

# Aplicação e Análise do Seis Sigma em uma Indústria do Ramo Petroquímico

*Carla Shwengber ten Caten (PPGEP/UFRGS)*  
*Luis Antonio dos Santos Franz (PPGEP/UFRGS)*

## Resumo

*A competição pelo ganho de Mercado e a abordagem na satisfação dos clientes, têm mudado a visão gerencial de um grande número de empresas ao redor do mundo, incluindo-se aí, empresas brasileiras. Em meio a este ambiente competitivo, o Seis Sigma é um conceito que tem ganhado espaço nos últimos anos. O objetivo deste trabalho é demonstrar parte de um processo de implantação de um projeto Seis Sigma em um setor de uma indústria do ramo petroquímico. O presente artigo aborda as etapas Definir e Medir do conceito Seis Sigma. Sendo assim, as conclusões deste trabalho se reportarão apenas às atividades já concluídas.*

*Palavras chave: Engenharia da Qualidade, Seis Sigma, indústria petroquímica.*

## 1 Introdução

A competição pelo ganho de mercado e o foco no atendimento às necessidades dos clientes, provocou na segunda metade do último século mudanças na postura gerencial de um número expressivo de empresas (Dahlgaard, 1999). No mercado brasileiro, indústrias de vários segmentos têm sido afetadas por um sistema globalizado. Com o desejo de alcançar demandas de qualidade de produtos e serviços e de poder competir no mercado mundial, tanto empresas do setor público quanto privado, tiveram que fazer da qualidade uma alta prioridade. Uma evidência da busca no mercado nacional pela qualidade pode ser observada pelo número de certificados ISO 9000 que, em 1990 eram apenas 18 e no final de 2001 chegaram a mais 10.000 (Miguel, 2002).

Na tentativa por obtenção de resultados que proporcionem melhorias de qualidade, diversos recursos técnicos e gerenciais poderiam ser citados. Dentre estes recursos, o Seis Sigma é um conceito que tem ganhado espaço nos últimos anos. A essência do Seis Sigma está na sua metodologia, focada na melhoria da eficiência e da eficácia dos processos. A eficácia é a capacidade de atingir as necessidades e expectativas dos clientes enquanto que, a eficiência diz respeito ao tempo, custo ou valor das atividades que levam à satisfação do cliente (Eckes, 2001).

O objetivo deste trabalho é demonstrar parte de um processo de implantação de um projeto Seis Sigma em um setor de uma indústria do ramo petroquímico. A empresa em estudo deseja obter a diminuição da variabilidade na diferença existente entre os níveis de entrada e os níveis de saída de uma etapa de coagulação e acabamento do seu processo de produção. O presente artigo é resultado de uma dissertação de mestrado em Engenharia de Produção, que se encontra em andamento em uma indústria do ramo petroquímico. Sendo assim, este artigo aborda as etapas Definir e Medir, de um projeto Seis Sigma que está sendo implantado em um setor da empresa estudada. Cabe ressaltar que as conclusões deste trabalho se restringirão apenas às etapas já concluídas e à área estudada.

## 2 O Conceito Seis Sigma

O conceito Seis Sigma é visto de formas ligeiramente diferentes por cada autor, sendo que, é comum não considerá-lo sob uma única abordagem. Com frequência, o Seis Sigma é definido ao mesmo tempo, e pelo mesmo autor, sob diferentes óticas sendo considerado como meta, medida, filosofia e método, conforme pode ser visto em Perez-Wilson (1999), Harry (2000) e Eckes (2001). Contudo, ainda é possível definir o Seis Sigma de uma forma simplificada. Pode-se definir o Seis Sigma considerando-o ora uma medida, quando é feita a mensuração da satisfação do cliente, ora uma filosofia, quando da conscientização em todas as pessoas da empresa da necessidade de buscar constante e continuamente a perfeição (Eckes, 2001).

A implantação do Seis Sigma está condicionada a um método que foi implantado inicialmente na GE e, que posteriormente foi usado com êxito em diversas empresas (Eckes, 2001). Este método é identificado pela sigla DMAIC, proveniente dos termos em inglês *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* e que se traduz em Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar (Pande, *et all.*, 2000; Eckes, 2001; Werkema, 2002). Basicamente, as etapas para implementação de um projeto Seis Sigma possuem as seguintes características:

***Etapa Definir*** – Esta etapa deve levar à identificação do projeto Seis Sigma a ser implementado na empresa. Aqui deve se definir com precisão o escopo do projeto e a meta a ser atingida.

