentado o procedimento metodológico elaborado para atingimento dos objetivos propostos neste trabalho. Esta seção está dividida em três partes: descrição do cenário, método de pesquisa e etapas de aplicação.

3.1. DESCRIÇÃO DO CENÁRIO

A empresa em que o método foi aplicado é uma multinacional de origem americana do ramo da higiene pessoal, que produz fraldas, papéis, absorventes, entre outros produtos. Esta multinacional conta com plantas em operação localizadas em aproximadamente 40 países. No Brasil, está presente em 5 estados e possui cerca de 5 mil colaboradores. Mais especificamente, o estudo foi realizado na planta do Rio Grande do Sul, onde são fabricados absorventes externos e internos e, também, protetores diários. Destaca-se ainda que tal planta possui cerca de 500 colaboradores e está dividida em 8 células – 4 de absorventes externos, 2 de absorventes internos e 2 de protetores diários. A planta é responsável pela produção de protetores diários de todo o país, sendo esta a única planta que possui máquinas com capacidade de produção deste produto.

O processo de produção dos protetores diários é extremamente automatizado, e apenas as últimas etapas deste processo ocorrem de forma manual. Além disto, destaca-se que este processo de produção é contínuo, sendo a montagem do produto e a transformação dos insumos responsabilidade de uma máquina dividida em módulos. Este processo está descrito na Figura 1.

Figura 1 - Processo produtivo 1



A metodologia seis sigma vem sendo utilizada na corporação há cerca de 2 anos para desenvolvimento de projetos e solução de problemas de maior complexidade.

3.2. MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa apresentado é de natureza aplicada, pois a validação do método depende do sucesso encontrado durante a aplicação. A abordagem é quantitativa, pois os resultados da aplicação serão medidos com base em parâmetros tangíveis – a redução nas perdas da máquina. A natureza do trabalho, por sua vez, é considerada descritiva, pois será descrito como ocorreu a aplicação do método e como este pode ser replicado em outros processos produtivos. Quanto ao procedimento, o trabalho é caracterizado como uma pesquisa-ação, pois segundo Dick *et. al* (2009) a pesquisa-ação possui pesquisa para gerar entendimento e a ação que traz à empresa modificações.

3.3. ETAPAS DE APLICAÇÃO

A metodologia seguida neste estudo está de acordo com as etapas do ciclo DMAIC que serão descritas a seguir. Além disto, destaca-se que devido à literatura apresentar grande variação nas ferramentas utilizadas em cada etapa, foram consideradas as ferramentas que melhor se adequaram à realidade do processo e do problema observado.

3.3.1. DEFINIR

Esta etapa foi iniciada pela definição do grupo de trabalho e realização do *project charter*. Neste contexto, a estagiária e autora do artigo atuou como observadora participante, de modo a auxiliar na pesquisa de conceitos e na aplicação de ferramentas, além de fazer parte das discussões técnicas. Além disto, destaca-se que, no *project charter*, foram descritas os seguintes aspectos: os participantes, o líder e o patrocinador do projeto, o dono do processo, o retorno financeiro, o caso do negócio – relação do projeto com a estratégia da empresa, as oportunidades encontradas, a meta e escopo do projeto, os benefícios deste para os clientes e os recursos necessários. Além disto, nesta etapa foi definida a *baseline* do projeto, que é a métrica a ser acompanhada e atualizada durante seu andamento e após sua conclusão. Foram realizados também o mapa SIPOC e a árvore CTQ para o projeto, para definir, assim, o escopo do projeto, além de suas limitações, início e final.

Ainda nesta etapa foi realizada a estratificação do “Y”, como é nomeado o problema tratado durante o projeto. Tal estratificação foi realizada para identificação dos problemas que geram perdas na máquina. Posteriormente, foi utilizado o gráfico de Pareto para priorização dos problemas mais relevantes.

3.3.2. MEDIR

A primeira atividade realizada nesta máquina foi a análise das possíveis ações de ganho rápido do projeto, ou seja, ações que não necessitam de investimento e podem ser implementadas sem maiores análises em máquina. Para acompanhamento destas ações foi utilizado o método 5W2H (*What, Who, When Where, Why, How, How much*). Além disto, foi utilizado o diagrama de Ishikawa para identificar as possíveis causas dos pontos priorizados no Pareto da etapa definir. Tal atividade resultou, assim, na identificação dos x's do projeto, como são nomeadas as causas relacionadas ao problema analisado. Para priorização destas foi utilizada a matriz causa-efeito, que correlaciona o impacto dos x's com relação ao Y a partir da escala 0, 1, 3 e 9, sendo 0 baixa correlação e 9 alta correlação.

