

Aplicação do DMAIC e Análise de Falhas de Embalagens Metálicas na Indústria de Conservas

DMAIC Application and Fault Analysis of Metal Packaging in the Canning Industry

Rafael Santos de Souza¹ - Universidade Federal de Pelotas - Centro de Engenharias - Curso de Engenharia de Produção
Ariane Ferreira Porto Rosa² - Universidade Federal de Pelotas - Centro de Engenharias - Curso de Engenharia de Produção
Gilson Simões Porciúncula³ - Universidade Federal de Pelotas - Centro de Engenharias - Curso de Engenharia de Produção
Gilberto Tavares dos Santos⁴ - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Escola de Administração - Curso de Administração

RESUMO Na indústria de alimentos a garantia da qualidade está fortemente associada com a segurança do consumidor e com os riscos de comprometimento da sanidade dos produtos. Especificamente nas indústrias de conservas, latas enferrujadas, amassadas ou estufadas podem conter bactérias e ocasionar infecções alimentares. Este artigo aborda a aplicação do DMAIC e a análise de falhas para reduzir a quantidade de latas amassadas em uma indústria de conservas. A metodologia usada foi de natureza aplicada, com objetivo exploratório, abordagem quali-quantitativa e o método foi a realização de um estudo de caso. Através de análises estatísticas verificou-se elevada quantidade de embalagens amassadas no processo produtivo constituído das etapas de envase, recravação e encasamento. A etapa com a maior quantidade de latas amassadas entre as três etapas foi a recravação. Na sequência, aplicou-se FMEA para análise de falhas relacionadas à utilização da máquina de recravação automatizada. Finalmente, um plano de ação foi proposto para solucionar o problema das latas amassadas na etapa de recravação e os resultados obtidos demonstram as melhorias obtidas abaixo da meta após 4 meses (de agosto a novembro de 2015).

Palavras-chave: DMAIC. Seis Sigma. Análise de Falhas. Indústria de conservas.

ABSTRACT *In the food industry, quality assurance is strongly associated with consumer safety and the risk of compromising the purity of products. Specifically, in the canning industries, rusty, dented or bulging cans may contain bacteria and cause foodborne illness. This article discusses the application of DMAIC and failure analysis to reduce the number of crushed cans in a canning industry. The methodology was of an applied nature, with an exploratory objective, a qualitative and quantitative approach and a case study method used. Through statistical analysis, it was found that the amount of dented packaging in the production process, which comprises the steps of filling, seaming and basketing, was high. The step with the highest number of crushed cans between three stages was seaming. This was followed by the application of FMEA failure analysis related to the use of an automated seaming machine. Finally, an action plan was proposed to solve the problem of cans crushed in the seaming step and the results demonstrate the improvements obtained before the target after 4 months (August-November 2015).*

Keywords: DMAIC. Six Sigma. Fault Analysis. Canning Industry.

1. rsouza.eim@gmail.com; 2. Rua Benjamin Constant, 989, Porto, Pelotas Rio Grande do sul, CEP: 96010-020, afprosa61@gmail.com;
3. gilson.porciuncula@gmail.com; 4. gilberto.tavares@ufrgs.br

SOUZA, R. S.; ROSA, A. F. P.; PORCIÚNCULA, G. S.; SANTOS, G. T. Aplicação do DMAIC e Análise de Falhas de Embalagens Metálicas na Indústria de Conservas. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 12, nº 4, out-dez/2017, p. 273-295.

DOI: 10.15675/gepros.v12i4.1824

1. INTRODUÇÃO

Devido às mudanças nos hábitos dos consumidores, a preocupação com a qualidade tem modificado continuamente a dinâmica de diversos setores produtivos, e a indústria de alimentos não é exceção. Por outro lado, com o processo de globalização em curso no mercado mundial, o setor industrial alimentício tem se tornado ainda mais competitivo, exigindo a redução de custos e melhores níveis de produtividade.

Na indústria de alimentos a qualidade está fortemente associada à questão da segurança do consumidor e aos riscos de comprometimento da sanidade dos produtos previstos pela legislação e normas do setor alimentício. A segurança do alimento significa a confiança do consumidor em receber um alimento que não cause danos a sua saúde. A garantia da segurança alimentar por meio das Boas Práticas de Fabricação (BPF) e do sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) ou norma ISO 22000:2006 são pré-requisitos para se ter um gerenciamento efetivo da qualidade (GRIGG; McALIDEN, 2001).

Ir além do compromisso de garantir segurança alimentar aos consumidores tem sido um requisito para empresas que buscam aprimorar suas metodologias para garantirem seu espaço no mercado. Neste sentido, o uso de metodologias consolidadas para redução de desperdícios pode ser um diferencial importante para a otimização da produção.

Segundo Spina (2007), a metodologia Seis Sigma está se consolidando no mundo dos negócios e proporcionando excelentes resultados às empresas. O conceito Seis Sigma tem como objetivo, no ponto de vista dos processos, utilizar uma abordagem sistemática para reduzir falhas que afetam aquilo que é considerado crítico para o cliente, aumentando sua satisfação e reduzindo custos. O Seis Sigma está centrado no uso da abordagem estatística para a redução da variação, medição, coleta de dados, foco em processos e satisfação do cliente.

No Seis Sigma, o ciclo de fases denominado DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) é utilizado como guia para que profissionais especializados (principalmente *Black Belts* e *Green Belts*) implementem projetos que atendam às metas pré-estabelecidas pela empresa (PANDE et al., 2001).

A pesquisa realizada neste artigo é de natureza aplicada, com objetivo exploratório, abordagem quali-quantitativa. O método foi fundamentado em um estudo de caso realizado em uma empresa do setor de alimentos em conservas localizada no município de Pelotas no estado do Rio Grande do Sul.

Este artigo aborda a aplicação do DMAIC e a análise de falhas para reduzir a quantidade de latas amassadas em uma indústria de conservas. A empresa em estudo apresenta um elevado número de embalagens metálicas amassadas no processo produtivo. O custo médio com as embalagens amassadas nos últimos quatro anos foi de R\$ 26.192,50. O estudo de caso apresenta o potencial de redução da ocorrência de latas amassadas em um processo do setor de alimentos em conservas através da aplicação do ciclo DMAIC e do FMEA para análise de falhas.

