



ISSN: 1984-3151

APLICAÇÃO DO MÉTODO DMAIC PARA ANÁLISE DE PROBLEMAS DE PRODUÇÃO: UM ESTUDO DE CASO

APPLICATION OF THE DMAIC METHOD FOR ANALYSIS OF PRODUCTION PROBLEMS: A CASE STUDY

Bruno Alves Almeida Braitt¹; Diego de Castro Fettermann²

1 Bacharel em Engenharia de Produção, UESC, 2013. Ilhéus, BA. bbraitt@gmail.com.

2 Doutor em Engenharia de Produção. PPGE/UFGRS, 2013. Prof. de Engenharia de Produção, DCET/UESC. Ilhéus, BA. dcfettermann@gmail.com.

Recebido em: 17/04/2014 - Aprovado em: 30/04/2014 - Disponibilizado em: 31/05/2014

RESUMO: A aplicação das ferramentas integrantes da abordagem Seis Sigma tem sido frequentemente utilizada pelas empresas. O presente artigo apresenta aplicação do método DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve, Control) para reduzir paradas de produção por falta de insumos de embalagem em uma indústria de computadores. Os atrasos na produção possuem impacto direto no resultado financeiro da empresa, principalmente em razão do atraso no faturamento das ordens de produção. A utilização de ferramentas aplicadas ao DMAIC possibilitou a coleta e análise dos dados para avaliar o problema. O cenário projetado comparado com o atual estima redução de 48,24% do valor monetário dos pedidos parados e 4% no custo de aquisição dos insumos para o processo.

PALAVRAS-CHAVE: DMAIC. Melhoria de processos. Gerenciamento de estoques. Controle de insumos.

ABSTRACT: The application of Six Sigma tools are very used in the companies. This paper presents the DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve, Control) method application for reduce production stops due to lack of inputs packing in a computers manufacturing company. The production delays have a direct impact on the financial results of the company, mainly due to the delay in billing of production orders. The use of the DMAIC tools enabled the collection and data analysis to assess the problem. The projected scenario compared with the current estimates a reduction of 48,24% of the monetary value of the standing orders and 4% in the cost of the inputs to the process

KEYWORDS: DMAIC. Process improvement. Inventory management. Inputs control.

1 INTRODUÇÃO

Entre as características que dificultam o gerenciamento dos suprimentos em empresas de informática, podem ser mencionados os curtos ciclos de vida dos produtos, sua grande variedade, a baixa previsibilidade da demanda, a customização do produto durante o atendimento ao cliente (PARRA; PIRES, 2003). Além disso, a manutenção de baixos níveis de inventários e altos giros de estoques são

variáveis importantes para a competitividade das empresas deste setor (PARRA; PIRES, 2003).

Diante disso, é indicada a aplicação de abordagens para a melhoria de processos, como o método DMAIC (Measure/Analyse/Improve/Control) (PEREZ-WILSON, 1999; ECKES, 2011; PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2001; WERKEMA, 2002; CARVALHO; PALADINI, 2005; HORS *et al.*, 2012). Sua aplicação alinhada com a produção enxuta é frequente na literatura, como na redução de perdas por paradas não programadas em indústria moageira (SERVIN; SANTOS; GOHR, 2012);

na integração da manufatura enxuta e seis sigma (STEPHEN, 2004; HUI; SOROOSHIAN, 2013); em melhoria de processos na saúde (PROUDLOVE; MOXHAM; BOADEN, 2008; KUMAR; MCKEWAN, 2011); ou em melhorias de processos de produção (KUMAR *et al.*, 2006; ABBAS *et al.*, 2011; GIJO; SCARIA, 2014), entre outros.

A partir disso, esse estudo tem por objetivo a aplicação do método DMAIC para reduzir paradas de produção por falta de insumos de embalagem em uma indústria de computadores. Essa proposta é resultado da ocorrência de registros de paradas de produção por falta dos insumos, sendo este um importante motivo de perdas no processo, resultando em atrasos de faturamento e não atendimento das exigências dos clientes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O Seis Sigma foi desenvolvido durante os anos 80, quando empresas norte-americanas buscavam ter um padrão de competitividade que se aproximasse das empresas japonesas (PEREZ-WILSON, 1999). O Seis Sigma tornou-se conhecido a partir de 1988, quando a Motorola recebeu o Prêmio Nacional de Qualidade Malcom Baldrige, que considerava o programa como fator primordial para o sucesso da organização (WERKEMA, 2013). Os resultados alcançados pela Motorola fizeram com que outras organizações se interessassem pela implantação do método ao longo da década de 90. Empresas como Allied Signal, General Electric (GE) contribuíram para que este se tornasse um método consolidado de melhoria da qualidade (ECKES, 2001).

A difusão do programa Seis Sigma ocorreu após a GE, através do CEO Jack Welch, divulgar expressivos resultados financeiros obtidos pela organização em virtude da implantação do programa (WERKEMA, 2013). Entretanto, é determinante que o programa

apresente uma integração harmônica da gestão por processos e por diretrizes, com a manutenção do foco nos clientes, processos críticos e resultados para que haja o alcance das metas e objetivos e, conseqüentemente, aumento da lucratividade (CARVALHO; PALADINI, 2005).

Linderman *et al.* (2003) definem o Seis Sigma como um método de melhoria estratégica dos processos e desenvolvimento de novos produtos e serviços baseado em métodos estatísticos e científicos para fazer reduções nas taxas de defeitos definidas pelo cliente. Para Rotondaro (2002), o Seis Sigma trata-se de uma estratégia gerencial de mudanças que busca alcançar, otimizar e garantir a sustentabilidade do sucesso de uma organização a partir da identificação e atendimento das expectativas e necessidades dos clientes, tanto internos quanto externos, associados as melhorias e aprimoramentos dos processos e/ou produtos e/ou serviços.