3.3.3. ANALISAR

Na etapa analisar foi aplicado o FMEA. Assim, as causas priorizadas na etapa anterior foram analisadas com relação aos seus modos de falha. De modo complementar, para definição do RPN dos modos de falha, foi utilizada a escala apresentada no Quadro 3 (utilizando como critérios a severidade do problema, a probabilidade de ocorrência e a chance de detecção). De modo subsequente, para os modos de falhas priorizados foi feita uma análise de 5 porquês em busca das causas raízes e para que fosse gerado um plano de soluções para cada causa raiz.

3.3.4. MELHORAR

Nesta etapa foram avaliadas as soluções oriundas das análises realizadas nas etapas anteriores. Além disto, destaca-se que, a partir disto, foi planejada a implementação das soluções utilizando um 5W2H elaborado na etapa medir, com as ações de ganho rápido.

3.3.5. CONTROLAR

Nesta etapa os indicadores foram atualizados mensalmente de maneira a acompanhar se as soluções propostas foram efetivas e sustentáveis. Também foram avaliadas quais melhorias poderiam ser difundidas nas demais máquinas da planta.

Além disto foi realizada a entrega do projeto ao dono do processo, por meio da documentação com todas as ferramentas e análises aplicadas ao longo do projeto.

4. RESULTADOS

A aplicação do método de trabalho proposto é apresentada nesta seção. As subseções se dividem em: (i) definir; (ii) medir; (iii) analisar; (iv) melhorar e (v) controlar.

4.1. DEFINIR

A primeira atividade da etapa definir se responsabilizou pela realização do *project charter*, no qual foram alinhadas as definições estratégicas do projeto, conforme consta no Quadro 4. O retorno do projeto, item que caracteriza os projetos seis sigma, por sua vez, foi calculado com base no custo variável poupado associado a quantidade de produtos que se deixaria de perder de acordo com a meta, além do custo fixo de disponibilidade de máquina associado a esta mesma quantidade de produtos.

Quadro 4 – Project Charter			
Projeto Seis Sigma: Redução das perdas de uma máquina de protetor			
Produto	Perda de protetor	Retorno	102.000,00 (US\$/ano)
Belt líder	Eng. de Produção	Setor	Produção
Patrocinador	GTE da planta	Dono	GTES de produção
Champion	GTE da planta	Início	20/09/2014
MBB	GTE de MC	Final	20/03/2015
Informação	Descrição		
1. Caso de negócio	O projeto apoia a redução nas perdas da máquina de protetores e está ligado à estratégia da companhia, pois visa reduzir o custo de produção do produto por meio da redução do refugo. Também está alinhado com a meta de perda de 2015 para a máquina.		
2. Oportunidades	Nos meses de julho/13 a agosto/14 a máquina ficou com um resultado percentual médio de 2,55% de perdas – o que indica que a máquina ficou 22% acima do objetivo definido para 2014 que era de 2%. No entanto, nos meses de out/13 e nov/13 a máquina atingiu o resultado mensal de 1,9%, valor que pode ser utilizado como <i>benchmark</i> .		

3. Meta	A meta é reduzir em 25% os indicadores percentuais de perda da máquina, alinhado com o objetivo de que a perda seja $\leq 2\%$.
4. Escopo do projeto	Atuar na máquina de protetores, sob a perspectiva das perdas da máquina, sem assim impactar na eficiência e indicadores de qualidade. Está fora do escopo o retrabalho gerado.
5. Membros da equipe	Engenheiro de Produção - 40%
	Gerente de Produção - 10%
	Estagiária - 30%
	Operador de Produção TA - 5%
	Engenheiro eletrônico - 5%
	Operador de produção TB - 5%
	Operador de produção TC - 5%
6. Benefícios para clientes externos	Os clientes externos serão beneficiados através da manutenção dos preços do produto. A companhia como cliente será beneficiada a partir da diminuição do valor de custo de produtos rejeitados, de forma a aumentar, desta forma, os lucros.
8. Recursos requeridos	Os recursos necessários deverão ser os já disponibilizados pela empresa, como mão de obra e peças de reposição.
9. Assinatura dos responsáveis	Black Belt: Gerente de produção Champion: Gerente de planta Finanças: Analista de custos