O artigo está estruturado de forma que a seção 2 apresenta uma visão geral sobre a abordagem estatística do ciclo de fases DMAIC do Seis Sigma assim como o uso de algumas ferramentas estatística básicas e o método de análise de falhas FMEA. Na seção 3 o estudo de caso é apresentado. Na seção 4 o trabalho é concluído e são apresentadas perspectivas de trabalhos futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O conceito Seis Sigma tem como objetivo, no ponto de vista dos processos, utilizar uma abordagem sistemática para reduzir falhas que afetam aquilo que é considerado crítico para o cliente, aumentando sua satisfação e reduzindo custos. Dessa forma, o pensamento estatístico assim como a aplicação de ferramentas e técnicas estatísticas simples e complexas produzem um entendimento melhor sobre as fontes de variações presentes nos processos.

O uso de diferentes análises estatísticas se intensificou nos processos produtivos com a popularidade do Seis Sigma. O Seis Sigma é composto de um conjunto amplo de ferramentas e técnicas estatísticas para melhoria qualidade. Para Makrymichalos et al. (2005) uma ferramenta estatística é usada com um fim bem definido enquanto que uma técnica estatística pode ser aplicada de forma mais ampla, podendo incluir diferentes ferramentas estatísticas.

Segundo Antony et al. (2005), de um modo geral as empresas usam as ferramentas e técnicas estatísticas mais simples como: diagrama de causa e efeito, gráficos descritivos básicos como Pareto, histograma, dispersão, estatísticas descritivas básicas. De forma menos intensa são usados com enfoque nos processos o Controle Estatístico de Processos (CEP) (com os gráficos de controle e análises de capacidade e de sistemas de medição), projetos de experimentos, análises de variância, correlação, regressões lineares simples e múltiplas, testes de hipóteses e intervalos de confiança, mapa de processos, desdobramento da função qualidade (DFD) e análise de modos e efeito de falhas (FMEA).

A sistematização do Seis Sigma com o uso amplo da estatística permite que as decisões gerenciais e operacionais sejam efetivamente baseadas em dados. A análise dos dados traz o pensamento estatístico de forma concreta e aplicada na solução de problemas e na tomada de decisão. Assim, segundo Santos e Martins (2008), o uso da abordagem estatística do Seis Sigma pode promover a melhoria efetiva dos processos.

2.1. O ciclo DMAIC

Segundo Pande et al. (2001), a estratégia Seis Sigma apresenta um importante ciclo de melhoria conhecido como DMAIC, um método baseado na resolução de problemas. O DMAIC é dividido em cinco fases que são *Define* (definir), *Measure* (medir), *Analyse* (analisar), *Improve* (melhorar) e *Control* (controlar).

Para Pande et al. (2001) o método DMAIC é uma evolução do PDCA (Plan-Do-Check-Action) conta com cinco etapas bem definidas, que permite controle e melhoria nos processos. As cinco etapas do DMAIC são detalhadas a seguir (WERKEMA, 2002):

- **Etapa 1: *Define* (Definir):** detalhamento do problema e definição da meta do projeto.

Ocorrem a definição dos participantes que constituirão a equipe e suas funções, realização da avaliação do histórico do problema para contribuir no entendimento e na valorização do mesmo, e identificação das necessidades dos principais clientes do projeto;

- **Etapa 2: *Measure* (Medir):** envolve a mensuração do desempenho do processo e a coleta de dados os quais possibilitam obter as primeiras ideias da causa do problema e identificar os pontos fortes e as oportunidades para sua melhoria;
- **Etapa 3: *Analyse* (Analisar):** caracteriza-se pela análise dos dados coletados na fase anterior, permitindo a identificação e organização das causas potenciais do problema, quantificando a importância das mesmas;
- **Etapa 4: *Improve* (Melhorar):** nesta fase, inicialmente são geradas ideias de soluções potenciais com o objetivo de eliminar as causas fundamentais do problema prioritário analisado na fase anterior;
- **Etapa 5: *Control* (Controlar):** consiste na avaliação do alcance da meta em larga escala. São adotadas diversas ferramentas estatísticas para controlar continuamente o desempenho dos processos.

Em cada etapa do DMAIC são várias as ferramentas e técnicas estatísticas disponíveis. A Figura 1 ilustra algumas ferramentas e técnicas utilizadas no método DMAIC.

É importante ressaltar que não é necessária a aplicação de todas as ferramentas e técnicas estatísticas disponíveis para a melhoria do processo. A escolha de qual a melhor ferramenta ou técnica estatística a ser usada está relacionada com o nível de exigência demandada em cada etapa. Logo se faz necessário analisar os dados do processo, avaliar o histórico do problema e então escolher as ferramentas e técnicas estatísticas adequadas de modo a atender os objetivos em cada etapa do DMAIC.

Figura 1 – Algumas ferramentas e técnicas estatísticas usadas no DMAIC.

SIGLAS	ETAPAS	FERRAMENTAS
D	→ Define (Definir)	QFD Carta de Controle SIPOC Histograma Gráfico de Pareto Estratificação <i>Boxplot</i> Folha de verificação FMEA Diagrama de Dispersão <i>Brainstorming</i> Diagrama de Causa e Efeito Matriz de Priorização 5W1H Controle Estatístico de Processo
M	→ Measure (Medir)	
A	→ Analyse (Analisar)	
I	→ Improve (Melhorar)	
C	→ Control (Controlar)	

Fonte: Baseado em Werkema (2002).

2.2. Análise de falhas

A Análise de Modos de Falha e Efeitos, (FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis*) é uma técnica utilizada para definir, identificar e eliminar falhas, problemas ou erros potenciais ou conhecidos do sistema, projeto, processo e/ou serviço antes que eles cheguem ao usuário (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

O modo de falha está relacionado ao fato de como um processo pode ser levado a operar de maneira deficiente e é composto por três elementos: causa, efeito e detecção. A causa é o que indica a razão da falha ter ocorrido, o efeito é a consequência que a falha pode causar ao cliente e a detecção é a forma utilizada no controle do processo para evitar as falhas potenciais (TOLEDO et al., 2013).

Para cada causa possível de falha, realiza-se o seguinte questionamento:

- Qual é a probabilidade de a falha ocorrer?
- Qual seria a consequência da falha?
- Com qual probabilidade que essa falha seja detectada antes que afete o cliente?

Com base em uma avaliação quantitativa dessas três perguntas, calcula-se um número de prioridade de risco (NPR) para cada causa potencial de falha. Ações corretivas que visam prevenir falhas são então aplicadas às causas cujo NPR indica que justificam prioridade (SLACK et al., 2002).

Afim de calcular o NPR, a avaliação das falhas acontecerem é determinada por três fatores:

- Gravidade: a consequência, caso a falha ocorra.
- Ocorrência: a probabilidade de ocorrência da falha.
- Detecção: a possibilidade de identificar a falha.