De acordo com Carvalho e Paladini (2005), Michael Harry, um dos idealizadores do Seis Sigma, define a necessidade da estratégia de o programa estar presente não somente na área da Qualidade das organizações, mas sim em toda a organização, indo desde a manufatura e engenharia até a área de serviços. Perez-Wilson (1999) afirma que as organizações que utilizam o programa Seis Sigma com caráter estratégico, além de basearem-se nas inter-relações entre o projeto de um produto, sua fabricação e qualidade final, devem-se ater às falhas existentes no processo de entrega do produto e de que modo estas interferem no grau de satisfação e atendimento às expectativas dos clientes. Sobretudo, isso acontece em razão da filosofia do Seis Sigma de reconhecer a existência de correlação entre o número de produtos defeituosos e o desperdício com custos operacionais e o nível de satisfação dos clientes (MATOS, 2003).

No surgimento do Seis Sigma, a Motorola desenvolveu o modelo DMAIC como um aperfeiçoamento do ciclo PDCA (Plan/Do/Control/Act). Posteriormente, com a implantação por parte da GE, surgiu a fase D (Define), significando definir, dando origem à sigla DMAIC. As empresas atribuem o desenvolvimento desse método, base operacional do Seis Sigma, como fator fundamental para se alcançar o sucesso de metas e objetivos (PANDE *et al.*, 2001; ECKES, 2011; CHANG *et al.*, 2012).

O Seis Sigma e o método DMAIC surgiram e se desenvolveram na prática sob a ótica da Engenharia de Qualidade, conjuntamente às ideias de Controle Estatístico da Qualidade, Gestão da Qualidade Total e Controle de Qualidade de Taguchi (DE MAST; LOKERBOOL, 2012). Segundo Easton e Rosenweig (2012), as atividades de melhoria de equipes de projeto que seguem o método estruturado de resolução de problemas DMAIC necessitam de auxílio, tanto de ferramentas de análise estatística como o DOE (*Design of Experiments*) quanto de não-estatísticas, a fim de absorver o Seis Sigma e, posteriormente, alcançar os objetivos do projeto.

2.1 MÉTODO DMAIC

O método DMAIC surgiu com a tarefa de reduzir variações, especialmente, em processos de fabricação. O DMAIC possui funções similares aos seus antecessores na resolução de problema de fabricação, tais como o PDCA (DE MAST; LOKERBOOL, 2012). O DMAIC visa à melhoria do processo por meio da seleção correta de projetos e com etapas direcionadas para a solução de problemas dispostas de forma cíclica e contínua, contribuindo no processo de melhoria. A integração de diversas ferramentas às fases do DMAIC contribui para estruturar um método sistemático e disciplinado, capaz de promover a redução da taxa de defeitos e falhas nos produtos, serviços e/ou processos nas

organizações (SANTOS, 2006; CARVALHO; PALADINI, 2005). Matos (2003) menciona que a abordagem passo-a-passo, definida através de etapas, a caracterização do problema e o entendimento das Características Críticas para a Qualidade (CTQ) são os principais fatores para o seu sucesso. A seguir, há um breve detalhamento de cada etapa do DMAIC.

2.1.1 DEFINIR (DEFINE)

Nesta etapa deve-se identificar os processos críticos responsáveis pela geração de maus resultados, tais como: reclamações de clientes, altos custos de mão de obra, baixa qualidade de suprimentos, erros de forma, etc (CARVALHO; PALADINI, 2005). Nessa etapa recomenda-se a utilização da Carta de Projeto (Project Charter), documento formal que permite a realização de um estudo racional para o projeto (WERKEMA, 2013). Nesta carta é importante constarem as informações sobre o núcleo que envolverá esclarecimentos acerca dos resultados que estão sendo procurados, confirmando valor ao negócio, estabelecendo limites e recursos, comunicando metas e planos e identificando os clientes e suas necessidades (LIN *et al.*, 2013).

2.1.2 MEDIR (MEASURE)

Nesta etapa deve acontecer o refinamento e a focalização do problema (WERKEMA, 2013), desenvolvendo-se o levantamento dos dados históricos e análise do sistema de medição das variáveis de saída (MATOS, 2003). Nesta etapa, a coleta de dados é essencial para validar e quantificar o problema e/ou a oportunidade, objetivando a definição de prioridades e a tomada de decisões sobre os critérios que são necessários (LIN *et al.*, 2013).

2.1.3 ANALISAR (ANALYZE)

Trata-se da etapa em que é realizada a identificação das variáveis que afetam o processo, sendo necessário encontrar as causas do problema para que se aprofundar nos detalhes, identificando a(s) sua(s) atividade(s) crítica(s) (LIN *et al.*, 2013). Além da análise dos dados coletados e da determinação das causas-raízes de defeitos, também é possível identificar as diferenças entre o desempenho real e o planejado (SANTOS, 2006).

2.1.4 MELHORAR (IMPROVE)

Nesta etapa, determina-se a forma de intervenção para a redução do nível de defeitos dos processos. Segundo Santos (2006), a garantia de melhoria do processo está associada a uma solução que seja capaz de eliminar e prevenir a ocorrência de problemas. Também é realizada a geração de ideias potenciais para a eliminação das causas fundamentais dos problemas, priorizados na etapa anterior (WERKEMA, 2002). Dentre as ferramentas utilizadas nesta etapa estão DOE, FMEA, *Brainstorming*, 5W2H, entre outras (SATOLO *et al.*, 2009; WERKEMA, 2013).

2.1.5 CONTROLAR (CONTROL)

A sustentabilidade da melhoria precisa de um sistema de controle para mantê-la dentro de intervalo de tolerância do processo. Nesta etapa, é confirmada a implantação da melhoria, a resolução do problema, a validação dos benefícios alcançados, as alterações necessárias aos procedimentos e instruções de trabalho, a implementação de ferramentas de controle e, por fim, a auditoria do processo e o monitoramento do desempenho (MATOS, 2003). Para esta etapa, recomenda-se a utilização de CEP, histograma, técnicas de coleta de dados (SATOLO *et al.*, 2009).

