



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS



LETICIA DIAS

**Aplicação de ferramentas Seis Sigma na resolução
de um problema prático na indústria da Linha
Branca**

Limeira

2014



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS



LETICIA DIAS

Aplicação de ferramentas Seis Sigma na resolução de um problema prático na indústria da Linha Branca

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para a obtenção do título
de bacharel em Engenharia de Produção à
Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade
Estadual de Campinas

Orientador: Prof. Dr. João Eloir Strapasson

Limeira

2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA PROF. DR. DANIEL JOSEPH HOGAN DA
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS

D543a Dias, Leticia
Aplicação de ferramentas Seis Sigma na resolução de um problema prático na indústria da linha branca / Leticia Dias. - Limeira, SP: [s.n.], 2014.
32 f.

Orientador: João Eloir Strapasson.
Monografia (Graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas.

1. Estudo de casos. 2. Melhoria contínua. 3. Experimentos. 4. Produção.
I. Strapasson, João Eloir. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Aplicadas. III. Título.

Título em inglês: Using Six Sigma tools to solve a practical problem at the home appliances industry.

Keywords: - Case studies;
- Continuous improvement;
- Experiments;
- Production.

Titulação: Bacharel em Engenharia de Produção.

Banca Examinadora: Prof. Dr. José Luiz Pereira Brittes.

DIAS, Leticia. **Aplicação de ferramentas Seis Sigma na resolução de um problema prático na indústria da Linha Branca**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2014.

RESUMO

A metodologia Seis Sigma e suas ferramentas têm grande potencial em auxiliar um Engenheiro de Produção a solucionar problemas práticos e geram benefícios financeiros à organização. Através da utilização de ferramentas como Mapas de Raciocínio, Mapas de Processo e Produto e Experimentos Estruturados otimiza-se a melhoria implantada, garantindo sua efetividade e durabilidade. A partir da utilização do Seis Sigma, a tomada de decisão é sempre respaldada em fatos e dados reais e não somente em previsões e palpites. Neste trabalho, um estudo de caso em uma empresa da linha branca mostra como os treinamentos em Seis Sigma guiaram a resolução de um problema na mudança do sistema de embalagem, que poderia vir a inviabilizar o projeto. É preciso definir, medir, analisar e controlar qualquer melhoria contínua que se queira implantar na organização. Seguindo esta filosofia e fazendo uso de tais ferramentas muitas empresas já atingiram e continuam atingindo resultados muito satisfatórios como reduções de custo, aumento no lucro e fidelização dos consumidores.

Palavras-chave: Estudo de casos, Melhoria Contínua, Experimentos, Produção.

DIAS, Leticia. **Using Six Sigma tools to solve a practical problem at the home appliances industry.**2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2014.

ABSTRACT

The Six Sigma methodology and its tools can help an Industrial Engineer solve practical problems and financially benefit the company. Using tools such as Thought Maps, Process and Product Maps and Structured Experiments, one is able to optimize an improvement and guarantee it will be effective and durable. A decision based on Six Sigma relies only on facts and real data rather than forecasts and guesses. This work will present a case study in a home appliances company, demonstrating how teaching Six Sigma guided the solution to a problem in changing the packing process, which could have made the project itself impracticable. It is necessary to define, measure, analyze and control any improvement before implementation. Following this philosophy and using its tools, many companies have already achieved and keep on achieving very pleasant results such as cost reductions, raise in profits and customer loyalty.

Keywords: Case Studies, Continuous improvement, Experiments, Production.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	Objetivo	7
1.2	Justificativa e limitações	8
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
2.1	Introdução ao OpEx Seis Sigma.....	8
2.2	Contextualização	10
2.3	Conceitos do OpEx	10
2.3.1	DMAIC	12
2.3.2	Ciclo PDCA.....	13
2.3.3	Mapa de Raciocínio.....	14
2.3.4	Mapa de Processo.....	15
2.3.6	DOE (<i>Design of Experiments</i>)	16
3	ESTUDO DE CASO	18
3.1	Contextualização	18
3.2	Problema.....	19
3.3	Mapa de Raciocínio.....	19
3.4	Mapa de Processo	20
3.5	Mapa de Produto.....	21
3.6	<i>Design of Experiments</i>	21
3.7	RESULTADOS.....	22
4	CONCLUSÃO	23
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
	APÊNDICE B	29
	APÊNDICE C	30
	APÊNDICE D	31
	APÊNDICE E	31
	APÊNDICE F	32

1 INTRODUÇÃO

No ambiente acadêmico, o Engenheiro de Produção se familiariza com inúmeras metodologias já desenvolvidas para a solução de problemas e para a melhoria contínua de processos e produtos na indústria.

No entanto, empregar métodos calculados e estatísticos ou ainda filosofias de Produção Enxuta não são muitas vezes as primeiras opções no dia a dia. Não é raro que se tente resolver uma situação somente pelo conhecimento acadêmico e experiência sem recorrer a nenhuma metodologia definida na tentativa de se diminuir o tempo de resposta e obter-se resultados mais rapidamente.

Ao aplicar-se a solução mais lógica no momento, sem um estudo prévio e análise de dados reais que suportem tal decisão, perde-se a oportunidade de otimizar o resultado obtido após a implementação da melhoria.

É de extrema importância recorrer a uma metodologia que deixe claro qual o problema a ser solucionado e que permita conhecer de fato o processo em questão e suas variáveis críticas e o que não pode ser controlado. Deste modo, a tomada de decisão será mais assertiva e trará resultados mais efetivos e duradouros, mesmo que se invista algum tempo em treinamento e planejamento.

1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho é evidenciar a importância da aplicação de uma metodologia confiável no dia a dia de um Engenheiro de Produção que subsidie suas decisões com riscos reduzidos e sem se tomar tempo desnecessário.

Através de um estudo de caso, pode-se deixar claro que com a aplicação de conhecimentos teóricos e ferramentas OpEx Seis Sigma na solução de um problema prático da indústria, obtêm-se melhores resultados para a companhia aperfeiçoando-se o modo como o profissional toma suas decisões. São inúmeras as empresas que elegem para este fim tal metodologia através de treinamentos rápidos e eficazes e sua constante aplicação prática. (RODRIGUES; WERNER,2008)

Tais treinamentos são oferecidos a profissionais de todos os níveis hierárquicos, desde estagiários até especialistas, aumentando-se gradativamente a complexidade dos problemas e das ferramentas empregadas, ao passo que se internalizam os conhecimentos utilizando-os diariamente.

É importante ressaltar que as ferramentas não constituem um passo-a-passo ou um caminho que deve ser seguido para todo problema. Deve-se utilizar somente o que for pertinente caso a caso, otimizando-se assim o tempo empregado em um projeto, e evitando-se que seu uso se torne uma obrigação desnecessária.

1.2 Justificativa e limitações

Ao implantar-se um projeto é possível minimizarem-se os riscos e problemas a serem enfrentados por meio de planejamento e estudos prévios. No entanto, o estudo de caso aqui apresentado foi necessário para se solucionar um problema que não havia sido previsto e poderia inviabilizar o sucesso do projeto em si. O trabalho representa não somente uma melhoria, mas, a solução de uma condição não conforme.

Serão abordados apenas aspectos da aplicação da metodologia Seis Sigma e suas ferramentas pertinentes a tal estudo, ficando fora de seu escopo qualquer particularidade do processo de embalagem a ser implantado, bem como as matérias-primas por ele utilizadas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Introdução ao OpEx Seis Sigma

Segundo Pinto; Carvalho; Ho (2006), a intensa competição entre as empresas de todo o mundo, bem como a diminuição do crescimento econômico na transição do século XX para o século XXI, levaram a grandes mudanças na área da qualidade e produtividade. Neste cenário, a qualidade de produtos e serviços passou a ser um ponto crucial para sobrevivência das organizações. O foco no cliente e preocupação com garantia de qualidade a menores preços tornou-se uma necessidade.

Deming e Ishikawa, que serão citados mais à frente, definiram conceitos e ferramentas para gestão de qualidade no meio do século XX que são utilizados até hoje. Seus métodos, dentre outros, tiveram grande aplicabilidade nas organizações e acabaram por influenciar também as metodologias desenvolvidas posteriormente.

No entanto, o enfoque dado inicialmente, no início do século XX, era de inspeção, e muito teve de evoluir até que se pudesse chegar à garantia da qualidade.