Quadro 4 – Fonte: Elaborado pelo autor

No documento é definido o tempo de dedicação dos participantes durante o projeto, porém não são definidas claramente suas funções. Neste âmbito destaca-se que o engenheiro de produção foi o *green belt* do projeto, pois foi responsável por liderar a equipe na aplicação das ferramentas. O gerente de produção, por sua vez, foi o *black belt* do projeto, responsável por auxiliar o *green belt* quando necessário. A estagiária, *yellow belt*, auxiliou como observadora participante, a partir da observação das técnicas aplicadas, do auxílio na aplicação das ferramentas e de participação nas discussões. Os

demais participantes contribuíram nas reuniões técnicas, ao expor suas vivências práticas para maior entendimento do problema e em busca de soluções.

Além dos aspectos citados destaca-se que o projeto teve duração de 5 meses e teve seu escopo definido com base nos indicadores de perda da fábrica e da máquina. A máquina definida apresentou os piores indicadores de perda com relação a sua capacidade, e não atendeu, desta forma, a meta percentual de perdas definida para o ano de 2014.

O *baseline* do projeto, isto é, indicador a ser acompanhado para medir o retorno e sucesso do projeto, foi o índice de perda da máquina. Este indicador é medido e registrado a cada hora na máquina através de um contador eletrônico de produtos no início do processo *versus* a quantidade de caixas lançadas pelo operador como produção vendável. Assim, considera-se que o indicador mede quantos produtos bons saíram da máquina com relação à quantidade total de produtos que começou a ser processada, tratando-se, assim, de indicador em formato percentual.

Além dos aspectos citados, o mapa SIPOC foi confeccionado para definição do início e do final do processo analisado, de maneira a auxiliar na definição do escopo de trabalho do projeto, e também, dos processos afetados e entradas que influenciam nos resultados acompanhados. O mapa SIPOC elaborado pode ser visualizado na figura 3.

Figura 3 - Mapa SIPOC

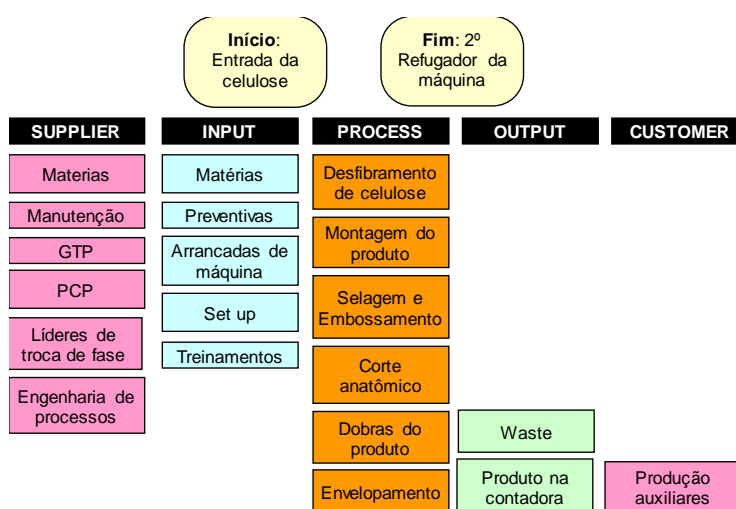


Figura 3 – Fonte: Elaborado pelo autor 1

Além do mapa SIPOC, também para entendimento do impacto sistêmico gerado pelo projeto, foi realizada a árvore CTQ do projeto, conforme apresentado na figura 4. A partir do resultado de uso destas ferramentas, foi definido que não seriam tratados

problemas associados ao embalagem de produto, ou seja, só seriam analisados problemas de máquina anteriores à contadora e embaladora, pois após estes pontos, os produtos são retrabalhados pelos auxiliares manualmente. Além disto, foi evidenciado ser imprescindível, após as ações, manter os indicadores de qualidade de produto, de eficiência e de segurança controlados na máquina. Foi definido também que não seriam tratadas perdas associados a *setups* de linha e manutenções preventivas, por estes fatores já estarem sendo tratados por outros projetos que ocorrem de forma concomitantemente a este.