3 METODOLOGIA

O método proposto para melhoria do processo segue a sequência estruturada do método DMAIC. A FIG 1 apresenta as atividades planejadas no método de trabalho, baseado na literatura consultada, em cada fase do DMAIC, assim como as entradas e saídas e as ferramentas utilizadas em cada etapa.

	Entradas	Atividades	Ferramentas	Saídas
Definir	1. Registro de paradas do setor de Embalagem 2. Registro de Não Conformidade - Plano de Ação	1. Identificar o Problema 2. Especificar o problema 3. Mensurar variáveis	1. Project Charter	1. Definição do problema 2. Escopo do projeto
Medir	1. Registro de paradas do setor de Embalagem 2. Relatório das Programações de Produção 3. Registro de Valores (R\$) Diários do Estoque de Insumos de Embalagem	1. Coletar dados 2. Integrar dados 3. Confeccionar tabelas e gráficos 4. Mensurar perdas econômicas	1. Estratificação 2. Folha de Verificação 3. Gráfico de Pareto 4. Análise Econômica	1. Gráfico com quantidade de OPs paradas 2. Gráfico com quantidade e tipos de insumos faltantes 3. Gráfico Monetário de OPs paradas 4. Tabela de Custo de aquisição das caixas
Analisar	1. Gráfico com quantidade de OPs paradas 2. Gráfico com quantidade de insumos faltantes 3. Gráfico Monetário de OPs paradas 4. Tabela de Custo de aquisição das caixas	1. Levantar possíveis causas 2. Investigar causa-raiz	1. <i>Brainstorming</i> 2. Análise Econômica 3. Diagrama de Causa e Efeito 4. 5 Porquês	1. Causa raiz da falta de insumos
Melhorar	1. Causa raiz da falta de insumos 2. Previsão de demanda das caixas 3. Registro de Valores (R\$) Diários do Estoque de Insumos de Embalagem 4. Custo de aquisição das caixas	1. Propor melhorias 2. Propor ações corretivas para o problema 3. Comparar cenário atual com o do projeto de melhorias	1. Método de Previsão de Demanda 2. Análise Econômica	1. Proposta de melhoria
Controlar	1. Proposta de melhoria	1. Estabelecer procedimento de implementação e acompanhamento	1. 5W2H	1. Plano de Ação de implementação

Figura 1 - Etapas e atividades para aplicação do DMAIC

3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A empresa pesquisada foi fundada em meados dos anos 90 e é uma das pioneiras do Polo de Informática de Ilhéus. Trata-se de uma empresa de médio porte que atua na fabricação e comercialização de computadores *desktops*, *notebooks* e *netbooks*. Além da unidade fabril, a empresa possui lojas próprias para a comercialização de seus produtos. A estratégia de vendas adotada pela empresa permite atender a vários tipos de clientes, desde pessoas físicas que fazem seus pedidos nas lojas até editais de licitações de órgãos governamentais. Por conta disso, a unidade produz computadores tanto com a logomarca da empresa, para abastecimento das lojas próprias, quanto com logomarcas de clientes parceiros, nos quais os computadores apresentam a marca do cliente. Além de possuir diversas certificações do ramo da informática, que garantem a competitividade de seus produtos, a empresa possui certificação ISO 9001:2008 e ISO 14001:2004.

4 APLICAÇÃO DO MÉTODO DMAIC

4.1 ETAPA DEFINE

Os frequentes registros de paradas de produção e o registro de não conformidade para a falta de insumos de embalagem na empresa foram o ponto de partida para o projeto. Para tanto, decidiu-se priorizar os insumos do tipo caixas, cuja falta resulta em grande impacto para o setor de embalagem. Este é o último estágio do processo de produção de computadores, sendo responsável por realizar a colagem de etiquetas de configuração e de componentes, além dos calços e das caixas, que facilitam o transporte e protegem os produtos. Apesar de ser um processo simples, suas paradas são responsáveis por perdas, resultantes dos atrasos de faturamento para a empresa. São utilizados cinco diferentes tipos de caixas para embalagem: tipo 'H', 'N', 'S', 'PH' e 'A'. Uma análise de dados

passados, correspondendo aos meses de Fevereiro, Março e Abril de 2013, constatou 173 Ordens de Produção (OP's) que ficaram paradas no setor aguardando a chegada de caixas para embalagens. O valor de todos os pedidos que ficaram parados nesse período e que possuíam OP's aguardando insumos de embalagem totalizou o montante de R\$ 7.018.359,41. A FIG. 2 apresenta a Carta de Projeto (*Project Charter*), criada para formalizar o projeto de melhoria no processo de controle dos insumos de embalagem.