Além de sua abordagem estatística, o Seis Sigma pode ser definido como uma estratégia gerencial de mudanças que aumenta a lucratividade através de melhoria contínua da qualidade dos processos, produtos ou serviços oferecidos por uma organização e da satisfação de seus clientes. (WERKEMA,2004)

Segundo Eckes (2001), o método Seis Sigma é uma abordagem eficiente para gerar vantagem competitiva de maneira confiável, já que o mesmo foi testado e aprovado em diversos lugares.

O Seis Sigma teve seu início na Motorola no ano de 1987 motivado por reclamações crescentes de falhas em produtos eletrônicos. Através de estudos sobre as variações presentes em seus processos, foi criada uma gama de técnicas e ferramentas de melhoria contínua a serem aplicadas de maneira sistemática que trariam benefícios a organização como um todo. Dentre estes, é válido ressaltar as reduções de custo, aumento de margem de lucro e participação de mercado através da otimização das operações e melhoria da qualidade com eliminação de defeitos e falhas. (ANDRIETTA; MIGUEL,2007)

Após a consagração do método pela Motorola, a AlliedSignal (hoje Honeywell) foi uma das primeiras empresas a implementá-lo. Durante a década de 1990, suas vendas dobraram e foi reportado um grande aumento de produtividade. Em 1995, a General Electric também aderiu às práticas do Seis Sigma. Como exemplo dos ganhos atingidos, a GE Plastics aprimorou em 1,1 bilhão de libras um processo de produção de plástico. Devido à implantação da metodologia a GE vivenciou um grande crescimento em sua margem de lucro operacional. (ECKES, 2001)

Desde sua criação, o Seis Sigma seguiu evoluindo constantemente, e ganhando a adesão de cada vez mais empresas. Hoje, é um dos métodos mais utilizados para uma empresa se manter competitiva no mercado globalizado. Apesar do grande chamariz estar no ganho financeiro, há também melhorias na fidelização dos consumidores e direcionamento no cumprimento de metas por parte dos colaboradores através da aprendizagem. (RODRIGUES; WERNER,2008)

Por ser uma metodologia completa, pode ser aplicado não só à fábrica, mas também à atividades administrativas onde também há desperdícios e falhas de qualidade. Rodrigues e Werner (2008) evidenciam a importância do

comprometimento dos altos níveis da organização para o sucesso do Seis Sigma além de ter um método estruturado e mensurar os benefícios obtidos.

2.2. Contextualização

Cada empresa foca a utilização do Seis Sigma conforme sua necessidade e estratégia e portanto este programa será desdobrado a partir da ótica da empresa em questão.

Nesta empresa, o OpEx é passado aos colaboradores em forma de treinamentos que vão se aprofundando conforme se atinja cada nível de certificação. Neste estudo, serão apresentados conceitos do nível básico de formação OpEx Fundamentos, também conhecido mundialmente como Yellow Belt. O intuito é capacitar os profissionais a buscarem melhorias de qualidade e produtividade para a empresa, através da aplicação de princípios e ferramentas Seis Sigma, tanto em novos processos e produtos quanto nos já existentes.

Para tanto, são passados conceitos, ferramentas e métodos de prevenção e resolução de problemas. É necessário conhecer de fato o processo ou produto a ser melhorados, bem como realizar uma coleta e análise efetiva de dados reais que respondam as perguntas corretas. A partir de tais dados, é possível identificar onde estão as variações indesejadas e criar processos mais robustos que as minimizem.

Dentre os inúmeros benefícios atingidos pelo programa pode-se salientar reduções de custo, melhorias de qualidade, design robusto, melhorias na comunicação convergindo para um atendimento mais eficaz das necessidades do consumidor com melhorias nos resultados da organização.

“A ênfase das organizações que aplicam o seis sigma é respaldar suas decisões em fatos concretos e dados mensuráveis.” (ANDRIETTA; MIGUEL,2009)

Na empresa em questão, foi escolhida a aplicação do OpEx frente à um problema para se tomar uma decisão respaldada em dados confiáveis e minimizarem-se os riscos inerentes de qualquer mudança.

2.3 Conceitos do OpEx

Para possibilitar qualquer um destes benefícios é necessário primeiramente conhecer o processo com seus inputs e outputs, como ilustrado na figura 1. Conhecendo-se o processo é possível expressá-lo em números e assim controlá-lo.

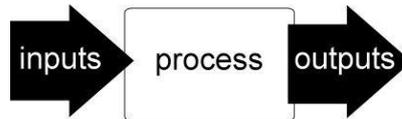


Figura 1 - Diagrama de um Processo

Fonte: Apostila OpEx Fundamentos (2014)

Pode-se caracterizar o processo sob estudo como uma função $Y = f(x)$, onde Y representa os outputs esperados pelo consumidor e que não podem ser controlados, somente inspecionados e avaliados e x como os inputs cujas variações podem ser mais facilmente medidas, controladas e prevenidas. Ao se tentar controlar os outputs de um processo, gera-se mais custos com inspeção e retrabalho, tratando os sintomas do problema e não atingindo a causa raiz.

Para controlar de forma eficaz as saídas de qualquer processo é imprescindível que o foco esteja nos inputs (x 's) e não nos outputs (Y 's). Além disso, é igualmente importante saber quais inputs requerem atenção para que se diminua o número de variáveis do problema, sua complexidade e, conseqüentemente, seu tempo de resolução. Esta busca por se conhecer afundo o problema se dá pelo processo de aprendizado do método científico.

“Dois investigadores competentes atacando o mesmo problema, começariam de pontos diferentes, tomariam rotas distintas e ainda poderiam chegar à mesma solução. O que procuramos não é uniformidade mas convergência.” (BOX; HUNTER; HUNTER, 1978)

Em outras palavras, não há um caminho definido a ser seguido que leve à solução do problema. O intuito é, pura e simplesmente, diminuir a distância entre os conhecimentos e teorias já existentes e os fatos e dados reais através de perguntas e experimentos convergindo para um resultado satisfatório.



Figura 2 - O método científico

Fonte: Apostila OpEx Fundamentos (2014)

Ao se buscarem respostas para implementar uma melhoria é preciso saber diferenciar as variações de Causa Comum e as de Causa Especial. A variação de Causa Comum é aquela inerente ao processo e que já é esperada. Ela ocorre de maneira aleatória, normal e sistêmica sem que se possa atribuir nenhuma causa. Não é possível eliminar e sim minimizar tais causas através do estudo do processo. Já as de Causa Especial ocorrem devido a um único fator de maneira local e não aleatória. A ação necessária não envolve mudanças no processo, deve-se identificar a causa e eliminá-la.

2.3.1 DMAIC

Segundo Andrietta e Miguel (2002), o DMAIC é um dos conceitos mais importantes para se assegurar o desempenho e sucesso do Seis Sigma. DMAIC significa Define, Measure, Analyse, Improve and Control e são as etapas que devem nortear toda a evolução dentro de um projeto Seis Sigma

Para Eckes (2001) cada etapa pode ser explicada como:

- *Define* (defina): definir de forma clara quem será impactado pelo projeto, ou seja, qual a equipe envolvida na melhoria e quem são os clientes com suas necessidades e exigências. Assim, fica acordado qual o escopo do projeto com objetivo claro e específico. Nesta etapa, é necessário desenvolver o Mapa de Processo, que será desdobrado no tópico 2.3.4, para elencar os pontos críticos e os requisitos técnicos necessários.
- *Measure* (meça): estipular como mensurar de maneira confiável a eficiência e eficácia do processo de maneira a tratar tais medidas sob a ótica do Seis Sigma. Para estruturar uma coleta de dados representativa e aleatória é interessante desenhar uma árvore de amostragem.
- *Analyse* (analise): identificar, através da análise dos dados obtidos, quais as possíveis causas do problema em questão de modo a se determinar qual o real alvo na melhoria (x) que irá gerar o resultado (Y) esperado pelo cliente.
- *Improve* (melhore): conhecendo a raiz do problema, pode-se propor diversas melhorias, escolher a mais adequada e implementá-la com o objetivo de eliminar ou minimizar as causas identificadas.

- *Control* (controle): garantir que todo o esforço realizado continue sendo efetivo ao longo do tempo. As melhorias realizadas não se podem perder e caso surjam novos problemas, estes devem ser identificados.