Figura 4 - Árvore de CTQ's

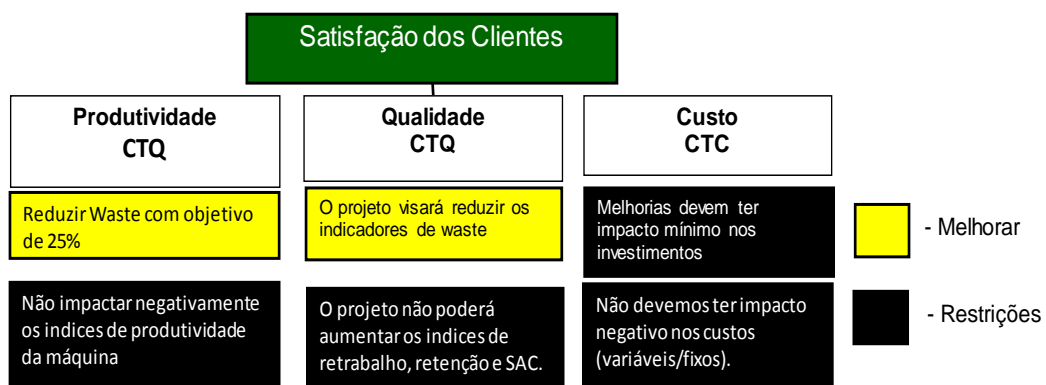


Figura 4 – Fonte: Elaborado pelo autor

Na etapa definir, também foi realizada a estratificação do Y, isto é, foram associadas ao problema as principais fontes de perda da máquina. A partir disto foram analisados os pontos de refugo da máquina anteriores ao embalagem. Posteriormente, após o levantamento destes dados, foram evidenciados os principais problemas.

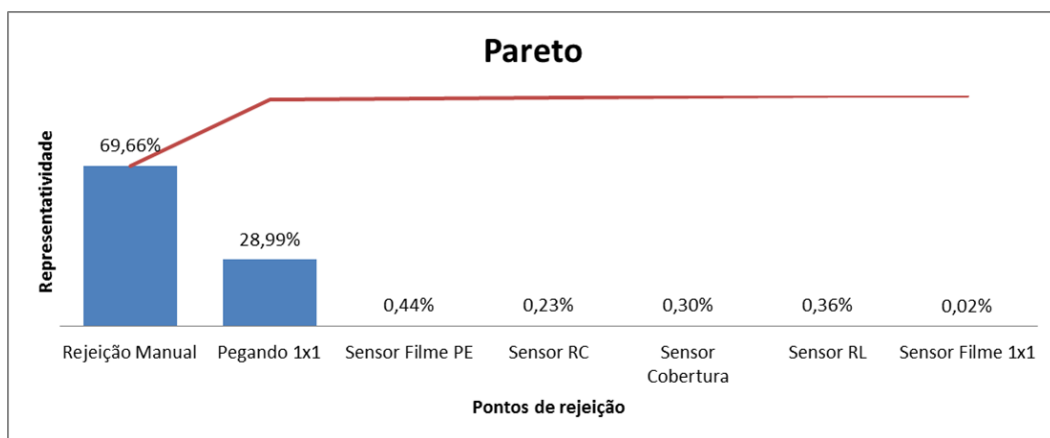


Gráfico 1 – Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme observado no gráfico 1, os principais problemas associados às perdas da máquina são associadas a arrancadas de máquina e falhas relacionadas ao sensor do 1x1.

Como são inúmeros os motivos que levam a arrancadas de máquina, foi necessário também analisar este fator de maneira a priorizar suas causas. Para isto, foram analisadas as paradas de máquina com base em sua frequência, ou seja, quais os motivos que levam ao maior número do arrancadas. As paradas de máquina, assim como o indicador de perda, é gerado a cada hora e também lançadas pelo operador.