Usando os dados e conhecimento do processo, cada falha potencial e efeito são avaliados em cada um destes três fatores em uma escala que usualmente varia de 1 a 10, sendo respectivamente, baixa a alta. Finalmente, o NPR é calculado multiplicando a classificação para os três fatores (Gravidade x Ocorrência x Detecção). Assim o NPR será determinado para cada modo potencial de falha.

O NPR varia de 1 a 1.000 para cada modo de falha, sendo usado para classificar a necessidade de ações corretivas para eliminar ou reduzir os modos potenciais de falha. Os modos de falha com maior NPR devem ser atendidos em primeiro lugar.

Uma vez que as ações corretivas tenham sido tomadas, um novo NPR é determinado e reavaliado, sendo chamado de “NPR resultante”, que até estar em um nível aceitável, as ações de melhoria devem continuar comparando-o aos demais modos de falha (MCDERMOTT et al., 2009).

3. MÉTODO

3.1. Objeto de estudo

A pesquisa realizada neste artigo é exploratória, fundamentada em um estudo de caso de uma empresa do setor de alimentos em conservas localizada no município de Pelotas no estado do Rio Grande do Sul. A metodologia usada foi de natureza aplicada, com objetivo exploratório, abordagem quali-quantitativa e o método foi a realização de um estudo de caso.

A empresa em estudo apresenta um elevado número de embalagens metálicas amassadas no processo produtivo. O custo médio com as embalagens amassadas nos últimos quatro anos foi de R\$ 26.192,50.

O projeto é definido pela política da empresa como “*White Belt*” (Faixa Branca), um projeto DMAIC de baixa complexidade, pois utiliza ferramentas básicas e apresenta pequeno impacto. Seguindo a aplicação do DMAIC foram realizadas as cinco etapas com aplicação de ferramentas e técnicas estatísticas pertinentes a cada fase.

O processo produtivo em estudo constitui-se na sua totalidade das seguintes etapas: movimentação e transporte de embalagens sobre o palete, a despaletização, envasamento de alimento na embalagem, recravação, encestamento do balaio, tratamento térmico e desencestamento do balaio, que finaliza a etapa com o produto acabado. A Figura 2 apresenta as etapas do processo em estudo.

Figura 2 – As etapas do processo de produção em estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2. Aplicação do ciclo DMAIC

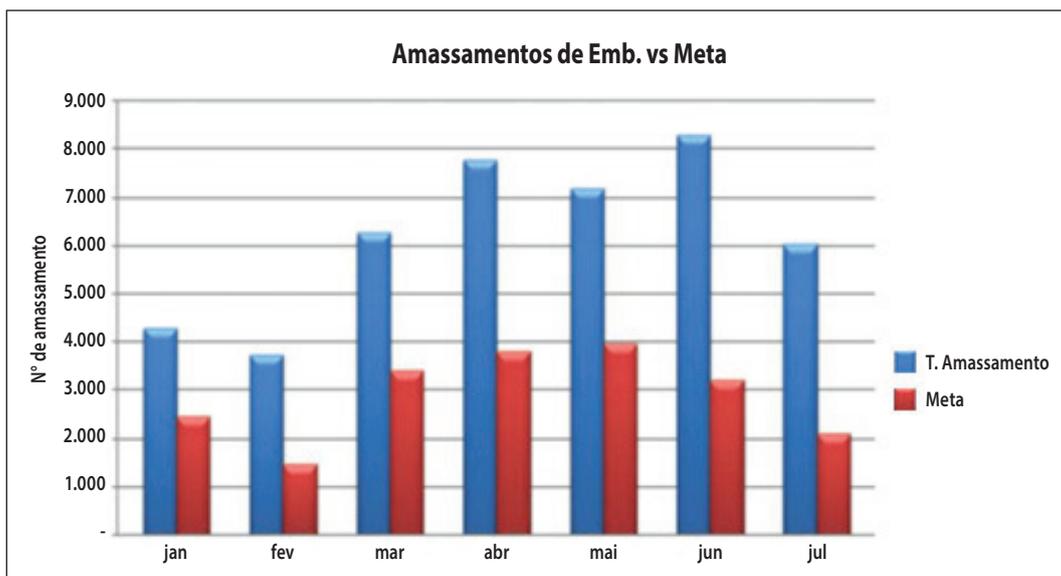
Serão apresentadas as cinco etapas do ciclo DMAIC aplicadas ao estudo de caso em estudo.

3.2.1. Etapa 1 – Definir

A definição do problema está relacionada com o elevado número de embalagens amassadas em cada etapa da produção. Segundo a empresa em estudo, a meta estipulada de amassamentos de embalagens é de 0,1% da produção mensal, ou seja, a cada 100.000 produtos acabados produzidos, são toleráveis 100 embalagens amassadas em todas as etapas do processo.

A Figura 3 apresenta o gráfico da quantidade de embalagens amassadas e a meta de embalagens amassadas estipulada nos meses de janeiro a julho de 2015.

Figura 3 – Gráfico de amassamento de embalagens real versus meta.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A Tabela 1 apresenta informações relacionadas às quantidades totais de embalagens amassadas, a produção mensal e a meta estipulada no período de janeiro a julho de 2015. As informações da Tabela 1 são complementares a Figura 3, abordando também a diferença total de embalagens amassadas com relação à meta determinada e seus percentuais.

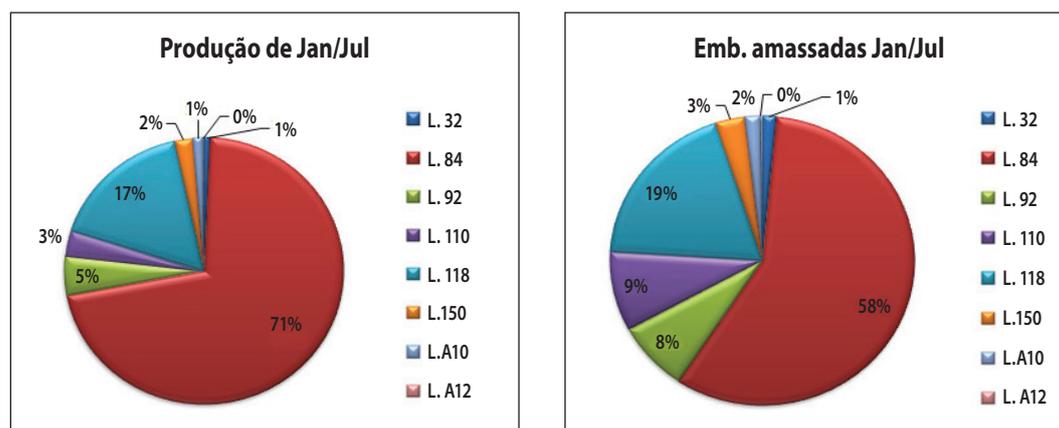
Tabela 1 – Tabela mensal de embalagens amassadas.