**Etapa Medir** – São realizadas ações com o intuito de avaliar o quanto cada variável de entrada do processo abordado é importante e, quais os pontos dele a serem tratados com maior prioridade;

**Etapa Analisar** – Aqui são analisados cada problema prioritário obtido na etapa medir. Neste ponto deseja-se conhecer as relações causais e as fontes de variabilidade e de desempenho insatisfatório no processo estudado, visando melhorar os mesmos.

**Etapa Melhorar** – Onde são propostas, avaliadas e implementadas soluções para cada problema que havia sido priorizado.

**Etapa Controlar** – A partir desta etapa devem ser tomadas ações com o objetivo de garantir que o alcance da meta seja mantido em longo prazo.

### 3 Implantação do Projeto Seis Sigma

A seguir é apresentado um projeto Seis Sigma que está sendo implantado em um setor de uma indústria petroquímica. Convém destacar que este é um dos projetos escolhidos para ser tratado na empresa estudada, existindo ainda outros projetos que fazem parte do processo de incorporação do conceito Seis Sigma pela empresa e, que não são escopo deste trabalho. O setor que é foco deste estudo compreende uma área de coagulação de látex e acabamento de borracha.

#### 3.1 Etapa Definir

A empresa em estudo produz borrachas que têm suas características avaliadas por um parâmetro, chamado Viscosidade Mooney (VM). Este parâmetro serve também como forma de identificação das características da borracha que o cliente deseja receber e, por consequência, que a fábrica deseja produzir. O nível VM é obtido por uma avaliação das propriedades elásticas da borracha quando submetida a um esforço de abrasão em uma superfície rugosa. O nível VM permite que seja feita uma estimativa do peso molecular médio da borracha que pretende-se produzir e, que por sua vez está intimamente ligado às características de processibilidade desse material.

Durante o processo de produção da borracha existe uma variação no nível de VM em função de diversos fatores. Para melhor controle dos níveis de especificação da borracha solicitada pelo cliente, é importante ter previsibilidade da VM que é obtida no final do processo produtivo ( $VM_{OUT}$ ). Atualmente existe uma variabilidade indesejada na diferença entre a VM entrada do processo de coagulação de látex ( $VM_{IN}$ ) e a  $VM_{OUT}$ , para vários tipos de borracha. Esta variabilidade impede a previsibilidade da VM do produto que deseja-se obter ao final da linha de secagem da borracha. Logo, torna-se importante que esta variabilidade seja reduzida.

O uso de pesquisas de mercado e levantamento das necessidades dos clientes, não foi necessário nesta etapa. A empresa mantém contato permanente com seus clientes. Este processo de troca de informações permitiu que a empresa definisse o projeto Seis Sigma exposto neste trabalho com conhecimento prévio das necessidades do cliente.

##### 3.1.1 Caracterização do Processo em Estudo

O processo de produção de borracha é feito basicamente em quatro etapas, sendo as mesmas explicadas conforme segue.

**Reação** - Na etapa de reação é feita a adição das espécies químicas que irão originar o látex. O látex produzido pode ser basicamente, do tipo SBR (reação feita à base de Estireno e Butadieno) e do tipo NBR (reação feita à base de Butadieno e acrilonitrila). A reação deve ser interrompida quando o látex obtido atinge um nível VM dentro dos limites que foram solicitados pelo cliente. O produto obtido da reação é o látex em estado aquoso misturado aos monômeros que não reagiram.

**Separação dos monômeros** - Nesta etapa são separados do látex os monômeros não reagidos, resultantes do processo de reação. O produto proveniente deste processo é o látex pronto para ser coagulado e isento dos monômeros que não haviam reagido.

**Coagulação** - O processo de coagulação consiste em adicionar componentes químicos ao látex aquoso para que o mesmo sofra separação entre uma parte sólida e uma parte líquida. Após, o látex é agitado por um determinado período e, é retirada uma amostra do mesmo para análise de sua VM em laboratório ( $VM_{IN}$ ).

Após o látex ser coagulado, ele adquire a características de grumos, separando-se em uma parte líquida e outra sólida, a qual possui um teor de umidade em seu interior. Esta mistura passa por um processo de peneiramento e compressão mecânica objetivando a retirada de parte da umidade contida no interior dos grumos. Após esta etapa o material é triturado e enviado para um secador em formato de túnel com esteira móvel. No final deste processo são retiradas amostras de borracha para avaliar se foi obtido o nível de VM dentro dos limites exigidos pelo cliente ( $VM_{OUT}$ ).