CARTA DE PROJETO (Project Charter)
Redução das paradas de produção por falta de insumos de embalagem do tipo caixa
<p>DESCRIÇÃO DO PROBLEMA</p> <p>Na fábrica de computadores da Empresa, as paradas no processo de embalagens por falta de insumos do tipo caixa foram apontadas como um dos problemas no processo produtivo. Este problema impede o cumprimento das ordens de produção (OPs), resultando no registro de uma não conformidade (RNC). A empresa utiliza cinco diferentes tipos de caixas para embalar seus produtos, são eles: TIPO H, TIPO N, TIPO S, TIPO PH, TIPO A</p> <p>Nos primeiros meses do ano de 2013, o valor médio mensal das perdas de produção decorrentes das paradas foi elevado, resultando em uma não disponibilização dos computadores para o Estoque de Produto Acabado e, posteriormente, impactando na expedição e entrega ao cliente.</p> <p>Estas paradas de produção provocaram perdas econômicas e atrasos no faturamento da empresa em virtude das não entregas aos clientes nos prazos previstos e, também, aos custos operacionais para retrabalho dos computadores. Os pedidos parados no período sob análise totalizavam 173 ordens de produção (OPs) paradas por falta de caixas, que somados representaram monetariamente R\$ 7.018.359,4 em faturamento para a Empresa A.</p>
<p>META</p> <p>Reduzir as paradas de produção por falta de caixas para os produtos por meio de melhorias de controle do insumo.</p>
<p>AVALIAÇÃO DO HISTÓRICO DO PROBLEMA</p> <p>A partir do segundo mês de 2013, a fábrica da Empresa teve um aumento de demanda para os pedidos dos insumos de embalagem do tipo caixa. A empresa não faz uso de nenhum método de previsão de demanda, baseando-se apenas no histórico de pedidos e no controle das entradas e saídas do estoque de insumos. A forma como os pedidos são feitos, associado aos erros de inventário e valores incorretos de entrada e saída do estoque, trouxeram consequências também para os meses de Março e Abril.</p>
<p>RESTRIÇÕES E SUPOSIÇÕES</p> <p>Este projeto limita-se a apresentação de oportunidade de melhoria no controle de insumos de embalagem. Por isso, todos os gastos para implantação da solução a ser encontrada para o problema necessitarão de avaliação dos gestores envolvidos no processo de produção e da autorização da diretoria da empresa.</p>
<p>CRONOGRAMA INICIAL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. DEFINIR - MARÇO/2013/ 2. MEDIR - ABRIL/2013 3. ANALISAR - MAIO/2013 4. MELHORAR - MAIO/2013 5. CONTROLAR - MAIO/2013

Figura 2 - Carta de Projeto

4.2 ETAPA MEASURE

O planejamento do levantamento de dados utilizou a ferramenta de estratificação, por meio da qual se estabeleceram os critérios abaixo:

- Tempo – Mensurar o tempo de paradas no processamento das OP's por falta de caixas no período de Fevereiro, Março e Abril de 2013. Variável mensurada: dias de parada.
- Tipo – Mensurar a quantidade de ocorrências de falta de cada um dos cinco tipos de caixas que resultaram em OP's paradas. Variável mensurada: Quantidade de OPs paradas por falta de caixas.
- Tipo – Mensurar o valor monetário de cada OP parada na produção aguardando a disponibilidade de insumos de embalagem. Variável mensurada: Valor em reais (R\$) das OP's
- Tipo – nível de estoque do insumo de embalagem durante o período de Fevereiro, Março e Abril de 2013. Variável mensurada: Quantidade de unidades do estoque de cada um dos cinco tipos de caixas.

- Tipo: Mensurar o valor de cada um dos cinco tipos de caixas utilizadas no processo de embalagem. Variável mensurada: Valor unitário em reais (R\$) de cada tipo de caixa.

O levantamento de dados iniciou-se pelos registros dos impactos de produção, identificando somente as paradas relacionadas à falta de caixas para o período. O levantamento desses dados foi realizado por meio da folha de verificação e apresentado de forma parcial para as embalagens mais críticas (tipo H, A e PH) (FIG. 3).

Foi identificada a quantidade de dias que cada uma das 173 ordens de produção ficou aguardando as chegadas das caixas para finalizar o processamento (FIG. 4). Além disso, foi possível mensurar que 60% das ordens de produção paradas por falta de embalagem permaneceram até cinco dias aguardando as caixas para serem finalizadas e faturadas.

Folha de Verificação					
Área: Produção					
Fatores de estratificação: tipo de caixa, mês, número da ordem de produção, quantidade de produtos, valor do pedido, tempo parado do pedido (em dias)					
Período: 13 de fevereiro/13 a abril/2013					
Tipo de Caixa	Período	Nº OPs	Quantidade de Produtos (unidades)	Valor do Pedido	Tempo decorrido: data de produção e data de finalização do processo (dias)
TIPO H	FEVEREIRO	**187	100	R\$ 119.912,00	19
	FEVEREIRO	**249	10	R\$ 14.160,10	15
	FEVEREIRO	**299	20	R\$ 37.740,00	14
	FEVEREIRO	**397	5	R\$ 7.516,00	9
	FEVEREIRO	**401	1	R\$ 1.548,76	8
	MARÇO	**471	2	R\$ 4.845,00	5
TIPO A	MARÇO	**475	2	R\$ 4.845,00	5
	MARÇO	**694	20	R\$ 20.245,60	5
	MARÇO	**693	50	R\$ 67.064,00	5
	MARÇO	**692	100	R\$ 119.128,00	3
	MARÇO	**756	220	R\$ 114.681,60	3
	MARÇO	**690	250	R\$ 130.320,00	3
	MARÇO	**672	50	R\$ 73.564,00	2
	MARÇO	**574	100	R\$ 184.628,00	2
	MARÇO	**691	50	R\$ 39.564,00	2
	MARÇO	**695	50	R\$ 85.814,00	2
	MARÇO	**764	8	R\$ 5.760,00	2
	MARÇO	**774	30	R\$ 15.638,40	1
	TIPO PH	ABRIL	**088	225	R\$ 203.042,25
ABRIL		**085	150	R\$ 147.000,00	5
ABRIL		**086	75	R\$ 89.250,00	5
ABRIL		**087	300	R\$ 222.951,00	5

Figura 3 - Folha de Verificação parcial utilizada para a coleta de dados

Fonte - Adaptado de Werkema (2013)