Descrição/mês	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul
T. produzido	2.437.968	1.440.481	3.391.458	3.785.272	3.973.111	3.199.795	2.105.209
T. amassamentos	4.275	3.721	6.249	7.749	7.184	8.263	6.018
% (amassamentos/produzidos)	0,18	0,26	0,18	0,20	0,18	0,26	0,29
A meta estipulada	2.438	1.440	3.391	3.785	3.973	3.200	2.105
Diferença (real-meta)	1.837	2.281	2.858	3.964	3.211	5.063	3.913
% (dif./meta)	75%	158%	84%	105%	81%	158%	186%

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 4 apresenta a produção e a proporção das diferentes dimensões de embalagens amassadas, e sua produção no período de janeiro a julho de 2015.

Figura 4 – Gráfico de produção e embalagens amassadas.



Fonte: Elaborado pelos autores.

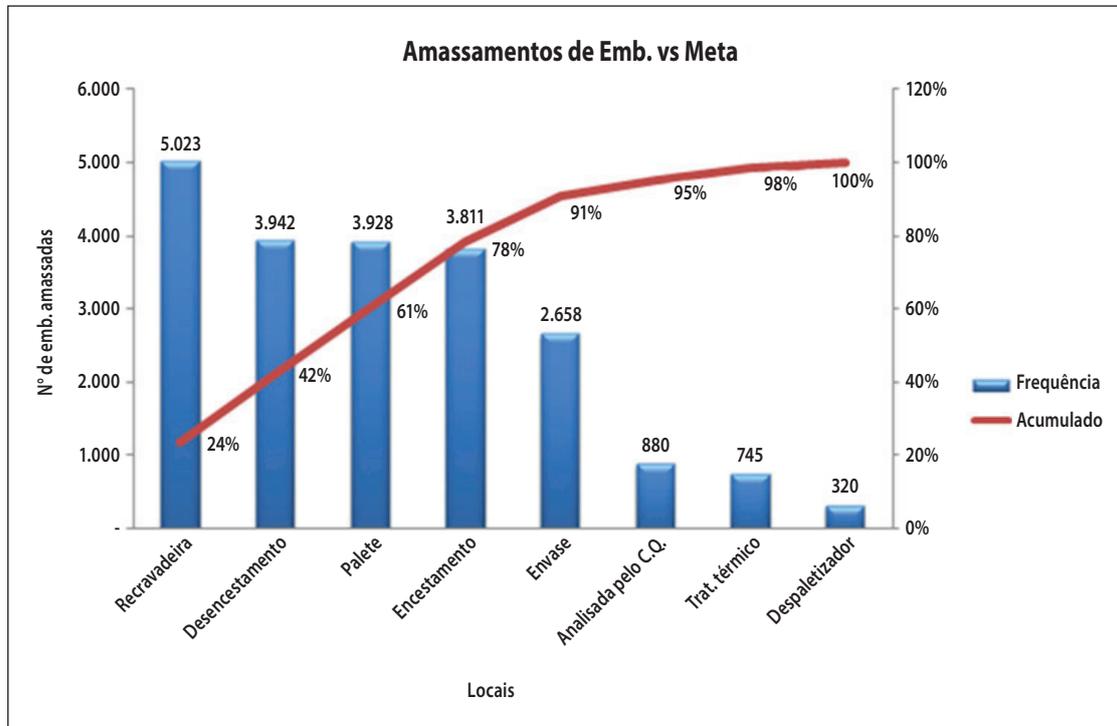
No gráfico do lado esquerdo da Figura 4, observamos que a maior parte da produção corresponde aos produtos envasados na embalagem denominada L.84, com um percentual de 71% da produção no período em estudo. Já o lado direito da figura 4 apresenta o percentual de embalagens amassadas associadas às diferentes dimensões de embalagens durante os meses em estudo. Observa-se que a categoria L.84 é a que mais apresenta embalagens amassadas, corresponde um percentual de 58% dos amassamentos.

Definiu-se como objeto de estudo o processo produtivo da embalagem de dimensão 73x84 mm (diâmetro x altura), referenciado neste trabalho como L.84. A embalagem L.84 é mais utilizada na linha de produção e proporcionalmente a que mais apresenta embalagens amassadas em torno de suas etapas de produção.

3.2.2. Etapa 2 – Medir

A Figura 5 apresenta um gráfico de Pareto das embalagens L.84 amassadas em cada etapa do processo produtivo ilustrado na Figura 2. O gráfico de Pareto permitiu identificar as etapas produtivas com maior quantidade de amassamento de embalagens no processo de produção. Observa-se que 42% das causas de amassamento de embalagens L.84 estão associadas às etapas de recravação e desencestamento. Essas duas etapas referem-se às linhas 2 e 4 do processo produtivo, ilustrado na Figura 2.

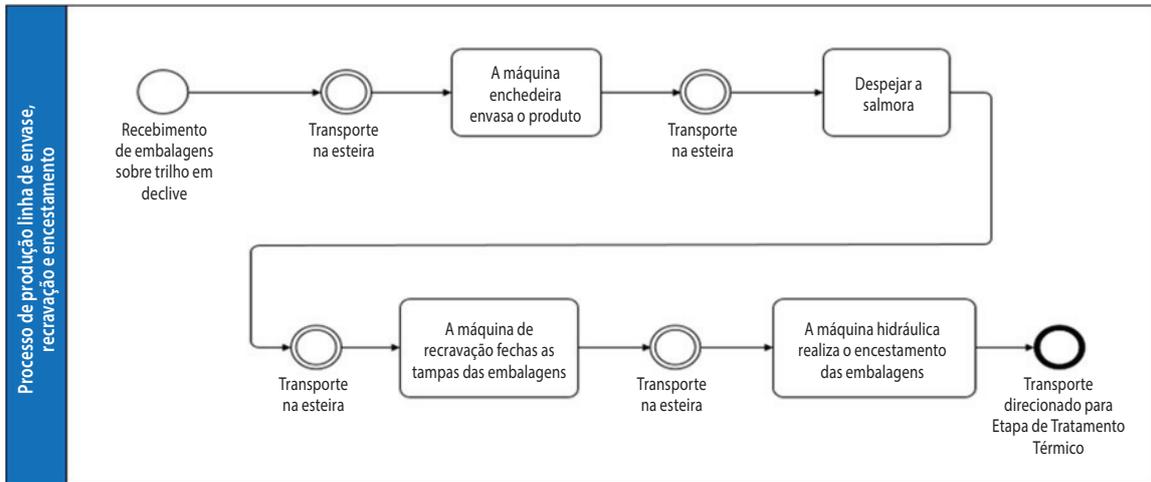
Figura 5 – Gráfico de embalagens L.84 amassadas nas etapas do processo produtivo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 6 apresenta o mapa do processo da Linha 2 constituído das etapas de envase, recravação e encostamento.