Tal ferramenta deve ser utilizada de modo iterativo, podendo seguir caminhos paralelos de investigação que serão documentados de maneira mais visual no Mapa de Raciocínio, a ser explicado no tópico 2.3.3. Caso haja necessidade, volta-se ao início para refinar o conhecimento obtido, até que se atinja uma diferença pequena entre teorias e dados, e seja possível afirmar a causa raiz e prosseguir para a implantação da melhoria.

2.3.2 Ciclo PDCA

O Ciclo PDCA (Plan, Do, Check and Act) foi criado por Edwards Deming no início da década de 1950 e é também conhecido como Ciclo de Deming ou de Shewhart. (QUINQUIOLO, 2002) Assim como o DMAIC, o Ciclo PDCA também funciona de maneira iterativa, sendo repetido quantas vezes for necessário.

Neste trabalho, esta ferramenta será apresentada como PDSA (Plan, Do, Study and Act), adaptação feita pela empresa em questão. Tal modificação evidencia que somente controlar ou inspecionar não seria o suficiente. A etapa Study é adicionada para que se analise e entenda os motivos que levaram ao fracasso do teste e como se ter sucesso em novas tentativas.

Suas etapas compreendem:

- *Plan* (planeje): fazer perguntas, elaborar teorias e desenvolver previsões, planejando a execução do teste e definindo seu objetivo.
- *Do* (execute): realizar o teste documentando problemas e variações não previstas e mensurando os resultados.
- *Study* (verifique): analisar os dados obtidos e confrontá-los com o que era esperado.
- *Act* (aja): avaliar se, com o grau de confiança atingido, é necessário continuar testando ou se já é possível implementar a melhoria. Um novo ciclo de aprendizado será iniciado sempre que não se esteja satisfeito com os resultados obtidos até esta etapa.

2.3.3 Mapa de Raciocínio

Segundo Hild; Sanders; Ross (1999), o Mapa de Raciocínio é uma documentação contínua do conhecimento já alcançado mostrando as perguntas feitas e os caminhos paralelos que foram ou ainda serão percorridos, bem como as ferramentas utilizadas para se chegar a solução do problema. A falta destes caminhos paralelos leva ao risco de se iniciar a implantação de uma melhoria sem antes se considerarem todas as alternativas disponíveis.

O mapa não deve seguir um modelo definido, mas tem de contemplar certas questões-chave. Ele alimenta e é alimentado por todas as outras ferramentas seguindo o ciclo PDSA. Por isto é a base de qualquer melhoria e deve ser o primeiro passo do projeto.

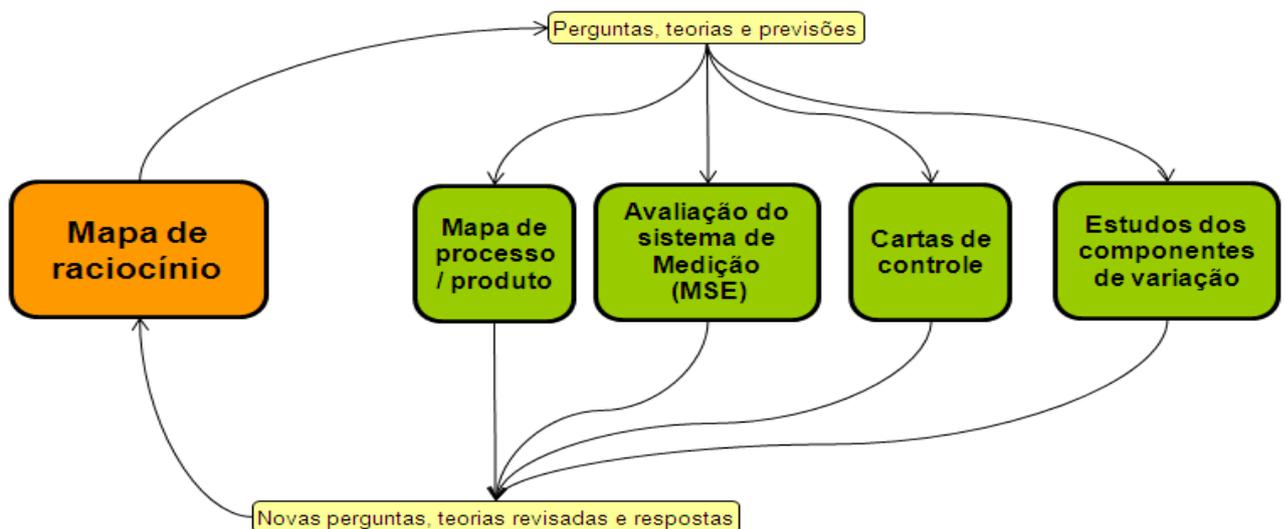


Figura 3 - Relação do Mapa de Raciocínio com outras ferramentas Seis Sigma

Fonte: Apostila OpEx Fundamentos (2014)

O objetivo, as alternativas principais e perguntas levantadas levam a caminhos paralelos que, por sua vez, geram mais perguntas. Algumas perguntas podem ser respondidas através de testes exploratórios rápidos, de modo a priorizar o uso das ferramentas e metodologias para as perguntas de maior prioridade.

Sua elaboração gera um histórico de todo o projeto e das respostas obtidas que é também uma excelente ferramenta de transferência de conhecimento sobre o processo ou produto em questão, facilitando a comunicação a pessoas que não estão familiarizadas com o problema.

Segundo Sanders e Clark, ele promove o raciocínio crítico e estimula a autocrítica além de facilitar a revisão por colegas, deixando evidentes os pontos fortes e fracos, permitindo corrigi-los.

2.3.4 Mapa de Processo

O Mapa de Processo mostra visualmente o que se conhece do processo a ser melhorado. Sua confecção pode ser subsidiada por Fluxogramas de Processo e Diagramas de Causa e Efeito para se compreender a interação entre as variáveis do processo (x's) e as características do produto final (Y's). Tal relação também pode ser monitorada pelos parâmetros do processo (y's). (SANDERS; ROSS; COLEMAN)

O Diagrama de Causa e Efeito, também conhecido como Diagrama de Ishikawa ou Espinha de Peixe, estabelece uma relação entre os resultados (efeitos) e os fatores (causas) de um processo dividindo-as em seis categorias, como ilustrado na figura a seguir. (QUINQUIOLO, 2002) Sua utilização ajuda a garantir que nenhuma variável do processo (x's) seja esquecida.

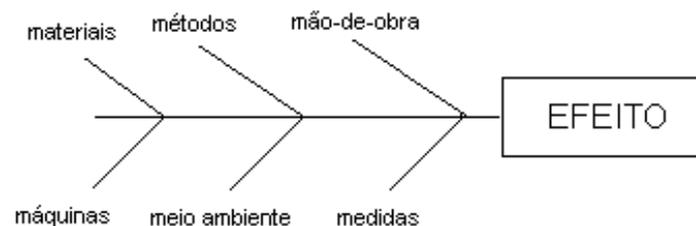


Figura 4 - Diagrama de Ishikawa

Fonte: Apostila OpEx Fundamentos (2014)

A classificação das variáveis também desempenha um papel de grande importância. A partir dela é possível concentrar esforços em variáveis relevantes e não desperdiçar recursos em questões desnecessárias. Variáveis que são gerenciadas são denominadas controláveis (C). Já aquelas que não são monitoradas devido a alguma restrição recebem o nome de ruído (N). Há também as Operações Padrão (SO), onde a variação é controlada para evitar variações inaceitáveis em Y. É necessário também evidenciar quais são as variáveis críticas no sistema. (SANDERS; ROSS; COLEMAN)

2.3.5 Mapa de Produto

O Mapa de Produto, assim como o de Processo, é uma ferramenta que permite entender melhor o que está sendo estudado e também fornece subsídios ao

Mapa de Raciocínio. Nele são documentados, de forma visual, todos os parâmetros (x's) de cada componente do produto final e como estes podem afetar os parâmetros de processo (y's) e o output final (Y's). Os parâmetros (x's) são classificados também como C (controláveis) para fatores que podem ser manipulados ou N (ruído) para fatores inerentes ao processo ou produto.

A partir dele é possível estipular quais variáveis ou parâmetros do produto são ou devem ser controladas, bem como componentes que não agregam valor e talvez possam ser modificados ou eliminados. Quanto mais detalhado, maior a chance de identificar melhorias e gerar novas perguntas.