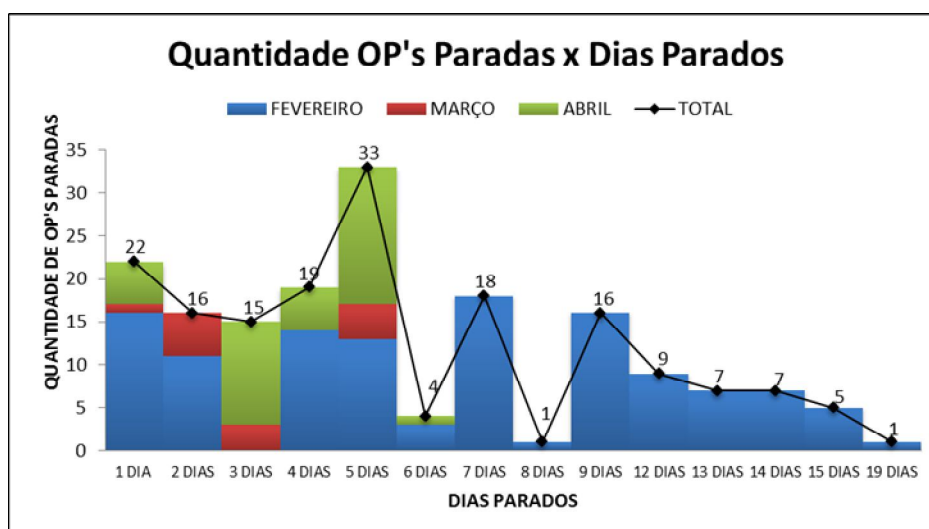


Figura 4 - Quantidade de dias que as OPs ficaram paradas por período

Também foram identificados os valores para faturamento de cada OP parada, avaliando o tempo decorrido entre a data de entrada para a produção e a data de disponibilização para o estoque de produto acabado. Utilizou-se a técnica de análise econômica, levantando o valor de faturamento dos pedidos para

mensurar o montante que ficou parado no processo de produção. Estes dados estão representados por um Gráfico de Pareto (FIG. 5), o qual permite evidenciar o valor monetário total dos pedidos que ficaram aguardando os insumos de embalagem para serem finalizados e faturados pela empresa.

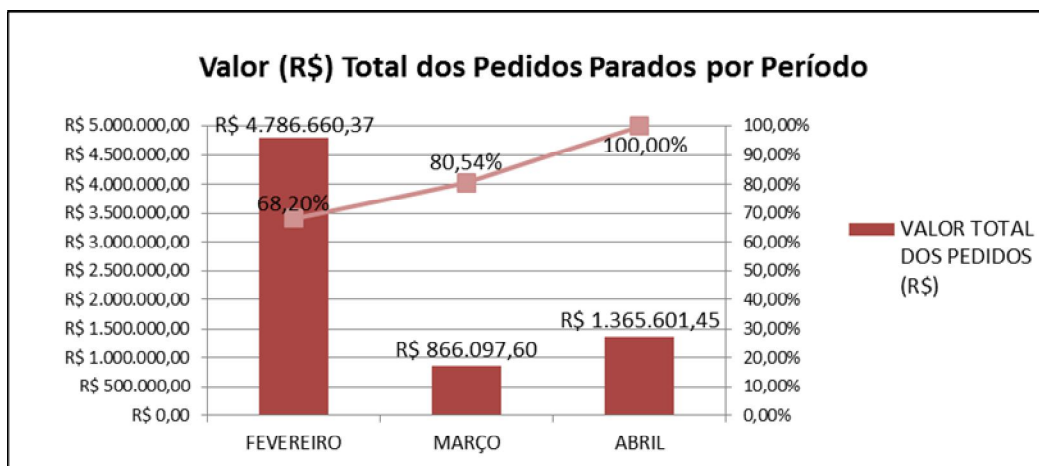


Figura 5 - Valor Total dos Pedidos Parados por Período

Os custos de aquisição dos cinco tipos de caixas para cada período estão representados na TAB. 1, tendo

sido mensurados por meio da multiplicação do custo unitário da caixa pela quantidade mensal adquirida.

Tabela 1 - Custos de aquisição das caixas no cenário atual

CAIXA	CUSTO UNITÁRIO	FEVEREIRO		MARÇO		ABRIL	
		QTD MENSAL ADQUIRIDA	CUSTO TOTAL	QTD MENSAL ADQUIRIDA	CUSTO TOTAL	QTD MENSAL ADQUIRIDA	CUSTO TOTAL
TIPO A	R\$ 3,86	9.072	R\$ 35.017,9	6.947	R\$ 26.815,4	6.674	R\$ 25.761,6
TIPO S	R\$ 3,64	4.673	R\$ 17.009,7	4.754	R\$ 17.304,6	6.041	R\$ 21.989,2
TIPO N	R\$ 1,98	3.307	R\$ 6.547,9	5.510	R\$ 10.909,8	5.070	R\$ 10.038,6
TIPO H	R\$ 5,33	207	R\$ 1.103,3	619	R\$ 3.299,3	1.000	R\$ 5.330,0
TIPO PH	R\$ 7,00	1.524	R\$ 10.668,0	3.210	R\$ 22.470,0	7.448	R\$ 52.136,0
TOTAL	MENSAL	18.783	R\$ 70.346,8	21.040	R\$ 80.799,0	26.233	R\$ 115.255,5

4.3 ETAPA ANALYSE

A partir dos dados da etapa anterior, foi possível identificar os tipos de insumos e as quantidades de caixas que resultaram nas paradas do processo de embalagem dos computadores e o prejuízo financeiro provocado pelas OP's paradas. No mês de Fevereiro, as 121 OP's paradas representaram R\$ 4.786.660,37, correspondendo a 68,20% do montante analisado. Já em Março, somente 13 OP's ficaram paradas por falta de insumos, mas, mesmo assim, significaram R\$ 866.097,60, representando 12,34% do montante. Por fim, no período de Abril, houve 39 OP's paradas que representaram R\$ 1.365.601,45, correspondendo a 19,46% do montante analisado.

A quantificação das perdas econômicas ocasionadas pela quantidade de dias parados de cada OP foi

arbitrada por meio da aplicação de taxa de 2,5% a.m. sobre o valor do pedido parado por falta do insumo. No período de Fevereiro, as perdas foram estimadas em R\$28.961,48. Para Março, as perdas foram estimadas em R\$1.976,40. Já para Abril, são representadas pelo valor de R\$5.172,71. O somatório das perdas dos períodos é estimado em R\$ 36.110,59.