**Acabamento** - O produto obtido do processo de secagem é agrupado com uso de uma prensa, formando fardos. Estes fardos são devidamente embalados e expedidos.

Das etapas que foram abordadas, as etapas de coagulação e acabamento são escopo do Projeto Seis Sigma, apresentado neste trabalho.

### 3.1.2 Definição dos Limites que Servirão como Meta na Implantação do Projeto

O primeiro passo para a definição das metas a serem obtidas com a implantação foi fazer o levantamento dos dados que pudessem caracterizar o problema observado. O próximo passo foi realizar uma análise estatística de tais dados. As variáveis  $VM_{IN}$  e  $VM_{OUT}$  possuem comportamento de uma distribuição normal. A seguir obteve-se quais os níveis de variabilidade presentes na diferença entre a  $VM_{IN}$  e a  $VM_{OUT}$ , para as borrachas produzidas pela empresa. Subtraiu-se  $VM_{IN}$  e  $VM_{OUT}$  para cada lote e, levantou-se os valores de média e desvio padrão conforme apresentado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Valores de diferença entre  $VM_{IN}$  e  $VM_{OUT}$  obtidos para diferentes borrachas

Tipo de Produto	Tamanho da Amostra (Número de lotes)	Diferença nas Médias	Desvio Padrão na Diferenças
Borracha SBR tipo 1	1507	-1,095	1,476
Borracha NBR tipo 2	266	-1,247	2,417
Borracha SBR tipo 3	254	-0,768	2,256
Borracha NBR tipo 4	58	-1,241	1,940
Borracha M – tipo 5	44	1,327	3,733
Borracha NBR tipo 6	39	-0,974	2,174
Borracha NBR tipo 7	38	-0,408	1,540
Borracha NBR tipo 8	36	-1,425	5,822
Borracha NBR tipo 9	28	-0,210	5,690
Borracha NBR tipo 10	17	0,276	2,205
Borracha NBR tipo 11	11	-4,764	1,328
Borracha NBR tipo 13	4	-1,100	1,553

Com base no problema que foi observado o tema a ser tratado neste projeto Seis Sigma ficou sendo a redução da variabilidade na diferença entre  $VM_{IN}$  e  $VM_{OUT}$  dos níveis atuais para um desvio padrão menor ou igual a 1,5 pontos, que é o comportamento observado na borracha melhor controlada. Nesta etapa também foram definidos os participantes e suas respectivas funções no projeto, conforme é orientado pela etapa Definir do conceito Seis Sigma.

O levantamento de indicadores em valores financeiros não foi usado neste projeto, pois os custos financeiros são pouco tangíveis neste setor. Optou-se por considerar como indicador para nível de eficiência do processo, o número de lotes de borracha obtidos dentro dos limites especificados.

### 3.2 Etapa Medir

Como passo inicial para a realização da etapa medir determinou-se as equipes que poderiam ajudar nesta fase do projeto Seis Sigma. Parte do grupo proveio da área que é foco do estudo.

A  $VM_{IN}$  e  $VM_{OUT}$  são obtidos com base nas atividades e infra-estrutura provenientes de três laboratórios existentes na fábrica. Um desses laboratórios é aquele onde diariamente são feitas medições para o controle do processo na área em estudo. Assim, tornou-se interessante que as equipes que atuam ligadas às atividades dos laboratórios forneçam apoio à realização da etapa medir.

### 3.2.1 Elaboração do Mapa de Processo e Identificação das Etapas mais Importantes

O mapa de processo serve como base para a visualização do processo estudado como um todo, não devendo desconsiderar partes do sistema que venham a ser importantes ao projeto. O mapa de processo que representa a área em estudo está demonstrado na Figura 3.1. No mapa de processo VA significa que a etapa adiciona valor ao produto e NVA que a etapa não adiciona valor ao produto.