Figura 6 – Processo de produção Linha 2: envase, recravação e encestamento.



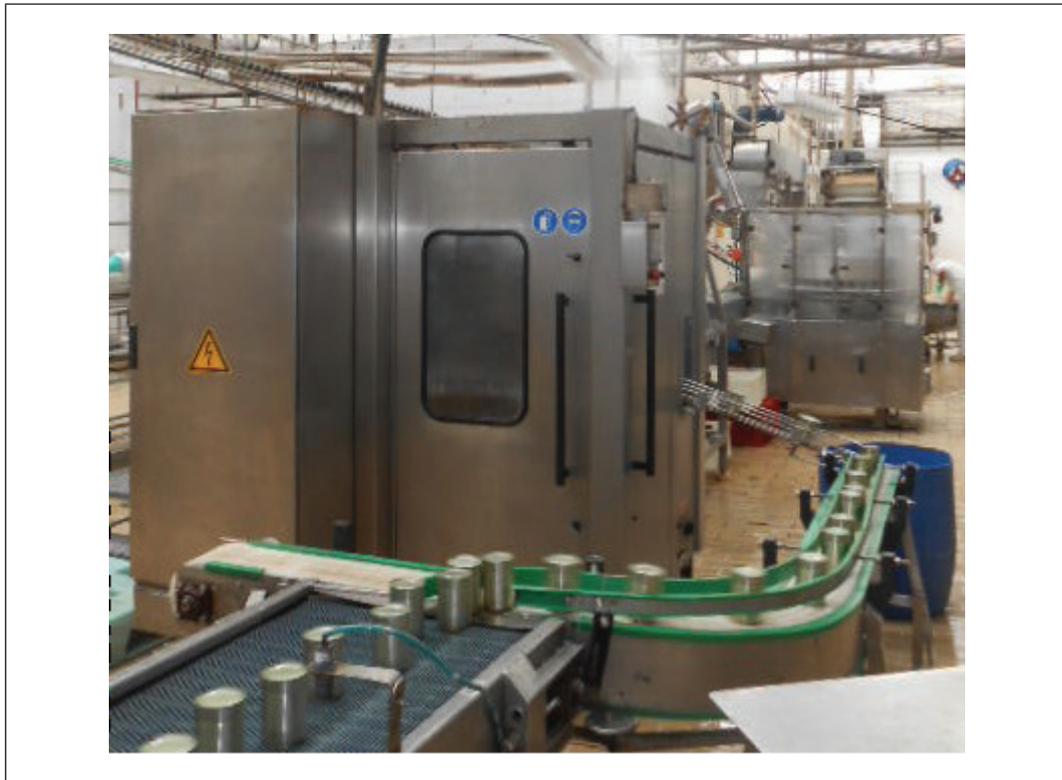
Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 5 pode-se observar que a etapa de recravação apresentou o maior percentual de embalagens amassadas, 24%, sendo esta etapa escolhida para análise no estudo.

3.2.3. Etapa 3 – Analisar

A máquina de recravação automatizada realiza o fechamento da tampa hermeticamente no corpo da embalagem. A Figura 7 apresenta o modelo da máquina em estudo, uma recravadeira Ferrum F404E-T1.

Figura 7 – Recravadeira Ferrum F404E-T1.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O Quadro 1 apresenta a descrição de oito componentes da recravadeira, suas funções, tipos de falhas potenciais, efeitos das falhas potenciais e causas das mesmas. Os oito componentes da recravadeira foram analisados em um FMEA, de modo a melhorar o desempenho da máquina e principalmente a minimizar as perdas por embalagens amassadas.

Quadro 1 – Descrição dos componentes, funções, tipos de falhas e causas de falha.

Descrição do produto/processo	Função do produto	Tipo de falha potencial	Efeito(s) da falha em potencial	Causa(s) potencial da falha
Esteira de arrastamento	Transportar as embalagens para compartimento da máquina	Desgaste na esteira de arrastamento	Perda do sincronismo na liberação de tampas para recravação	Desgaste dos pinos da esteira de arrastamento
Rolo magnético	Separa as tampas uma das outras e depois solta-as	Rolo magnético trancado	O painel de comando apresenta falha de controle de tampas e a máquina para de funcionar	Rolamento trancado ou oxidado
Rosca de desempilhamento (rotor)	Direciona as tampas para posição de recravação	Rotor com desgaste	Impossibilita o fechamento da tampa	Mix de produtos com diferentes dimensões de espessura de folha metálica de tampas
Lâmina de desempilhamento	Retira as tampas umas a uma com precisão da pilha de tampas	Lâmina defeituosa	Latas desembocadas ou abertas	Quebra ou lâmina inapropriada para espessura de folha (estanhada ou cromada)
Cilindro de retenção	O cilindro de retenção retém as tampas no correio de tampas	Falha na atuação do cilindro de retenção	Desperdício de tampas antes da recravação	Queima da válvula pneumática de atuação do cilindro de retenção
Rolo de dobragem	Faz a pressão contra a aresta da tampa, fazendo com que o rebordo da lata e a aresta da lata formem a dobragem de acabamento, unindo firmemente a lata e a tampa	Rolo defeituoso	Recravação inadequada, fora do padrão de qualidade	Desgaste ou perfil errado em desacordo com a espessura da folha. Rolo oxidado, laminado e desgastado
Rolo de pré-dobragem	Faz a pressão contra a borda da lata, fazendo com que o rebordo da lata e a aresta da lata formem a pré-dobragem	Mola quebrada	Recravação inadequada, fora dos padrões de qualidade	Quebra por fadiga e excesso de operação
Motor redutor	Aciona o curso de rotação da recravação do rolo de pré-dobragem	O cabeçote inferior de dobragem para de funcionar	Não realiza o giro de fechamento da lata	Quebra das engrenagens

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a análise dos modos de falhas e seus efeitos aplicou-se um FMEA, apresentado no Quadro 2. O FMEA permitiu analisar os modos de falha dos componentes, sistemas e os respectivos efeitos geradores desses modos de falha.

Quadro 2 – FMEA para a Recravadeira Ferrum F404E-T1.