Após a identificação e mensuração das falhas no processo de embalagem, relacionadas à falta de caixas, seguiu-se para a investigação da causa-raiz do problema. O *brainstorming* possibilitou o levantamento de causas potenciais, representadas no diagrama de causa e efeito para a falta dos insumos (FIG. 6).

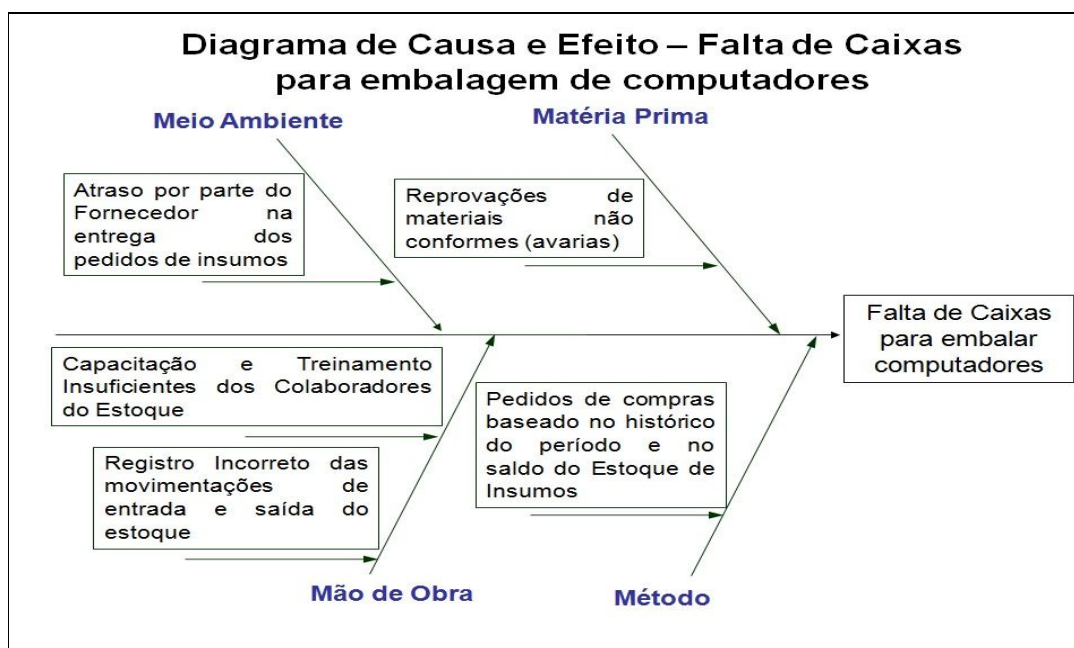


Figura 6 - Diagrama de Causa e Efeito para a falta de caixas

Com a utilização da análise dos cinco porquês, a análise da falta de caixa gerou cinco causas potenciais, sendo a causa “Pedidos de compras baseado no histórico e no saldo do estoque de Insumos”, identificada como a causa-raiz para o problema.

4.4 ETAPA IMPROVE

A partir da identificação da causa-raiz dos problemas, decidiu-se pela utilização de um método de previsão dos insumos para projeção de um novo cenário. Escolheu-se o método de técnica quantitativa média móvel simples (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010), pois a quantidade de dados referentes à utilização de insumos existentes no sistema de gestão da empresa limitava a utilização de modelos mais aprimorados, que necessitam de um maior número de dados. Para este projeto, estabeleceu-se a quantidade

de 3 (N) períodos. Como o período de análise deste projeto inicia-se no mês de Fevereiro de 2013, foram utilizados dados da demanda de caixas dos meses de Novembro e Dezembro de 2012 e de Janeiro de 2013.

Estabeleceu-se também para o projeto a adoção de estoque de segurança para os insumos, em virtude das constantes variações do mercado. A proposição desta ação exigiu a definição de um nível de serviço e, firmou-se o valor de 95%. Fernandes e Godinho Filho (2010) estabelecem uma relação entre fator de segurança, denominado de n , e o desvio padrão (σ) na determinação do estoque de segurança: $s = n \times \sigma$. O valor do fator de segurança para o nível de serviço de 95% é de $n = 1,645$. A TAB. 2 apresenta a integração dos dados de previsão de demanda, demanda real, desvio padrão da demanda, fator de segurança e estoque de segurança.

Tabela 2 - Previsão de demanda das caixas no cenário projetado

CAIXA TIPO A						
Período	Previsão de Demanda	Desvio Padrão (σ)	Fator de Segurança (n)	Estoque de Segurança (s)	Previsão + Estoque de Segurança	Demanda Real
fev/13	5.327	2.270	1,645	3.735	9.061	3.613
mar/13	3.883	2.042	1,645	3.359	7.243	5.517
abr/13	4.335	1.790	1,645	2.945	7.279	3.960
CAIXA TIPO S						
Período	Previsão de Demanda	Desvio Padrão (σ)	Fator de Segurança (n)	Estoque de Segurança (s)	Previsão + Estoque de Segurança	Demanda Real
fev/13	3.798	627	1,645	1.031	4.828	4.485
mar/13	4.261	616	1,645	1.014	5.275	3.758
abr/13	4.179	542	1,645	892	5.071	4.474
CAIXA TIPO N						
Período	Previsão de Demanda	Desvio Padrão (σ)	Fator de Segurança (n)	Estoque de Segurança (s)	Previsão + Estoque de Segurança	Demanda Real
fev/13	1.650	788	1,645	1.296	2.946	3.591
mar/13	2.440	1.165	1,645	1.916	4.355	2.982
abr/13	3.044	1.077	1,645	1.772	4.816	2.004
CAIXA TIPO H						
Período	Previsão de Demanda	Desvio Padrão (σ)	Fator de Segurança (n)	Estoque de Segurança (s)	Previsão + Estoque de Segurança	Demanda Real
fev/13	383	153	1,645	251	634	345
mar/13	321	126	1,645	207	528	300
abr/13	346	114	1,645	188	533	467
CAIXA TIPO PH						
Período	Previsão de Demanda	Desvio Padrão (σ)	Fator de Segurança (n)	Estoque de Segurança (s)	Previsão + Estoque de Segurança	Demanda Real
fev/13	832	573	1,645	942	1.774	510
mar/13	817	494	1,645	813	1.630	2.920
abr/13	1.293	1.060	1,645	1.744	3.037	6.060