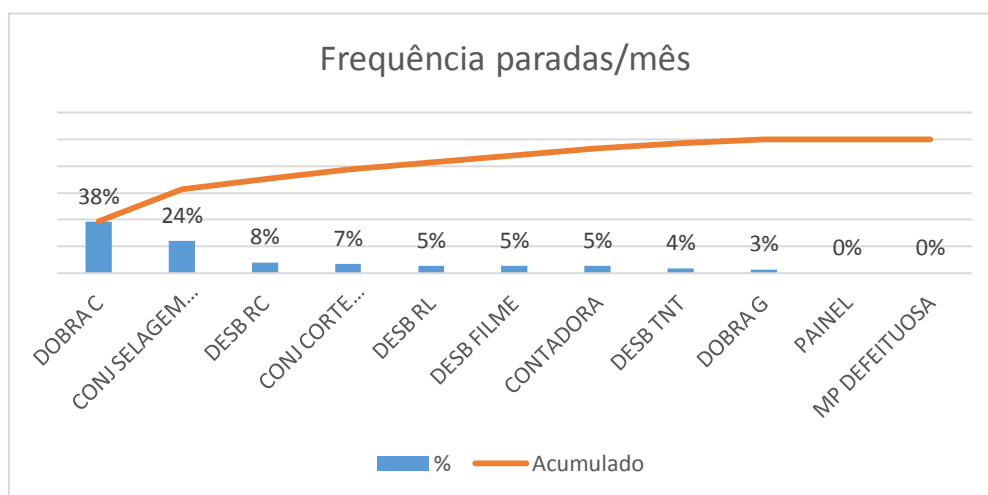


Gráfico 2 – Fonte: Autoria própria

O gráfico 2 apresenta os problemas que tiveram maior ocorrência no período verificado – de um ano – foram os associados à dobra C e selagem anatômica, por se tratar de um processo contínuo; porém, se faz necessário o entendimento das causas raízes destas paradas, para que não sejam tratados apenas os sintomas e as soluções sejam sustentáveis. Estas paradas foram analisadas de maneira mais aprofundada nas etapas que seguem.

4.2. MEDIR

Nesta etapa, inicialmente, foram levantadas as ações de ganho rápido, que não necessitam de grandes investimentos ou análises. Estas ações serão apresentadas na próxima etapa, juntamente com o plano de ação oriundo das próximas etapas.

Para identificação das causas dos problemas priorizados, foram realizados dois diagramas de Ishikawa. A partir da análise destes diagramas, foram identificadas aproximadamente 30 causas para as principais paradas da máquina. Desta maneira, para uma análise assertiva, foi realizada a priorização destas causas para posterior realização do FMEA. Para isto, foi utilizada uma matriz de priorização, e a escala de 0, 1, 3 e 9

para indicar a correlação das causas com os problemas. A tabela 1 apresenta as causas priorizadas nesta etapa.

Tabela 1 – Causas priorizadas			
X	M's	Variáveis	Impacto
x5	Máquina	Falha do sensor 1x1	9
x6	Máquina	Rompimento de fitilho	9
x9	Máquina	Atraso do produto na calha 1x1	9
x15	MP	Problema de matéria-prima (rompimento)	9

Tabela 1 – Fonte: Autoria própria

A partir da análise da tabela pode-se verificar que, entre os problemas priorizados estão a falha do sensor 1x1, que faz a rejeição dos produtos defeituosos no último ponto da máquina antes do envelopamento final, o rompimento de fitilho, que é o rompimento da matéria-prima que sai do corte anatômico, o atraso do produto na calha 1x1, que é onde o produto sofre o envelopamento individual e os problemas de rompimentos de matérias-primas, como cobertura, filme plástico, release, que são colocadas em bobinas na máquina.

4.3. ANALISAR

Neste etapa foi realizado o FMEA para as causas priorizadas na etapa supracitada. O cálculo do RPN por sua vez foi realizado a partir da escala apresentada no Quadro 3. A tabela 2 apresenta as falhas priorizadas – com RPN acima de 100.

Tabela 2 - FMEA				
Funções (#2)	Modos de falha (#3)	Efeitos (#4)	Causas (#6)	RPN (#10)
Sensor 1x1	Falha de leitura	Pegar produto 1x1	Fibra quebrada	120
		Retrabalho	Sujeira sensor	160
		Refugo	Descalibração	320
		Danificar conjunto		
	Came fora de	Parar a máquina	Transmissão	160

	posição	Refugo de arrancada	Ajuste eletrônico	192
Atraso do produto na calha 1x1	Variação da dobra G	Parada de máquina	Produto com a aba aberta	128
		Parada de máquina	Produto atrasando na dobra C (PSW)	128
		Parada de máquina	Variação de espessura	128
		Parada de máquina	Faca anatômica com corte deficiente	128
Rompimento MP	Dimensão	Refugo de arrancada	Processo de fabricação do fornecedor	120
	Tensionamento	Refugo de arrancada	Processo de fabricação do fornecedor	120
	Emenda	Refugo de arrancada	Processo de fabricação do fornecedor	120

Tabela 6 – Fonte: Elaborado pelo autor

A partir da análise da tabela, pode-se destacar que o rompimento de fitilho não foi priorizado entre as causas, pois é um problema inerente ao processo e à matéria-prima utilizada. Posteriormente as falhas priorizadas foram analisadas através de um 5 porquês de maneira a encontrar suas causas raiz e assim gerar soluções para estas causas.