2.3.6 DOE (*Design of Experiments*)

Uma vez que se documenta todo o conhecimento, as teorias e perguntas a respeito do processo ou produto a ser melhorado, é necessário buscarem-se respostas por meio de experimentos estruturados que forneçam dados confiáveis e mensuráveis. A experimentação consiste na manipulação das variáveis independentes de modo a se analisar o efeito causado na variável dependente.

O *Design of Experiments* é a estruturação e planejamento do experimento. Ele constrói uma ponte entre a Engenharia e a Estatística buscando as respostas para problemas práticos na análise estatística dos dados obtidos. A análise gráfica é muitas vezes suficiente para identificar claramente as variações e aprender mais sobre o sistema.

Nesta etapa é importante ter foco e deixar claro quais são os objetivos do experimento, quais as informações já obtidas e qual será a estratégia experimental. Esta estratégia deve conter:

- As variáveis de resposta (Y's);
- Os fatores de estudo com teorias e previsões já formuladas;
- As variáveis de ruído e seus métodos de controle, quando possível;
- Os recursos necessários, como por exemplo, tempo de máquina parada para realização do experimento ou custo com protótipos no caso de uma alteração de produto.

Para se realizar o experimento é preciso garantir uma boa estratégia de amostragem definindo claramente os componentes de variação e como compará-los. Isto é feito através da confecção da árvore de amostragem.

Independente dos dados que sejam analisados, um plano de amostragem deficiente irá camuflar as verdadeiras variações do processo, como mostra a figura a seguir, onde o segundo gráfico não é capaz de captar a variação.

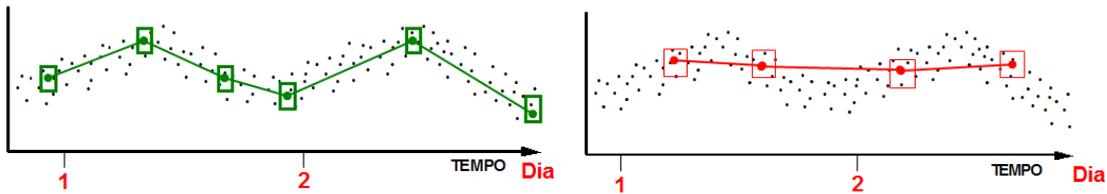


Figura 5 - Comparação de planos de amostragem

Fonte: Apostila OpEx Fundamentos (2014)

A Árvore de Amostragem consiste em uma maneira visual de se organizar as variáveis e suas variações de forma visual dividida em subgrupos como ilustra figura abaixo:

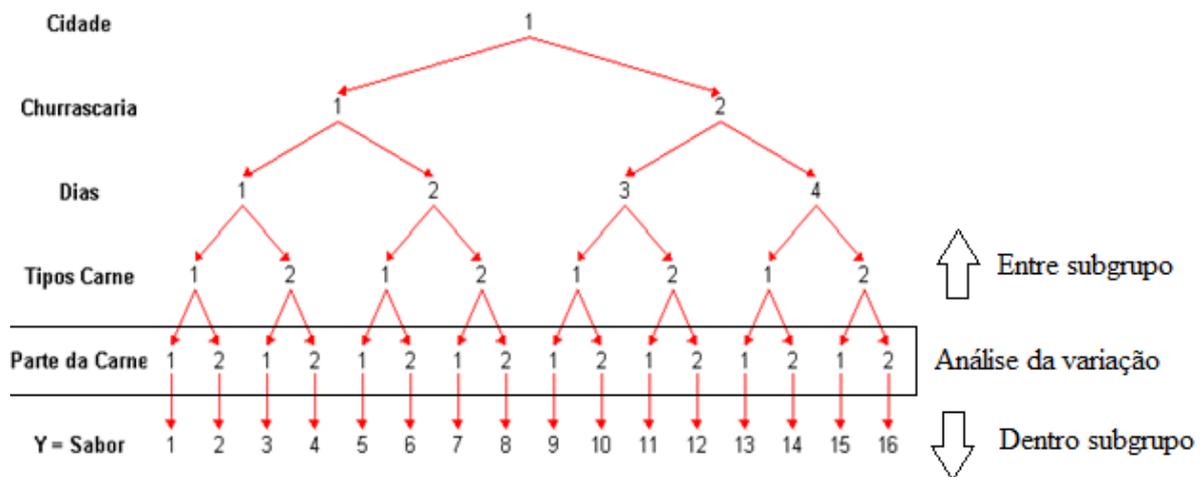


Figura 6 - Exemplo de árvore de amostragem

Fonte: Apostila OpEx Fundamentos (2014)

No exemplo, dentro do subgrupo só há variação de parte da carne e sabor enquanto os outros parâmetros permanecem iguais. Entre subgrupos há variação de churrascaria, dias, tipos de carne. A partir dos dados do experimento, podem ser montados gráficos que evidenciam se a maior variação ocorre dentro ou entre

subgrupos auxiliando o entendimento do sistema e direcionando à solução mais adequada.

Outra ferramenta que pode ser empregada é o COV (Componentes de Variação). Ele consiste no planejamento da estratégia de amostragem adequada para se definir quais os parâmetros críticos e onde se encontra a maior variação. Após o planejamento, ocorre a coleta de dados onde é importante documentar e observar quaisquer comportamentos diferentes do esperado. Por fim, a análise dos dados em comparação com a especificação técnica daquele produto ou processo permite estabelecer se a variação é aceitável, e, caso não seja, onde é necessário agir.

3. ESTUDO DE CASO

3.1 Contextualização

Para se empregarem as ferramentas teóricas em um problema prático será utilizado o estudo de uma situação encontrada em uma empresa da linha branca no interior de São Paulo. Com o intuito de se respeitar a confidencialidade e as normas da empresa, não serão revelados tipos ou nomes de produtos bem como nomes de processos atuais ou futuros.

A planta em questão atua em duas frentes fabricando os Produtos 1 e 2 que podem ser divididos em subgrupos dependendo da marca, modelo e público alvo a que são destinados.

Este trabalho irá relatar dificuldades encontradas no projeto de mudança do processo de embalagem. No cenário atual, as embalagens são em parte caixas de papelão e o restante passa por outro processo denominado para este estudo como Processo A. Esta modificação consiste na aquisição de novas máquinas que realizem um processo diferente (Processo B) e a inutilização das máquinas antigas bem como das caixas de papelão.

Tal mudança, apesar de muito significativa, deve respeitar o conceito de *Zero Impact Project*, não tendo impactos negativos em questões como o volume de produção atual, resultados financeiros da empresa ou a percepção de qualidade por parte dos varejistas ou do cliente final.

No Produto 1, a embalagem final é composta de base e tampo de EPS, cantoneiras e filme plástico. Quando o projeto foi concebido as cantoneiras eram também de EPS mas atualmente são, em sua maioria, compostas de papelão e colocadas dentro de um saco plástico para proteger o produto. No entanto, alguns subgrupos ainda utilizam as cantoneiras do material antigo.

No Produto 2, a embalagem abrange tampo, base e cantoneiras de papelão e filme plástico e apresentou resultados satisfatórios durante os teste do Processo B. Por este motivo, os estudos se restringem ao Produto 1.

No processo A, o Produto 1 é envolto em um filme plástico termoencolhível que é então aquecido, tomando a forma desejada. No caso das cantoneiras de papelão, que tem menor sustentação que o EPS, o plástico que as envolve se funde com o filme no momento do aquecimento garantindo que sua posição vertical resista a uma força estipulada. É de extrema importância para o processo de transporte como um todo que as cantoneiras se mantenham na vertical para poder desempenhar seu papel de proteção do produto.

3.2 Problema

No processo B, não há aquecimento pois o filme utilizado tem propriedades diferentes. Neste processo, a bolsa de filme é inicialmente menor que o produto. Para envolvê-lo, é necessário esticar o plástico que toma a forma do produto devido a sua elasticidade. Sem o aquecimento e com a força aplicada pelo próprio filme, as cantoneiras se deslocam com mais facilidade gerando resultados inaceitáveis aos padrões de qualidade necessários.

3.3 Mapa de Raciocínio

O mapa de raciocínio foi a base do estudo, já que é a partir dele que se começa a entender o problema e identificar quais questões precisam ser solucionadas. Nele fica claro quais os possíveis caminhos a se seguir na forma de perguntas, ações, estudos e teorias que subsidiem a tomada de decisão.