Seguindo o mesmo procedimento anterior, estimou-se o valor monetário total das OP's para as situações em que a quantidade prevista é inferior à demanda real. O cálculo das perdas econômicas no cenário projetado é realizado utilizando-se a quantidade média de dias parados por falta de insumo (5 dias - ver Seção 4.2), com a taxa de 2,5% a.m., também utilizada na Seção

4.3 para mensurar as perdas no cenário atual. A TAB. 3 apresenta a perda resultante do atraso do faturamento dos pedidos embalados com as caixas TIPO PH e TIPO N, visto que as situações projetadas de falta de caixas são relacionadas somente aos dois modelos.

Tabela 3 – Quantificação da perda resultante dos pedidos parados por falta de caixa

CAIXA	QUANTIDADE E DE PRODUTOS PARADOS	VALOR UNITÁRIO MÉDIO DO PRODUTO	VALOR TOTAL DOS PEDIDOS PARADOS	PERDA RESULTANTE DO ATRASO NO FATURAMENTO
TIPO N	645	R\$ 1.049,76	R\$ 677.095,20	R\$ 2.821,23
TIPO PH	4313	R\$ 882,99	R\$ 3.808.335,87	R\$ 15.868,06
Total				R\$ 18.869,29

Além disso, também foi contabilizado o custo de aquisição de todas as quantidades de embalagens dos produtos previstas pelo método de previsão de

demanda. Os resultados indicam o custo para a manutenção do estoque de embalagens projetado a partir da implementação das melhorias (TAB. 4).

Tabela 4 - Custos de aquisição das caixas no cenário projeto pelo método de previsão

CAIXA	CUSTO UNITÁRIO	FEVEREIRO		MARÇO		ABRIL	
		PREVISÃO + ESTOQUE + SEGURANÇ A	CUSTO TOTAL	PREVISÃO + ESTOQUE + SEGURANÇ A	CUSTO TOTAL	PREVISÃO + ESTOQUE + SEGURANÇ A	CUSTO TOTAL
TIPO A	R\$ 3,86	9.061	R\$ 34.977,4	7.243	R\$ 27.957,2	7.279	R\$ 28.098,6
TIPO S	R\$ 3,64	4.828	R\$ 17.575,0	5.275	R\$ 19.201,4	5.071	R\$ 18.458,3
TIPO N	R\$ 1,98	2.946	R\$ 5.832,7	4.355	R\$ 8.623,5	4.816	R\$ 9.535,95
TIPO H	R\$ 5,33	634	R\$ 3.380,2	528	R\$ 2.816,7	533	R\$ 2.842,5
TIPO PH	R\$ 7,00	1.774	R\$ 12.414,5	1.630	R\$ 11.409,4	3.037	R\$ 21.261,4
TOTAL MENSAL		19.243	R\$ 74.179,9	19.032	R\$ 70.008,1	20.737	R\$ 80.196,8

4.2 COMPARAÇÃO ENTRE OS CENÁRIOS ATUAL E PROJETADO

Foram realizadas duas comparações entre o cenário atual e o projetado com as melhorias. Para tanto, foi avaliado o custo de manutenção do estoque na situação atual e para a projetada a partir da

implementação do método de previsão de demanda. Além disso, também foi calculado o custo do atraso do faturamento dos pedidos em razão da falta de embalagem no estoque. Utilizando estes dois indicadores foi possível constatar uma significativa economia (TAB. 5).

Tabela 5 – Comparativo entre a situação atual e a projetada

	Custo do Estoque (valor das unidades armazenadas de embalagens no estoque)	Perda resultante do não faturamento por falta de embalagem
Situação atual	R\$ 266.401,34	R\$ 36.110,59
Situação projetada	R\$ 224.384,77	R\$ 18.689,29
Redução	-15,77%	-48,24%

Ao incluir o custo das caixas faltantes do tipo N e PH não previstas para o período (TAB.2) no estoque da

situação projetada, ainda assim se atinge uma redução de 4% do custo geral do estoque de

embalagens. As três situações em que o método de previsão utilizado no cenário projetado não identificou quantidades de caixas necessárias para suprir a demanda do período são explicadas por dois fatores. O primeiro caso pode ser explicado pelo lançamento de um novo produto que também utiliza a caixa TIPO N. Nos meses subsequentes, os modelos antigos foram substituídos gradativamente pelo novo produto e, por isso, não há um comportamento crescente para a demanda da caixa TIPO N. O segundo fator interfere na demanda da caixa TIPO PH nos meses de Março e Abril. Neste caso, foram registrados novos clientes para pedidos de produtos cujas configurações são atendidas por essa caixa. Os pedidos dos novos clientes representaram uma entrada de 2.250 unidades em Março e de 4.410 unidades em Abril. Para ambos os casos, uma revisão qualitativa dos

volumes previstos poderia contribuir para ajustar os valores previstos (TUBINO, 2008). Além disso, a implementação de modelos mais aperfeiçoados de previsão de demanda, tais como Box Jenkins e redes neurais, poderiam prever com maior segurança os volumes de consumo de insumos, reduzindo os volumes de estoque e aumentando o nível de serviço.