4.4. MELHORAR

Na etapa melhorar foi gerado um plano de ação com as ações de ganho rápido e, também, as ações encontradas para solução das causas raiz identificadas nos 5 porquês da etapa analisar. Neste âmbito destaca-se que nem todas as ações encontradas puderam ser implementadas, devido a seu custo ou à dificuldade de implementação. A partir disto, foi gerado um 5W2H para definição de prazos e de estratégias para implementação das ações. Este plano de ação idealizado pode ser visualizado no Quadro 5.

Quadro 5 – Plano de ação			
Ação	Problema	O que	Quem
Definir o nº de peças para	Arrancadas	Verificar e definir	Operador

cada troca de MP	de máquina		
Programar para a máquina arrancar em modo automático	Arrancadas de máquina	Realizar levantamento da capacidade da máquina	Engenheiro
	Arrancadas de máquina	Alterar parâmetros de acionamento de conjunto e válvulas na arrancada da máquina	Eletrônico
	Arrancadas de máquina	Reduzir o tempo de <i>start-up</i> do conjunto de selagem anatômico na arrancada	Eletrônico
Bloquear o acesso para alterar o nº de peças rejeitas	Arrancadas de máquina	Bloquear acesso após definição da ação 1	Eletrônico
Altura do rolete do cilindro elevador fora de posição	Rompimento de MP	Pinar altura	Mecânico
Interferência bico x filme	Rompimento de MP	Pinar altura	Mecânico
Velocidade de acionamento do cilindro elevador	Rompimento de MP	Colocar válvula reguladora de fluxo	Engenheiro
Velocidade de acionamento do cilindro elevador	Variação da dobra G	Definir parâmetro de pressão	Engenheiro
Adquirir lubrificador automático (conj. rotativos)	Variação da dobra G	Orçar lubrificador automático	Engenheiro
Troca dos parafusos de fixação do sensor 1x1	Sensor 1x1	Trocar parafusos e incluir na análise preditiva	Mecânico
Criar indicador de centro de máquina nas esteiras	Variação na dobra G	Pintura das esteira no centro	Engenheiro

Quadro 5 – Fonte: Elaborado pelo autor

Quanto a ordem de realização destaca-se que as ações de ganho rápido foram realizadas já no início do projeto, em dezembro; já as demais ações, oriundas das análises do FMEA foram realizadas ao final do projeto. Além destes aspectos, destaca-se que algumas ações, como a de compra de lubrificador automático, por exemplo,

foram executadas após o término do projeto por necessitar de investimento. As ações estão associadas às seguintes causas raiz: falha no corte anatômico, deficiência na fixação do sensor 1x1, dificuldade em identificar se o produto está no centro de máquina, alto tensionamento de matéria-prima, falta de método de arranque de máquina e falta de definição do número de peças refugadas por troca de matéria-prima.

4.5. CONTROLAR

Nesta etapa, como forma de acompanhar se as ações realizadas foram assertivas, foram acompanhados mensalmente os resultados de perda da máquina. O gráfico 3 traz os resultados de perda da máquina desde o início do projeto até o momento atual, junho de 2015.

Além disto, foram analisados também os resultados de OEE – indicador de efetividade da máquina - e SAC – indicador de reclamações dos clientes - que permaneceram os mesmos ou em alguns meses reduziram. O gráfico 4 apresenta as paradas tratadas durante o projeto e sua redução em frequência antes e após sua conclusão.