Por ser um documento de preenchimento contínuo, o Mapa de Raciocínio foi alterado inúmeras vezes segundo o ciclo PDSA, conforme os resultados foram obtidos e novas dificuldades apareceram. Por ter sido modificado até o final do projeto, ele poderá servir de histórico para problemas futuros, poupando-se tempo e recursos frente a questões similares.

O Mapa completo se encontra no Apêndice A.

A primeira solução proposta foi o aquecimento de uma região das cantoneiras por meio de um soprador de ar industrial de modo a fundir o filme e o plástico que envolve as cantoneiras. Esta solução foi testada pelo experimento que será detalhado no tópico 3.6 e se mostrou ineficiente.

Concomitantemente, foi realizado outro experimento para definir qual seria a força mínima necessária para o deslocamento da cantoneira aceitável no processo. Tal informação reforçou o resultado do experimento do aquecimento e possibilitou um estudo mais objetivo por meio de variáveis quantitativas e não somente qualitativas como o aspecto visual do filme.

Como se pode observar no Mapa foram propostas ainda soluções alternativas como a fusão por ultrassom que também não demonstrou a robustez esperada em um teste exploratório.

3.4 Mapa de Processo

Devido à complexidade do processo, foi feito o Mapa de processo para definir exatamente quais são os outputs (y's) esperados em cada etapa bem como os inputs (x's) a serem controlados. Com o intuito de se concentrarem os recursos empregados, foram definidos quais são os parâmetros cujo controle é essencial evitando assim que se desperdice tempo ou energia em aspectos que não podem ou não precisam ser monitorados. Através deste controle é possível reduzir a variação inerente ao processo e melhorar a qualidade do mesmo.

Apesar deste esforço para se direcionar as atenções às variáveis de maior importância, o Mapa contém todas as variáveis envolvidas mostrando de maneira clara e visual tudo que é necessário conhecer sobre o processo.

As informações obtidas no mapa foram cruciais para o melhor entendimento do processo, gerando novas soluções e alimentando o Mapa de Raciocínio.

O Mapa de Processo está reproduzido no Apêndice B.

Através da análise do Mapa ficou claro que não seria possível solucionar o problema a partir das etapas já existentes. Mostrou-se necessário adicionar uma etapa ao processo ou realizar uma mudança de produto, mais especificamente na cantoneira. A segunda, oferece maior robustez mas representa um prejuízo em

quantidade de matéria-prima utilizada o que afeta significativamente a redução de custo proposta pelo projeto.

3.5 Mapa de Produto

Assim como o Mapa de Processo, o Mapa de Produto auxilia no melhor entendimento da participação de cada componente do produto para o resultado final. Através dele foi possível perceber quais as fontes de variação dentro do produto e quais parâmetros poderiam ser a causa do problema. Tais informações serviram como guia para a concepção do experimento desdobrado no tópico 3.6 para pôr à prova a primeira solução obtida no Mapa de Raciocínio.

O Mapa de Produto consta no Apêndice C.

O mapa deixa evidente a importância da posição vertical para as cantoneiras e reforça que os resultados obtidos até então devem ser considerados não conformes e são inaceitáveis reafirmando a necessidade do estudo.

3.6 Design of Experiments

Não houve necessidade de se realizar a avaliação do Sistema de Medição (MSE) para saber se o mesmo é confiável, pois as medidas foram em parte subjetivas, pela própria percepção humana, e em parte mensuradas por um dinamômetro calibrado.

Para a realização do DOE, foi primeiramente elaborada a árvore de amostragem que consta no Apêndice D. Foi decidido variar os parâmetros tempo, distância e temperatura julgando serem os mais relevantes para o processo.

Em um teste exploratório inicial, foi constatado que um soprador de ar quente de escala industrial atingiria temperaturas muito maiores do que o adequado e por tanto foi utilizado um equipamento mais simples que não suportaria uma grande escala de produção, pensando-se no possível desenvolvimento de tal aparelho caso o teste fosse aprovado.

Altas temperaturas, tempos longos ou pequenas distâncias poderiam causar a ruptura do filme, o que não é aceitável. Já temperaturas baixas, tempos curtos ou distâncias longas poderiam não promover a fusão desejada. Para se definir quais as duas temperaturas, distâncias e tempo seriam utilizados também foram realizados

testes exploratórios observando como esses fatores se comportaram em seus extremos.

3.7 RESULTADOS

A tabela de medidas detalhadas pode ser consultada no Apêndice E. Os parâmetros medidos foram a força de extração da cantoneira e a presença de furos. O primeiro foi medido com a ajuda de um dinamômetro, empurrando-se a cantoneira até que a mesma deslocasse ou amassasse. O amassamento representa uma melhor condição já que a cantoneira mantém sua posição até o fim e é o seu material que cede. Para o segundo parâmetro foi utilizado um critério subjetivo. Foram atribuídas notas de 0 a 5, conforme a tabela a seguir, de acordo com o estado visual do produto após o teste.

Tabela 1 - Critérios para nota atribuída à presença de furos após experimento

Nota Furo	Critério
0	Sem furo
1	Furo pequeno na Cantoneira
	Sem furo no Filme
2	Furo grande na Cantoneira
	Sem furo no Filme
3	Sem furo na Cantoneira
	Furo pequeno no Filme
4	Sem furo na Cantoneira
	Furo grande no Filme
5	Furou os dois

Todas as medições foram tratadas de modo a gerarem-se os gráficos no Apêndice F. A partir de tais resultados podemos concluir que apesar de haver certas tendências de comportamento como já esperado, os ruídos presentes no processo inviabilizam esta solução por falta de robustez. A composição do filme e os parâmetros de máquina do Processo B não garantem a uniformidade no filme do produto embalado.

Desta maneira não é possível controlar e garantir a qualidade e efetividade de um processo de aquecimento, já que o mesmo se comportou de diferentes maneiras sob circunstâncias parecidas. Por se tratar de um processo de produção contínua de uma indústria de grande porte, esta solução apresentaria um número de falhas demasiadamente alto.

Fica claro que para se assegurar a robustez necessária a este processo, atendendo o volume produção necessário, deverá ser realizada uma mudança de produto através da alteração da cantoneira. Apesar do aumento de custo com

matéria-prima que esta mudança irá causar para a organização, os riscos envolvidos em um processo que não pode ser devidamente controlado seriam ainda mais custosos.

Devido à proximidade da data de início do projeto foi necessário encontrar-se uma solução paliativa até que fosse desenvolvido e aprovado o novo conceito de cantoneira. Tal solução será o retorno da cantoneira de EPS, já utilizada anteriormente pela empresa de maneira temporária.

4 CONCLUSÃO

Frente a um problema prático do dia a dia de um Engenheiro recorrer a uma metodologia estruturada e de sucesso comprovado como o Seis Sigma gera inúmeros benefícios.

É preciso lembrar-se que nem sempre a primeira solução aplicada será a mais adequada. Planejar, experimentar, estudar e só então implementar uma melhoria, levam a resultados muito mais promissores à companhia.

A partir do estudo de caso podemos concluir que a primeira solução elaborada não se mostrou robusta o suficiente. Descobrir tal fracasso por meio de experimentos antes da implementação, economiza recursos da companhia bem como tempo dos profissionais para se dedicarem a novas soluções mais eficientes.

Sem esta descoberta, seriam gastos recursos financeiros com o desenvolvimento de um dispositivo por um fornecedor da empresa em questão. Após implantado, e por não ser robusto o suficiente, o uso deste dispositivo acarretaria em um aumento no índice de retrabalho de produtos acabados devido a rasgos na embalagem. As falhas por falta de fundição entre filme de embalagem e filme da cantoneira só seriam percebidas posteriormente com os produtos em estoque podendo gerar instabilidade no empilhamento e danos aos produtos, como amassamento das partes metálicas e quebra das partes de vidro ou plástico.

Qualquer tomada de decisão que venha a gerar impactos negativos na companhia, mesmo que por tempo determinado, não pode ser feitas somente com base em conhecimento teórico ou experiência. A utilização de Mapas de Raciocínio, Mapas de Processo e Produto e Experimentos Estruturados fornecem o respaldo

necessário a qualquer tomada de decisão para que ela seja a mais adequada possível.