Descrição do produto/processo	Função do produto	Tipo de falha potencial	Efeitos(s) da falha em potencial	GRAVIDADE	Causa(s) potencial da falha	OCORRÊNCIA	Controle atual de prevenção	Controle atual de detecção	RISCO (RPM)	Ação preventiva recomendada	Nome do responsável e prazo	Ação tomada	GRAVIDADE	OCORRÊNCIA	DETEÇÃO	RISCO (RPM)
Esteira de arrastamento	Transportar as embalagens para o compartimento da máquina	Desgaste na esteira de arrastamento	Perda do sincronismo na liberação de tampas para recravação	8	Desgaste dos pinos da esteira de arrastamento	6	A cada 90 dias é trocada	Inspecção visual semanal	96	Troca da esteira de arrastamento para diminuir o período de troca para 60 dias	Leandro 22/10/2015	Troca da esteira no período de 60 dias	8	4	2	64
Rolo magnético	Separa as tampas uma das outras e depois solta-as	Rolo magnético trancado	O painel de comando apresenta falha de controle de tampas e a máquina para de funcionar	8	Rolamento trancado ou oxidado	4	Manutenção preventiva a cada 60 dias	Troca de rolamentos do rolo magnético e inspecção visual	64	Manutenção Preventiva a cada 30 dias. Troca do rolamento	Claudio 26/10/2015	Manutenção preventiva a cada 30 dias	8	2	1	16
Roca de desmoplamento (rotor)	Direciona as tampas para posição de recravação	Rotor com desgaste	Impossibilita o fechamento da tampa	9	Mix de produtos com diferentes dimensões de espessura de folha metálica de tampas	3	Troca do rotor a cada 360 dias	Não apresenta	162	Limpeza do rolamento, lubrificação para não oxidar, checar o ponto do rotor em relação ao dedo de arraste 8-12mm à frente do desenrolamento	Mateus 01/10/2015	Checklist com as instruções de manutenção preventiva	9	1	6	54
Lâmina de desmoplamento	Retira as tampas uma a uma com precisão da pilha de tampas	Lâmina defeituosa	Latas desembocadas ou abertas	10	Quebra ou lâmina inapropriada para espessura de folha (estanhada ou cromada)	8	Inspecção diária	Inspecção visual (dificuldade questão espessura da folha)	80	Chcar primeiro a programação de produção para ajustar lâmina em acordo com a espessura da folha. Limpeza da lâmina	Claudio 28/10/2015	Checklist com as instruções de manutenção preventiva	10	6	1	60
Cilindro de retenção	O cilindro de retenção retém as tampas no correio de tampas	Falha na atuação do cilindro de retenção	Desperdício de tampas antes da recravação	2	Queima da válvula pneumática de atuação do cilindro de retenção	1	Troca da válvula pneumática	Aviso pelo controle de qualidade, e ação corretiva	2	Nenhum	-	Nenhum				0
Rolo de dobragem acabada	Faz a pressão contra a aresta da tampa, fazendo com que o rebordo da lata e a aresta da lata formem a dobragem de acabamento, unindo firmemente a lata e a tampa	Rolo defeituoso	Recravação inadequada, fora do padrão de qualidade	10	Desgaste ou perfil errado em desacordo com a espessura da folha. Rolo oxidado, laminado e desgastado	8	Polimento do rolo e substituição quando necessário	Aviso pelo controle de qualidade	640	Remover e realizar o polimento. Trocar o rolamento. Ajuste de regulagens. Lubrificação diária	Mateus 23/10/2015	Checklist com as instruções de manutenção preventiva	10	5	8	400
Rolo de pré-dobragem	Faz a pressão contra a borda da lata, fazendo com que o rebordo da lata e a aresta da lata formem a pré-dobragem	Mola quebrada	Recravação inadequada, fora dos padrões de qualidade	9	Quebra por fadiga e excesso de operação	5	Realizado manualmente com uma alavanca. Realizado um teste de pressão manual semanalmente	Aviso pelo controle de qualidade e inspecção no início da operação	315	Compra de dinamômetro, que facilitará na detecção prévia da quebra da mola. Manutenção preventiva: abrir o cabeçote, inferir e inspecionar a mola	-	Compra de dinamômetro	9	2	4	72
Motor redutor	Aciona o curso de rotação da recravação do rolo de pré-dobragem	O cabeçote inferior de dobragem para de funcionar	Não realiza o giro de fechamento da lata	6	Quebra das engrenagens	1	Troca das engrenagens do redutor e troca dos rolamentos do motor a cada 4 meses	Difícil detecção	54	Lubrificação semanal. Sugestão: fazer um reservatório diferente usando um óleo mais viscoso	-	Nenhum				0

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.4. Etapa 4 – Melhorar

Um plano de ação para realização de melhorias na máquina recravadeira foi elaborado com base na identificação das causas e efeitos potenciais de falha identificados no FMEA. O plano de ação foi apresentado para o gerente, supervisores e encarregados da produção. O Supervisor da manutenção teve uma participação importante para a definição dos responsáveis e prazos para conclusão do plano de ação.

O Quadro 3 apresenta o plano de ação focado na melhoria de desempenho da máquina recravadeira para a redução de embalagens amassadas. De acordo com o Quadro 3 primeiramente foi recomendada a troca da esteira de arrastamento. Determinou-se que a troca da esteira deverá ser realizada bimestralmente para reduzir o número de ocorrência de falhas e a melhorar o ritmo de produção.

Na sequência foi sugerida a elaboração de um *checklist* (Anexo 1) para a manutenção preventiva da máquina recravadeira, de modo a verificar o rotor, lâmina de desempilhamento e rolo de dobragem, de modo a minimizar as falhas que comprometam a qualidade do produto ou o desempenho da máquina durante a produção.

Foi sugerida a empresa a compra de um dinamômetro para facilitar o monitoramento da mola na estação de elevação, evitando a ocorrência de quebras e rupturas de forma a reduzir o número de ocorrência de falhas.

Um projeto futuro para melhorar o sistema de acionamento do cabeçote inferior da recravadeira consistirá na adaptação de um reservatório de óleo independente da máquina. O óleo usado na máquina é pouco viscoso devido à utilização de mangueiras finas e para a operação do cabeçote inferior de dobragem, segundo o supervisor da manutenção, o ideal seria o uso de um óleo de maior viscosidade para garantir a proteção das engrenagens.

Quadro 3 – Plano de Ação para melhorias na Recravadeira Ferrum F404E-T1.