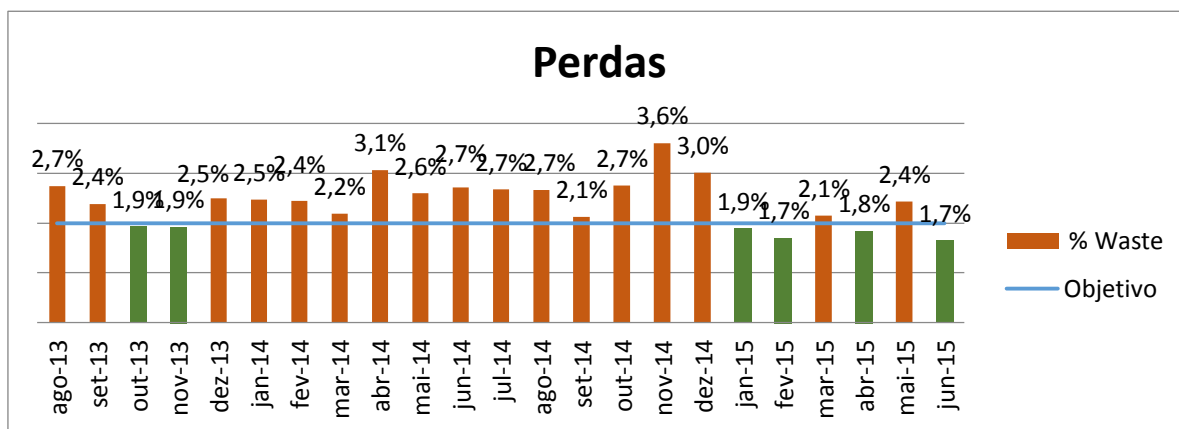


Gráfico 3 – Fonte: Elaborado pelo autor

A partir da análise do gráfico, conclui-se que, a partir de janeiro – após as ações de ganho rápido ser implementadas – o resultado da máquina já atingiu a meta definida no projeto. Ainda se faz necessário o acompanhamento destes indicadores até março de 2016, um ano após a entrega do projeto.

Quanto à análise dos resultados no mês de março de 2015 o objetivo não foi atingido devido a problemas relacionados à matéria-prima, que não puderam ser solucionados junto ao fornecedor no mesmo mês. No mês de maio de 2015 houve

problemas relacionados a peças de reposição na máquina, caso em que foi necessário utilizar peças inadequadas enquanto as peças corretas eram importadas.

5. CONCLUSÕES

A metodologia DMAIC vem sendo amplamente utilizada no mundo corporativo para solução de problemas de grande complexidade. Isto se justifica, pois tal metodologia propõe às empresas uma série de ferramentas que podem ser utilizadas de maneira estruturada em busca de melhorias de processos e resolução de cenários que apresentam grande variabilidade. Neste artigo, foi possível verificar a utilização e resultados desta metodologia numa empresa do ramo da higiene pessoal.

O objetivo do trabalho realizado foi reduzir as perdas de uma máquina de protetores a partir da utilização da metodologia Seis Sigma com o ciclo DMAIC, o qual já é amplamente utilizada na empresa em diferentes situações. A aplicação deste tipo de metodologia com o intuito de reduzir as perdas de uma máquina, nunca tinha sido realizado, e se mostrou bastante eficiente no período analisado. Isto se deve ao comprometimento e entendimento da equipe operacional e técnica quanto às ferramentas utilizadas, sendo isto efeito da forte divulgação dos projetos com resultados positivos para todos os níveis hierárquicos da empresa. Além disto destaca-se que em algumas situações, o projeto poderia ter sido colocado em segundo plano devido às ações de ganho rápido já terem trazido bons resultados para a máquina, o que exigiu do *belt* líder manter o foco da equipe nas ações de longo prazo.

Ao longo da aplicação da metodologia proposta algumas dificuldades foram encontradas. Entre elas pode-se citar a dificuldade para reunir a equipe para discussões técnicas. Por contar com operadores de três turnos diferentes, para que houvesse a participação dos três foi necessária a realização de reuniões em diferentes horários e muitas vezes em frente à máquina. Além disto, outros integrantes da equipe também encontraram dificuldades na participação devido a atividades inesperadas que ocorrem na rotina da fábrica.

Outra oportunidade encontrada durante o projeto, foi a forma de definição do escopo do projeto. Neste caso, o *belt* líder definiu o problema que seria tratado, o que fez com que o mesmo fosse condicionado a escolher a máquina sobre a qual mantinha maior conhecimento em detrimento da máquina que realmente apresentava os maiores problemas. Atualmente na empresa, a definição dos projetos é realizada pelo *master*

black belt, que analisa de forma sistêmica os dados da empresa e direciona aos *green belts* os projetos mais adequados. Ainda neste contexto, devido ao problema ter sido definido pelo *belt* líder, o escopo de trabalho ficou relativamente pesado, pois o trabalho foi iniciado sobre um problema muito amplo, o que gerou a necessidade de diversas prioridades ao longo do projeto para que fosse possível analisar de forma mais aprofundada cada ponto.

Como benefícios encontrados, a metodologia possibilitou à equipe o entendimento dos problemas da máquina. Tal entendimento possibilitou a melhoria dos resultados no escopo proposto e, também, no conhecimento técnico da equipe. Considera-se, assim, que a aplicação da metodologia trouxe um maior nível de criticidade para tratar os problemas da máquina também em outros aspectos, como qualidade e eficiência.