No entanto, tais ferramentas não são um passo a passo a ser seguido. É preciso raciocínio crítico, treinamento e aplicação prática para utilizá-las da maneira correta a fim de se tirar todo o proveito que elas podem oferecer.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIETTA, J. M.; MIGUEL, P. A. C. **A Importância do Método Seis Sigma na Gestão da Qualidade Analisada sob uma Abordagem Teórica.** Revista de Ciência e Tecnologia, v. 11, n. 20, pp. 91-98, 2002.

ANDRIETTA, J. M.; MIGUEL, P. A. C. **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, maio/ago. 2009

ANDRIETTA, J. M.; MIGUEL, P. A. C. **Aplicação do programa seis sigma no Brasil:** resultados de um levantamento tipo survey exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. Gestão e Produção, v. 14, n. 2, p. 203-219, 2007.

BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G; HUNTER, J. S., **Statistics for Experimenters:** An Introduction to Design, Data Analysis and Model Building, Wiley, 1978, p.5.

ECKES, G. **A Revolução Seis Sigma:** o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucros. Rio de Janeiro: Campos, 2001.

HILD, C.; SANDERS, D.; ROSS, B. **Mapas de Raciocínio.** Quality Engineering 12 (1), 1999-2000

PINTO, S. H. B.; CARVALHO, M. M.; HO, L. L. **Implementação de programas de qualidade:** um survey em empresas de grande porte no Brasil. Gestão & Produção, vol.13, n.2, p.191-203, mai./ago. 2006.

QUINQUIOLO, J. M. **Avaliação da Eficácia de um Sistema de Gerenciamento para Melhorias Implantado na Área de Carroceria de uma Linha de Produção Automotiva.** Taubaté/SP: Universidade de Taubaté, 2002.

RODRIGUES, J. T. M. C.; WERNER, L. **Descrivendo o Programa Seis Sigma:** Uma Revisão da Literatura. Rio de Janeiro, RJ, 2008. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção.

SANDERS, D.; CLARK, G. **O Papel dos Mapas de Raciocínio para Promover o Raciocínio Crítico nas Atividades Empresariais.** Six Sigma Associates.

SANDERS, D.; ROSS, B.; COLEMAN, J. **O Mapa de Processo.** Six Sigms Associates

TREINAMENTO SEMESTRAL DE OPEX FUNDAMENTOS, 2014, Rio Claro. **Apostila OpEx Fundamentos,** 2014.

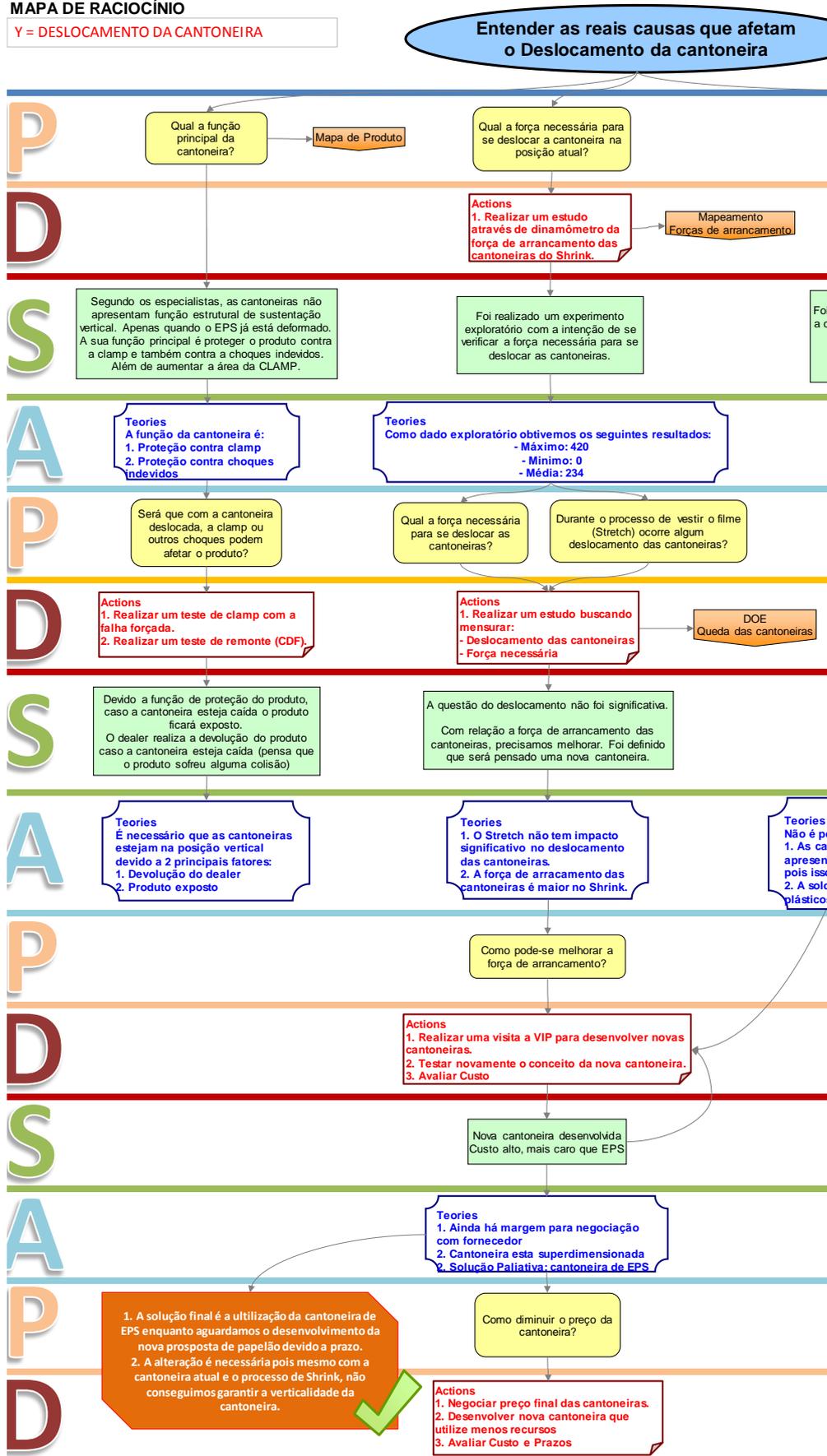
WERKEMA, M. C. C. **Criando a cultura Seis Sigma**. Série Seis Sigma. Volume 1.
Nova Lima, MG: Werkema Ed., 2004