PLANO DE AÇÃO						Data:
						Horario:
						Folha:
Unidade/Processo:		Área Emitida:		Responsável: Rafael S. Souza		
ASSUNTO/META: Melhorar o desempenho da máquina de recravação						
O QUE FAZER (ação ou contramedida)	ONDE (Local)	PORQUE (Motivo)	COMO (Forma/execução)	QUEM (responsável)	STATUS (cor)	QUANDO (prazo/conclusão)
Trocar a esteira de arraste	Unidade Pelotas	Reduz o número de ocorrências de falha da peça e melhora ritmo de produção	Trocar a esteira de arraste bimestralmente	Leandro	C	10/09/2015
Aplicar checklist de manutenção preventiva do rotor	Unidade Pelotas	Para aumentar a durabilidade do rotor durante a operação	Elaborar um checklist de manutenção preventiva	Mateus	C	05/10/2015
Aplicar checklist de manutenção preventiva para lâmina de desempilhamento	Unidade Pelotas	Evitar a quebra da lâmina ou a utilização de uma lâmina inapropriada para espessura de folha	Elaborar um checklist de manutenção preventiva	Claudio	C	05/10/2015
Aplicar checklists de manutenção preventiva do rolo de dobragem acabado	Unidade Pelotas	Evitar o desgaste ou utilização errada do perfil em desacordo com a espessura de folha	Elaborar um checklist de manutenção preventiva	Mateus	C	05/10/2015
Comprar um dinamômetro	Unidade Pelotas	Para facilitar na detecção da quebra da mola na estação de elevação e a reduzir número de ocorrência de falha	Comprar dinamômetro	Jairo	C	22/09/2016
Montar um reservatório independente para o motor redutor	Unidade Pelotas	Para evitar que o cabeçote inferior de dobragem para de funcionar devido a quebra da engrenagem	Comprar os materiais para reservatório e adaptar na máquina	Leandro	EA	11/02/2016

Empresa X_Plano de Ação_N_V1

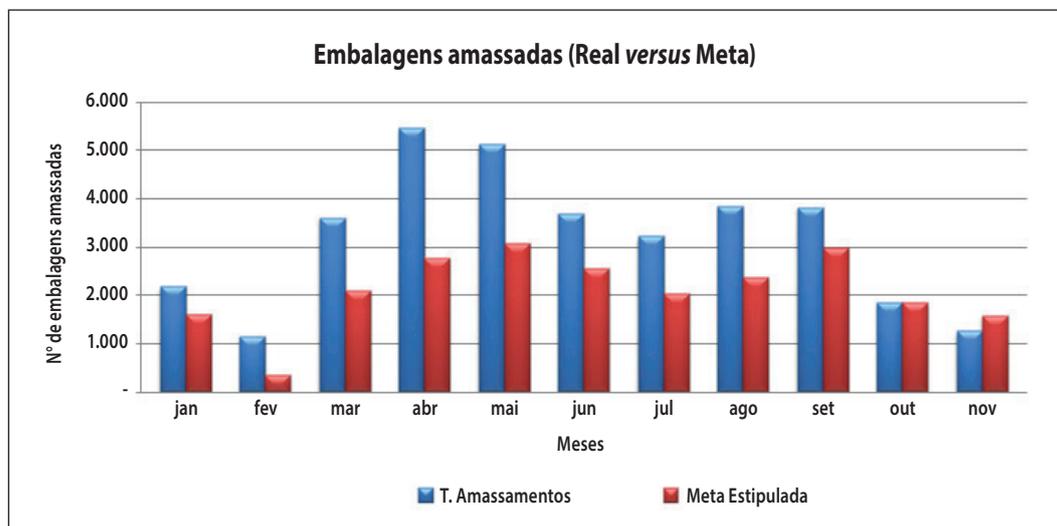
■ CONCLUÍDO
■ EM ANDAMENTO
■ ATRASADO
■ CANCELADO

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.5. Etapa 5 – Controlar

Essa etapa refere-se à verificação da meta alcançada, de acordo como total de embalagens L.84 amassadas no processo produtivo. A Figura 8 apresenta o histórico mensal de embalagens amassadas em comparação à meta determinada pela empresa, incluindo os meses de agosto até novembro de 2015. Este período compreende os meses durante e após a implementação do plano de ação proposto.

Figura 8 – Verificação da meta alcançada para amassamentos de embalagens L.84.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Tabela 2 observa-se que nos meses de setembro, outubro e novembro foram obtidos os menores percentuais de embalagens amassadas. Em outubro atingiu-se a meta de amassamentos, onde registrou-se 1.826 embalagens amassadas correspondendo a um percentual de 0,1% do total produzido. Já em novembro o total de embalagens amassadas foi ainda menor comparado à meta, um percentual de 0,08% do total produzido.

Tabela 2 – Verificação da meta alcançada.

Descrição/mês	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
T. produzido	1.618.561	363.345	2.084.302	2.781.242	3.065.935	2.553.728	2.046.710	2.364.293	2.982.867	1.834.926	1.578.598
T. amassamentos	2.184	1.138	3.599	5.446	5.118	3.693	3.220	3.849	3.574	1.826	1.267
% (amassados/prod.)	0,13%	0,31%	0,17%	0,20%	0,17%	0,14%	0,16%	0,16%	0,12%	0,10%	0,08%
Meta estipulada	1.619	363	2.084	2.781	3.066	2.554	2.047	2.364	2.983	1.835	1.579
Diferença (real-meta)	565	775	1.515	2.665	2.052	1.139	1.173	1.485	591	9	312
% (dif./meta)	35%	213%	73%	96%	67%	45%	57%	63%	20%	0%	-20%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Como instrumento de controle sugeriu-se a empresa a elaboração de um plano de monitoramento de desempenho mensal para a quantidade de embalagens amassadas nas etapas do processo produtivo. A técnica estatística sugerida foi o Controle Estatístico de Processos através do uso de ferramentas como elaboração de índices de capacidade e cartas de controle a fim de monitorar a quantidade de embalagens amassadas nos processos.

4. CONCLUSÕES

Neste artigo destaca-se a importância do pensamento estatístico assim como a aplicação de ferramentas e técnicas estatísticas contidos na abordagem sistemática DMAIC do Seis Sigma. A coleta e análise de dados permitem que o pensamento estatístico seja usado de forma concreta na solução de problemas e na tomada de decisões gerenciais.

O trabalho deste artigo inseriu-se na área de Qualidade de Processos de Fabricação, com a realização de um estudo de caso em uma empresa do setor de alimentos em conservas localizada no município de Pelotas no estado do Rio Grande do Sul. A empresa em estudo apresentou um elevado número de embalagens metálicas amassadas no processo produtivo.

No estudo de caso foram realizadas as cinco etapas do ciclo DMAIC com aplicação de ferramentas e técnicas estatísticas pertinentes a cada fase. Foram apresentados os principais resultados de forma resumida das análises realizadas no estudo de caso.