Como andamento da pesquisa, os resultados devem continuar sendo monitorados de maneira a garantir a eficiência das ações oriundas do projeto até sua entrega aos gerentes de produção, que se dará em março de 2016. Além disto, algumas ações tomadas durante o projeto podem ser replicadas em outras máquinas, tanto de protetores quanto de absorventes, que possuam semelhança com a máquina estudada. Como proposta para projetos futuros é possível propor tanto a aplicação da metodologia para redução nas perdas de outras máquinas que não estão com bom desempenho neste fator, além da utilização da mesma para a máquina estudada para melhoria dos fatores secundários que ainda não foram tratados durante o estudo realizado, como fatores relacionados à qualidade de produto e eficiência da máquina.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AARTSENGEL, A. V.; KURTOGLU, S.: **Handbook on continuous improvement transformation: The lean six sigma framework and systematic methodology for implementation**. Springer, 2013.

ANDRADE, G. E. V.; MARRA, B. A.; LEAL, F.; MELLO, C. H. P.: **Análise da aplicação conjunta das técnicas SIPOC, Fluxograma e FTA em uma empresa de médio porte**. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2012.

BULHÕES, I. R.: **Diretrizes para implementação de fluxo contínuo na construção civil: uma abordagem baseada na mentalidade enxuta**. Tese de doutorado Universidade Estadual de Campinas, 2009.

CORONADO, R. B.; ANTONY, J.: **Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations**. The TQM Magazine, v. 14, n. 2, p. 92 – 99, 2002.

- FILHO, C. B.; MANSUR, R.: **Uma evolução silenciosa no gerenciamento de empresas com o six sigma**. Brasport, 2007.
- FRANZ, L. A. S.; CATEN, C. S. T.: **Uma discussão quanto à relação dos métodos DMAIC e PDCA**. III Semana da Engenharia de Produção e Transportes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.
- LOBATO, K. C. D.; LIMA, J. P.: **Caracterização e avaliação de processos de seleção de resíduos sólidos urbanos por meio da técnica de mapeamento**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v.15, n.4, p. 347-356, 2010.
- LOWENTHAL, J. N.: **Guía para la aplicación de un proyecto seis sigma**. FC Editorial, 2002.
- WERKEMA, C.: **Criando a cultura lean seis sigma**. Campus, 2012.
- MACIEL, R. F.; FOGLIATTO, F.: **Análise das perdas de produção de uma empresa petroquímica utilizando a metodologia seis sigma**. Trabalho de conclusão do curso de Engenharia de Produção na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2012.
- MADRUGA, F. G.: **Redução de defeitos de qualidade em uma linha de produção através da metodologia seis sigma**. Relatório de estágio da Universidade do planalto Catarinense, 2014.
- MARTINS, R. C.: **Estratégia de compras na indústria brasileira de higiene pessoal e cosméticos: Um estudo de caso**. Tese de mestrado Universidade federal do Rio de Janeiro, 2005.
- MAUKIEWICZ, D.; SUSKI, C. A.: **Implantação da metodologia seis sigma**. Revista de Ciencia & Tecnologia, v. 16, n. 32, p. 31-38, 2009.
- MCKEEVER, C.: **The project charter – Blueprint for success**. The journal os defense software Engeneering, 2006.
- PEPPER, M. P. J.; SPEDDING, T. A.: **The evolution of lean six sigma**. Internacional Journal of Quality & Reliability Management, v. 27, n. 2, p. 138-155, 2010.
- PERRY, R. C.; BACON D.W.: **Commercializing great products with design for six sigma**. Prentice Hall, 2007.
- REIS, A.F.; RIBEIRO, J. L. D.: **Seis sigma: Um estudo aplicado ao setor eletrônico**. Tese de mestrado Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.
- ROTHER, M.; HARRIS R.: **Criando fluxo contínuo – um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção**. Lean Institute Brasil, 2002.
- SANTOS, A. B.; MARTINS, M. F.: **Modelo de referência para estudar o Seis Sigma nas organizações**. Revista Gestão e Produção, v. 15, n. 1, p. 43-56, 2008.
- VARGAS, R.: **Gerenciamento de projetos: Estabelecendo diferenciais competitivos**. Brasport 2006.
- WERKEMA, C.: **Lean seis sigma: Introdução às ferramentas do lean manufacturing**. Campus 2012.