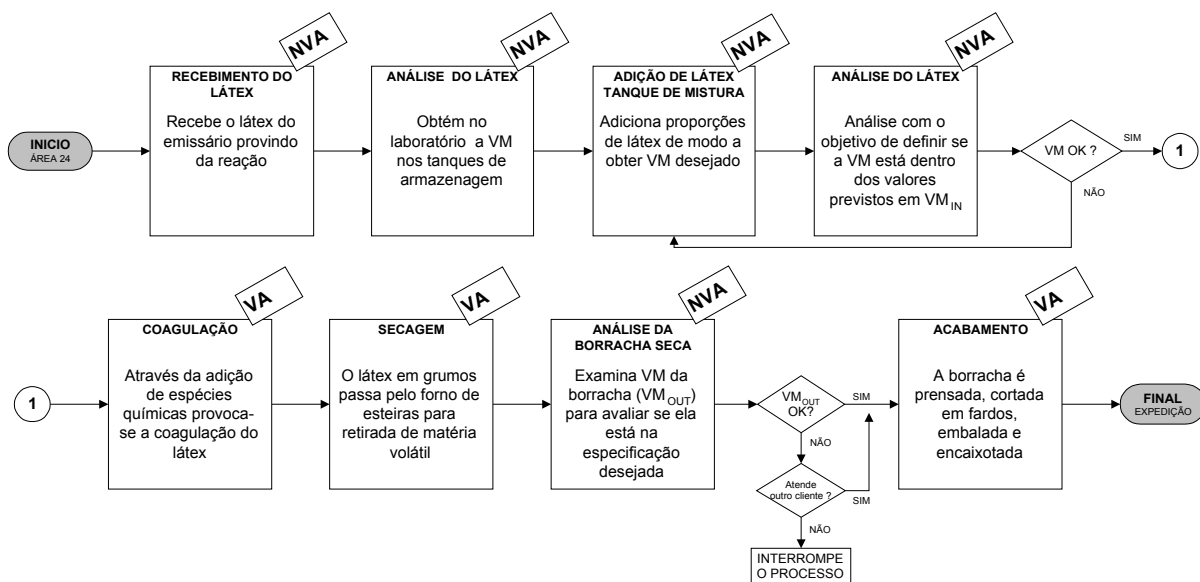


Figura 3.1 – Mapa de processo da área estudada na empresa

Antes de confeccionar o mapa do processo, foi feito um fluxograma bastante detalhado do processo estudado. Neste ponto, conforme constatação do autor e da equipe técnica da empresa, a característica metodológica do Seis Sigma ajudou a evidenciar questões que ainda não tinham sido discutidas em outras oportunidades. Segundo a equipe técnica houve uma espécie de revisão das características do processo em função da discussão entre pessoas de diferentes áreas, no momento da confecção do fluxograma.

### 3.2.2 Realização de Brainstorming e Elaboração do Diagrama de Ishikawa

O *brainstorming* foi iniciado com uma explicação breve dos conceitos do Seis Sigma. Em seguida, foi realizado o *brainstorming* com todos os envolvidos com a área em estudo. Como complemento da reunião foi feito um trabalho de avaliação dos itens sugeridos pontuando os valores do menos importante ao mais importante para o foco do projeto. Na Figura 3.2 é demonstrado o Diagrama de *Ishikawa*, já com a pontuação sugerida pelos participantes durante o *brainstorming*.

O *brainstorming* ainda não era uma atividade conhecida e praticada na empresa. Em função deste aspecto, os participantes apresentaram uma tendência a citar alguma causa que eles pudessem justificar com uma ação corretiva. A solução para este problema foi reforçar durante toda a reunião os conceitos fundamentais para o uso do *brainstorming*.

O número de itens levantados pela equipe foi grande. Por isso, optou-se pela realização durante a reunião de quais itens eram realmente mais importantes para o processo.