As técnicas e ferramentas estatísticas utilizadas neste trabalho para definir e determinar a localização dos problemas foram os gráficos sequenciais, diagrama de Pareto e mapeamento de processo. Na determinação das causas do problema foram o mapa do processo e FMEA. Com relação às propostas de soluções para o problema utilizou-se a realização de planos de ação. Os planos de ação foram propostos e realizados.

Foram identificados o tipo de embalagem (L.84) com maior quantidade de amassamentos e a principal etapa geradora de amassamentos de embalagens a etapa de recravação. Na etapa de recravação o estudo foi direcionado para a máquina recravadeira. Foi realizada a aplicação de um FMEA permitindo identificar as causas e efeitos das falhas. A partir disso, foi elaborado um checklist para a manutenção preventiva da máquina, que deverá ser preenchido pelo técnico de manutenção periodicamente.

É importante ressaltar a obtenção de resultados satisfatórios no estudo de caso, após a aplicação das ações corretivas propostas. Nos meses de setembro, outubro e novembro foram obtidos os menores percentuais de embalagens amassadas. Em outubro atingiu-se a meta de amassamentos, correspondendo a um percentual de 0,1% do total produzido. Já em novembro o total de embalagens amassadas foi ainda menor comparado à meta, um percentual de 0,08% do total produzido.

Foi sugerida a empresa, como trabalho futuro, a elaboração de um plano de monitoramento de desempenho mensal para a quantidade de embalagens amassadas nas etapas do processo produtivo. A técnica estatística sugerida foi o Controle Estatístico de Processos através do uso de ferramentas como elaboração de índices de capacidade e cartas de controle a fim de monitorar a quantidade de embalagens amassadas nos processos.

Finalmente, este trabalho apresentou aplicações de ferramentas estatísticas conhecidas e consolidadas do ponto de vista teórico, podendo parecer, por isso, de contribuição reduzida para construção de novas abordagens teóricas. Entretanto, é importante ressaltar que a pesquisa contribui para demonstrar a importância da correta aplicação da abordagem sistemática DMAIC do Seis Sigma na melhoria dos processos produtivos e solução de problemas. Assim, conclui-se que o estudo de caso exploratório realizado apresenta uma contribuição significativa como exemplo real e aplicado do uso da abordagem sistemática DMAIC do Seis Sigma na prática gerencial.

REFERÊNCIAS

ANTONY, J.; KUMAR, M.; MADU, C. M. Six sigma in small and medium-sized UK manufacturing enterprises: some empirical observations. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 22, n. 8, p. 860-874, 2005.

FOGLIATTO, F.; RIBEIRO, J. *Confiabilidade e Manutenção Industrial*, Editora, Elsevier Brasil, 2009.

GRIGG, N.; McALINDEN, C. A new role for ISO 9000 in the food industry? Indicative data from the UK and mainland Europe. *British Food Journal*, v. 103, n. 9, p. 644-656, 2001.

MAKRYMICHALOS, M.; ANTONY, J.; ANTONY, F.; KUMAR, M. Statistical thinking and its role for industrial engineers and managers in the 21st century, **Managerial Auditing Journal**, v. 20, n. 4, p. 354-363, 2005.

McDERMOTT, R. E.; MIKULAK, R. J.; BEAUREGARD, M. R. The Basics of FMEA. **Productivity**, 73p, 2009. Disponível em: <[http://asqnorthjersey.org/Basics_of_FMEA\(ASQ_304.pdf\)](http://asqnorthjersey.org/Basics_of_FMEA(ASQ_304.pdf))>. Acesso em: 22 jun. 2015.

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. **Estratégia Seis Sigma: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho**. Rio de Janeiro: Qualitymark, p. 134-235, 2001.

SANTOS, A. B.; MARTINS, M. F. Modelo de referência para estruturar o Seis Sigma nas organizações. **Gestão & Produção**, v. 15, n. 1, p. 43-56, 2008.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. Atlas, São Paulo: 2002.

SPINA, C. **Aplicação de ferramentas Seis Sigma e Simulação Computacional ao aperfeiçoamento de Serviços: Roteiro de referências e estudo de caso**. 2007. 124f. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) - Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://ti.srt.ifsp.edu.br/revistailuminart/index.php/iluminart/article/view/177>>. Acesso em: 18 jun. 2015.

TOLEDO, J.; BORRÁS, M.; MERGULHÃO, R.; MENDES, G. **Qualidade Gestão e Métodos**. Rio de Janeiro: Editora LTC GEN, 2013.

WERKEMA, M. C. **Criando a Cultura Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, p.13-45, 2002.

ANEXO 1 – CHECKLIST DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DA MÁQUINA RECRAVADEIRA

CHECKLIST DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DA MÁQUINA RECRAVADEIRA							
	C - Conforme	Critérios de Avaliação:			Condições		
		NC - Não conforme	NA - Não se aplica		C	NC	NA
Esteira de arrastamento							
1		Dispositivos de arrastamento (danificado, deformado ou gasto)					
2		Tensão					
Rosca e lâmina de desemilhamento							
3		A rosca de desemilhamento está ajustada, dedo de arraste (8-12mm)					
4		A rosca de desemilhamento está ajustada (desgaste ou oxidada)					
5		Limpeza dos rolamentos					
6		Lubrificação					
7		Lâmina desemilhamento (danificado ou desgaste)					
8		Lâmina retentora (danificado ou desgaste)					
9		Lâmina apropriada para a espessura de folha					
10		Folga entre lâmina retentora e da rosca de desemilhamento (0,3mm)					
Rolo de dobragem							
11		Lubrificação do pino do rolo de dobragem					
12		Cabeçote de dobragem (danificado ou desgaste)					
13		Perfil do rolo de dobragem (oxidado ou desgaste)					
14		Folga axial (mín. 0,03 e máx. 0,05mm)					
Estação de elevação							
15		Vedação de mangueiras de óleo					
16		Condições dos platos de dobragem					
17		Folga axial (< = 0,25mm)					
18		Folga radial (< = 0,35mm)					
Ejetor							
19		Ejetor (desgaste, danos)					
Sistema de lubrificação a óleo							
20		Pressão de óleo (mín. 0,8 e máx. 3,0 bar)					
21		Nível do óleo					
22		Condições do óleo e filtro					
Sistema de ar comprimido							
23		Pressão (mín. 4,5 bar)					
24		Sem acúmulo de água					
Observações/Recomendações							
Máquina:				Inspetores:			
Local:				Data/hora: / / , :			
Responsável:							

Fonte: Elaborado pelos autores.