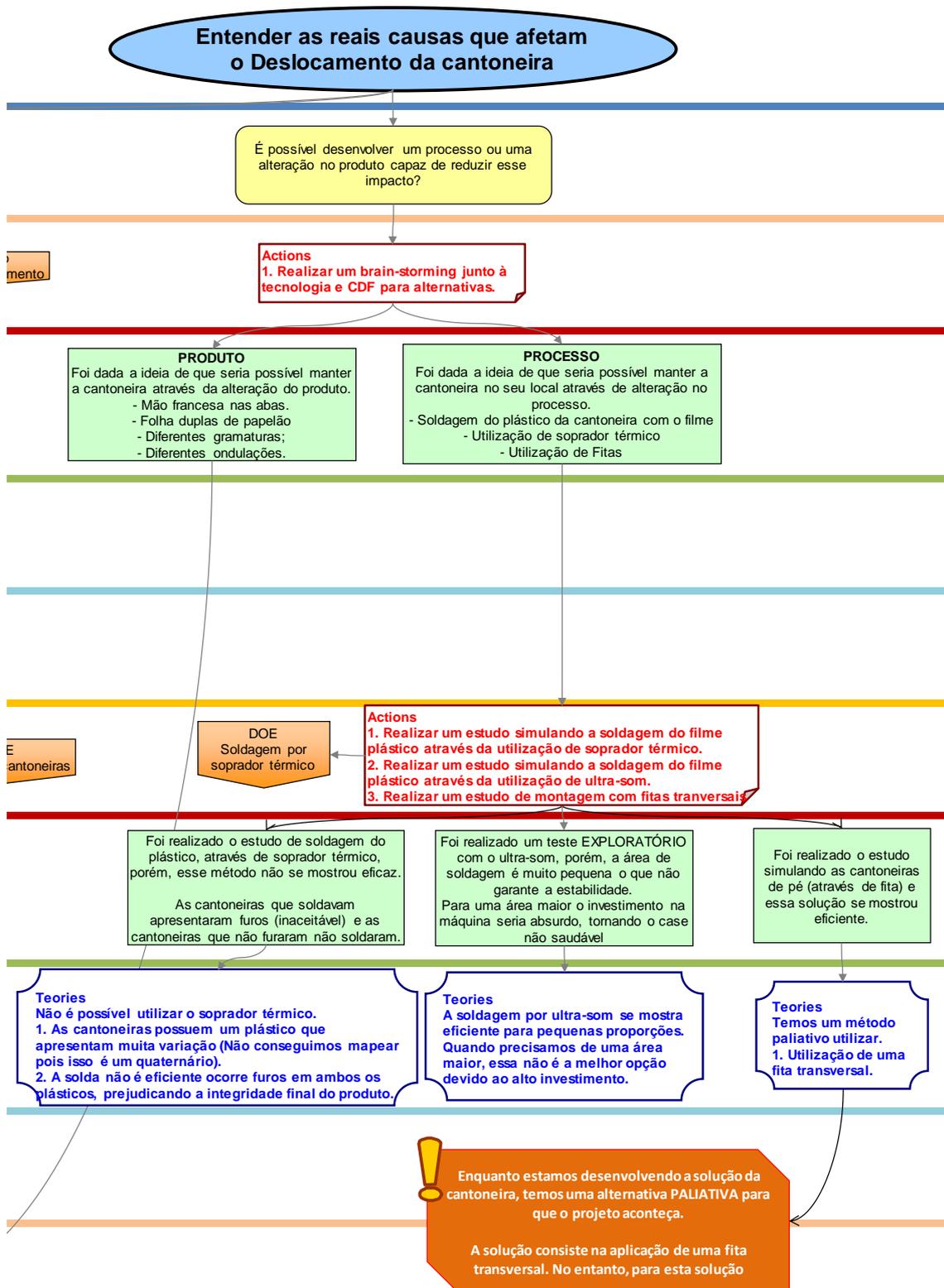
APÊNDICE A

Mapa de Raciocínio

MAPA DE RACIOCÍNIO

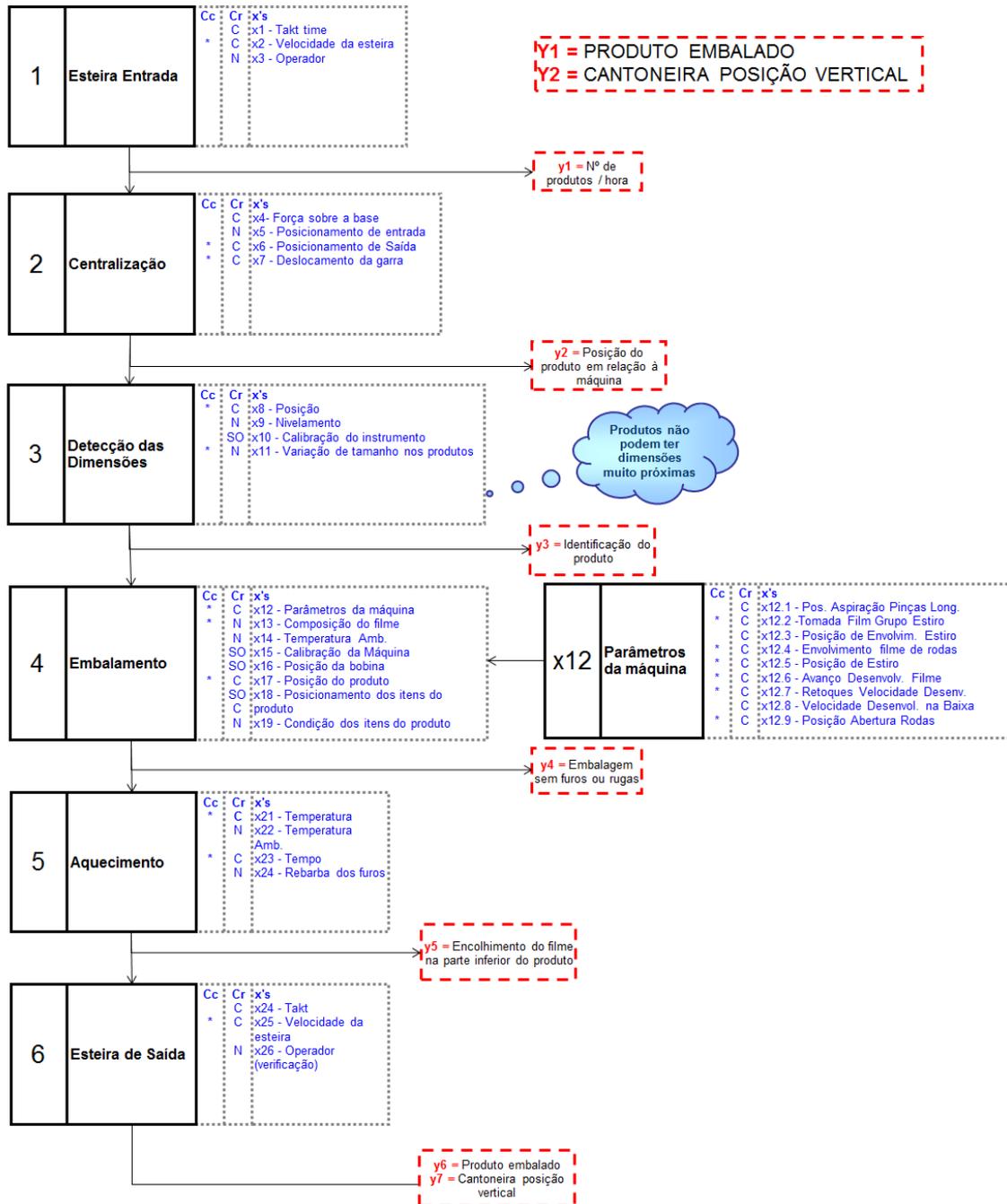
Y = DESLOCAMENTO DA CANTONEIRA





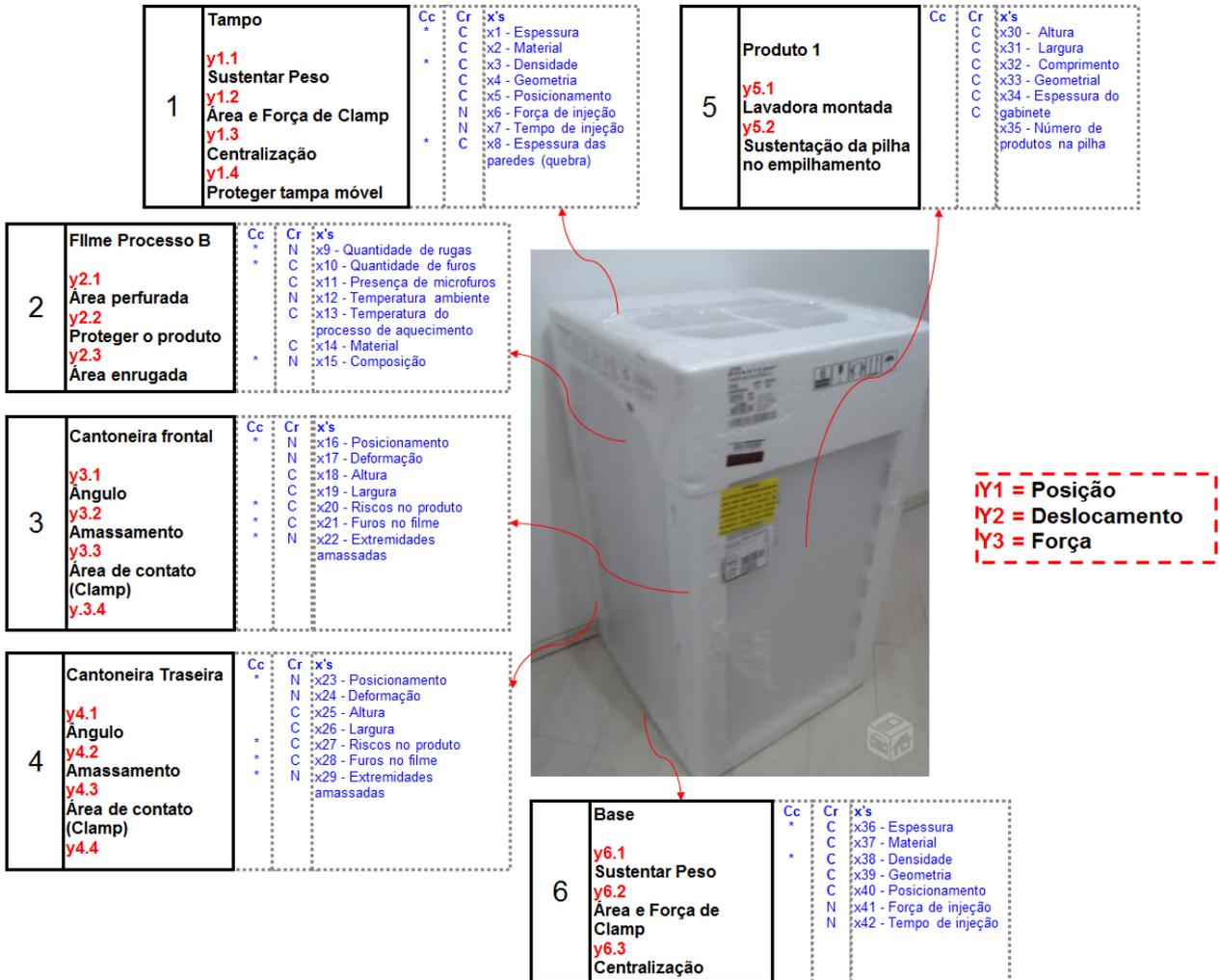
APÊNDICE B

Mapa de Processo



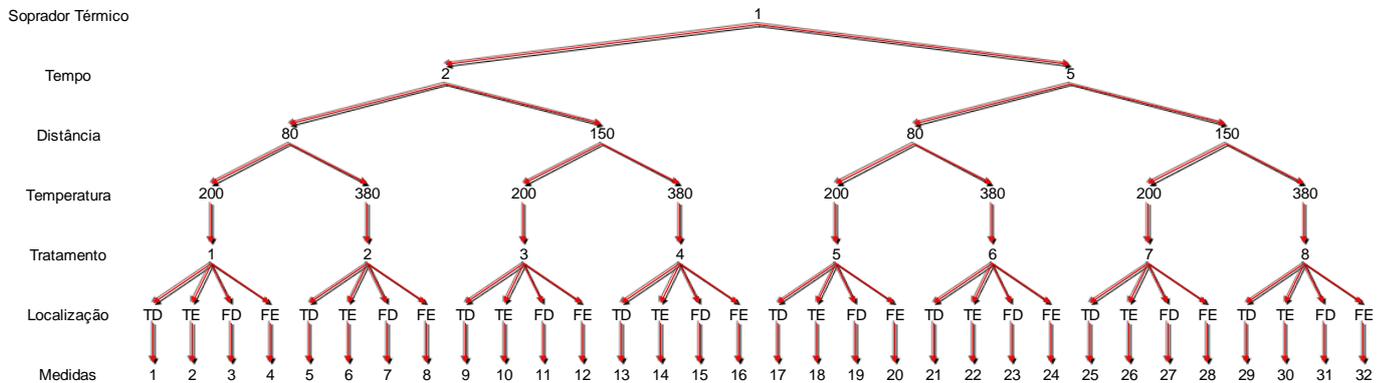
APÊNDICE C

Mapa de Produto



APÊNDICE D

Árvore de Amostragem



APÊNDICE E

Resultados do experimento

TD	Cantoneira Traseira Direita
TE	Cantoneira Traseira Esquerda
FD	Cantoneira Frontal Direita
FE	Cantoneira Frontal Esquerda

FACTORS							ANSWER		
Soprador Térmico	Tempo	Distância	Temperatura	Tratamento	Localização	Medidas	Força (N)	Furo (nota)	Percepção
1	2	80	200	1	Traseira Direita	1	277	0	
1	2	80	200	1	Traseira Esquerda	2	265	0	deslocou
1	2	80	200	1	Frontal Direita	3	164	1	
1	2	80	200	1	Frontal Esquerda	4	161	0	
1	2	80	380	2	Traseira Direita	5	282	5	
1	2	80	380	2	Traseira Esquerda	6	262	5	
1	2	80	380	2	Frontal Direita	7	189	0	
1	2	80	380	2	Frontal Esquerda	8	205	5	
1	2	150	200	3	Traseira Direita	9	253	0	deslocou
1	2	150	200	3	Traseira Esquerda	10	238	0	