4.5 ETAPA CONTROL

A etapa anterior projetou um cenário para períodos temporais passados e, conforme previsto na Carta de Projeto (Seção 4.1), a implantação deste projeto para períodos subsequentes depende de avaliação da empresa. Mesmo assim, foi realizado um plano de ação em caso de implantação do projeto proposto, utilizando a ferramenta 5W2H (FIG. 7).

Figura 7 – Plano de implementação

Objetivo: Implantar método de previsão	
O que fazer?	Utilizar método de previsão de demanda para os insumos de embalagem
Porque fazer?	Reduzir as paradas de produção por falta de insumos para embalar os computadores
Onde fazer?	Planilha de Controle de Insumos
Quem fará?	Setor de PCP
Quando fará?	A definir
Como fará?	Quantificar os valores utilizados de todo os insumos mês a mês
Quando vai custar?	Custos de aquisição dos produtos dependerão da demanda de cada período

5 CONCLUSÃO

A partir da necessidade de implementar a melhoria dos processos de produção, este artigo teve por objetivo a aplicação do método DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve, Control) para reduzir paradas de produção por falta de insumos de embalagem em uma indústria de computadores. A adoção do DMAIC como procedimento de melhoria, juntamente a uma série de técnicas e ferramentas

utilizadas na condução do projeto, resultou na redução estimada de 48,24% nas perdas causadas pelos dias parados dos pedidos, estabelecendo um custo de aquisição das caixas 4% menor para todo o período analisado. A utilização da metodologia DMAIC contribuiu para atingir os objetivos de eliminação de perdas no processo. O suporte da metodologia DMAIC para a filosofia enxuta se apresenta como uma alternativa para operacionalizar a melhoria contínua dos processos.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, A. R. *et al.* Applying DMAIC Procedure to Improve Performance of LQP Printing Process Companies. **Advances in Production Engineering & Management**, v. 6, n. 1, p.45-56, 2011.
- CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- CHANG, S. *et al.* Applying Six Sigma to the management and improvement of production planning procedure's performance. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 23, n. 3-4, p. 291-308, 2012.
- DE MAST, J.; LOKKERBOL, J. An analysis of the six sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. **International Journal of Production Economics**, v. 139, p. 604-614, 2012.
- EASTON, G. S.; ROSENWEIG, E. D. The role of experience in six sigma project success: An empirical analysis of improvement projects. **Journal of Operations Management**, v. 30, p. 481-493, 2012.
- ECKES, G. **A revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucro**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- FERNADES, F. C. F.; GODINHO FILHO, M. **Planejamento e controle da produção: dos fundamentos ao essencial**. São Paulo: Atlas, 2010.
- GIJO, E. V.; SCARIA, J. Process improvement through Six Sigma with Beta correction: a case study of manufacturing company. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v.71, p. 717-730, 2013.
- HORS, C. *et al.* Aplicação das ferramentas de gestão empresarial Lean Seis Sigma e PMBOK no desenvolvimento de um programa de gestão da pesquisa científica. **Gestão e Economia em Saúde**, v. 10, n. 4, p.480-490, 2012.
- HUI, K. B.; SOROOSHIAN, S. Study on Impact of Lean Six Sigma. **Journal of Management & Science**, v. 3, n. 4, 2013.
- KUMAR, M. *et al.* Perry, D. Implementing the Lean Sigma framework in an Indian SME: a case study. **Production Planning and Control**, v.17, n.4, p.407-423, 2006.
- KUMAR, S. MCKEWAN, G. W. Six Sigma DMAIC Quality Study: Expanded Nurse Practitioner's Role in Health Care During and Posthospitalization Within the United States. **Home Health Care Management & Practice**, v. 23, n. 4, p. 271-282, 2011.
- LI, M. C.; AL-REFAIE, A.; YANG, C. DMAIC approach to improve the capability of SMT solder printing process. **IEEE Transactions on Electronics Packaging Manufacturing**, v. 31, n. 2, p. 126-133, 2008.
- LIN, C. *et al.* Continuous improvement of knowledge management systems using Six Sigma methodology. **Robotics and Computers-Integrated Manufacturing**, v.29, p. 93-103, 2013.
- LINDERMAN, K. *et al.* Six Sigma: a goal theoretic perspective. **Journal of Operations Management**, v. 21, p. 193-203, 2003.
- MATOS, J. L. **Implementação de um projeto de melhorias em um processo de reação química em batelada utilizando o método DMAIC**. Dissertação (Mestrado). UFRGS, 2003.
- 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, 2001.
- PARRA, P. H.; PIRES, S. R. I. Análise da gestão da cadeia de suprimentos na indústria de computadores. **Gestão e Produção**, v.10, n.1, p.1-15, 2003.
- PEREZ-WILSON, M. **Seis Sigma: Compreendendo o conceito, as implicações e os desafios**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.
- PROUDLOVE, N.; MOXHAM, C.; BOADEN, R. Lessons for lean in healthcare from using Six Sigma in the NHS. **Public Money and Management**, v.28, n.1, p.27-34, 2008.
- ROTONDARO, R. G. **Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. São Paulo: Atlas, 2002.
- SANTOS, A. B. **Modelo de referência para estruturar o programa de qualidade Seis Sigma: proposta e avaliação**. Tese (Doutorado), UFSCAR, 2006.
- SATOLO, E. G. *et al.* Análise da utilização de técnicas e ferramentas no programa Seis Sigma a partir de um levantamento tipo survey. **Produção**, v.19, n.2, p.400-416, 2009.

SERVIN, C. A. L.; SANTOS, L. C.; GOHR, C. F. Aplicação da metodologia DMAIC para a redução de perdas por paradas não programadas em uma indústria moageira de trigo. **Anais...** Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Bento Gonçalves-RS, 2012.

STEPHEN, P. **Application of DMAIC to integrate Lean Manufacturing and Six Sigma**. Thesis Master of Science. Virginia Polytechnic Institute and State University, 2004.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2008.

WERKEMA, C. **Criando a cultura Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

WERKEMA, C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.