1	2	150	200	3	Frontal Direita	11	197	0	
1	2	150	200	3	Frontal Esquerda	12	205	0	
1	2	150	380	4	Traseira Direita	13	233	0	deslocou
1	2	150	380	4	Traseira Esquerda	14	334	0	deslocou
1	2	150	380	4	Frontal Direita	15	172	0	
1	2	150	380	4	Frontal Esquerda	16	185	0	
1	5	80	200	5	Traseira Direita	17	250	1	
1	5	80	200	5	Traseira Esquerda	18	293	0	deslocou
1	5	80	200	5	Frontal Direita	19	177	0	
1	5	80	200	5	Frontal Esquerda	20	175	0	afundada
1	5	80	380	6	Traseira Direita	21	286	5	
1	5	80	380	6	Traseira Esquerda	22	257	5	
1	5	80	380	6	Frontal Direita	23	173	5	
1	5	80	380	6	Frontal Esquerda	24	191	5	
1	5	150	200	7	Traseira Direita	25	228	0	deslocou
1	5	150	200	7	Traseira Esquerda	26	292	1	
1	5	150	200	7	Frontal Direita	27	227	0	deslocou
1	5	150	200	7	Frontal Esquerda	28	187	0	afundada
1	5	150	380	8	Traseira Direita	29	265	1	deslocou
1	5	150	380	8	Traseira Esquerda	30	260	3	
1	5	150	380	8	Frontal Direita	31	206	2	
1	5	150	380	8	Frontal Esquerda	32	174	1	

APÊNDICE F

Gráfico de comparação relativo à Força

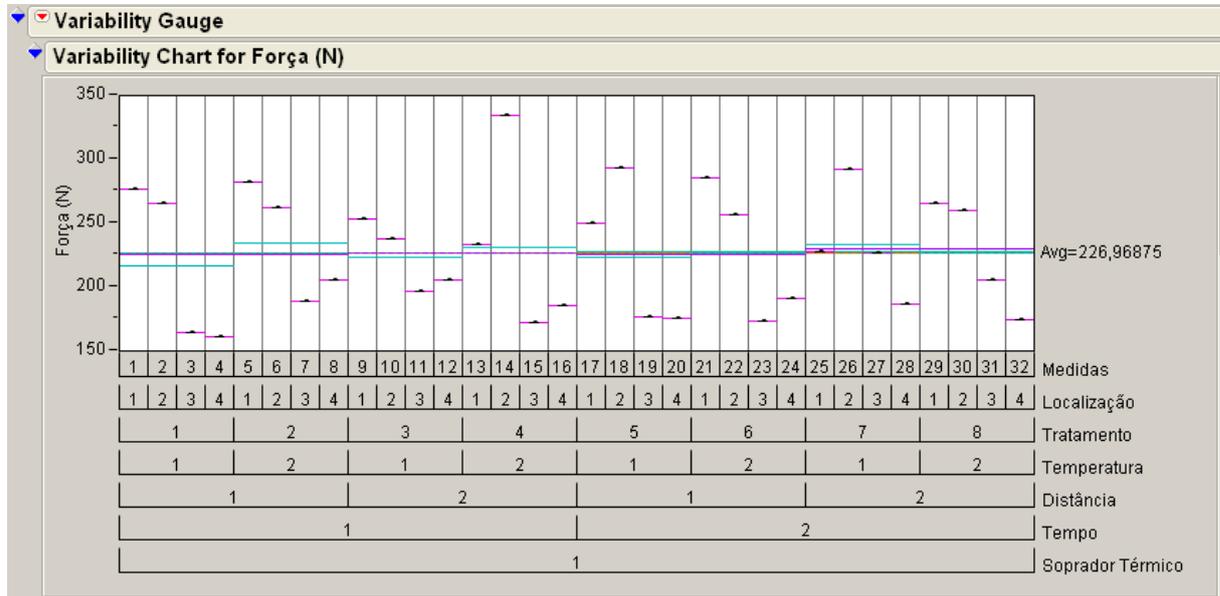


Gráfico de comparação relativo aos Furos