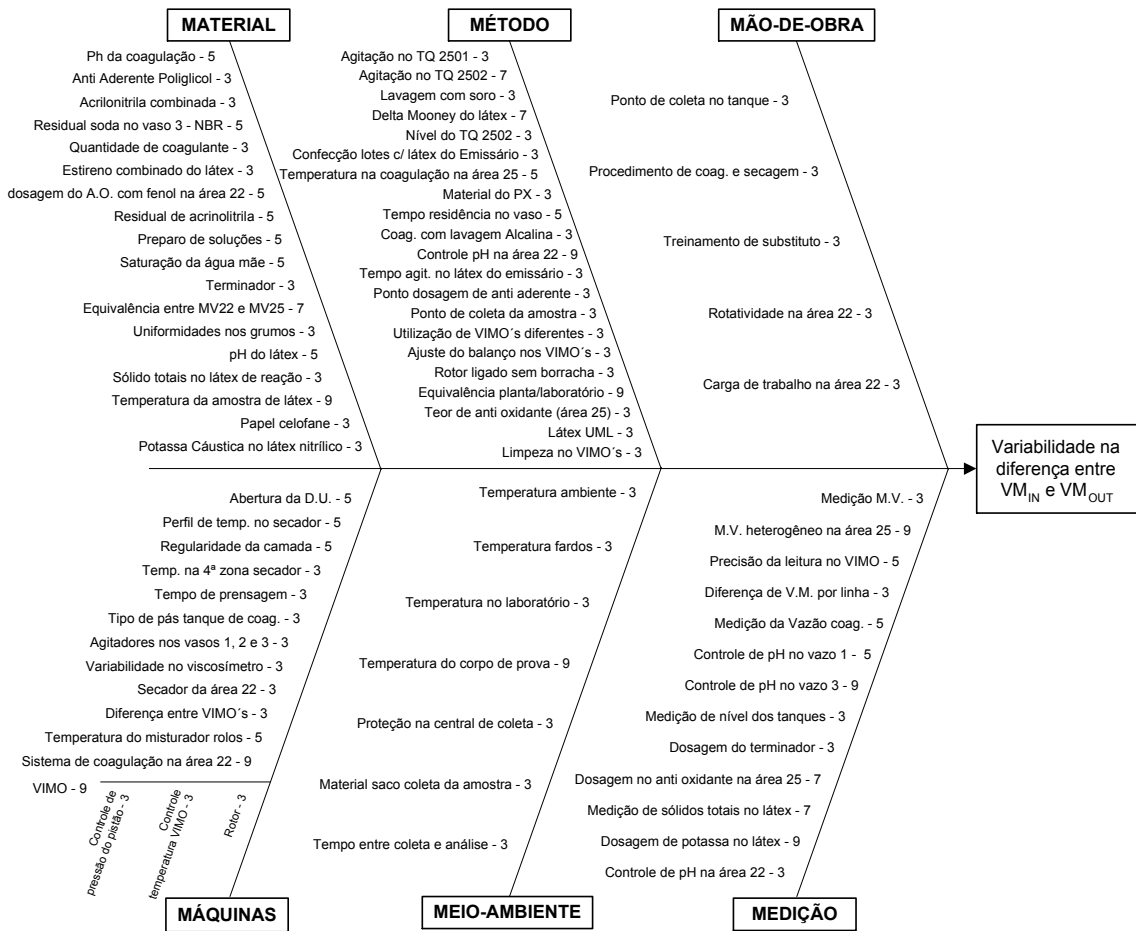


Figura 3.2 – Diagrama de Ishikawa com priorização feita pelos participantes do *brainstorming*

### 3.2.3 Inserção de Entradas e Saídas no Mapa de Processo

Como complementação às etapas de elaboração do Mapa de Processo e a elaboração do Diagrama de Ishikawa foram atribuídos a cada etapa do processo, variáveis de entrada e de saída. As variáveis de saída que entram no mapa de processo foram aquelas que já foram priorizadas durante o *brainstorming*. Esse procedimento permite a obtenção de uma Matriz Causa e Efeito (Matriz C&E) reduzida e isenta de itens desnecessários. Da mesma forma, o Mapa de Processo ficará mais compreensível. Com base nas informações levantadas neste procedimento pôde ser elaborado o mapeamento completo do processo que está representado em um formato alternativo na Figura 3.3.

X's Entradas	Etapas do Processo	Y's Saída
Dosagem de potassa no látex Delta Mooney do látex	<b>RECEBIMENTO DO LÁTEX NOS TQ 2501</b> Recebe o látex do emissário provindo da área 24	
Equivalência planta/laboratório Controle de pH na área 22 Dosagem de potassa no látex Sistema de coagulação na área 22	<b>ANÁLISE DO LÁTEX</b> Obtém no laboratório da área 22	Viscosidade Mooney Teórico (VM <sub>T</sub> )

Figura 3.3 – Mapa de processo alternativo

As variáveis de saída podem ser de dois tipos: externas quando são saídas percebidas como críticas pelo cliente e, internas quando as saídas são críticas para a etapa subsequente no processo. As variáveis de entrada também podem ser de dois tipos: controláveis quando podem ser ajustadas e mantidas aos níveis desejados e, de ruído quando não podem ser controladas devido a problemas de custo ou dificuldade.

### 3.2.4 Elaboração da Matriz Causa & Efeito

Durante a etapa Definir a variabilidade na diferença entre  $VM_{IN}$  e  $VM_{OUT}$  foi identificada como um fator essencial na realização de melhorias na área estudada. Contudo, durante a elaboração do mapa de processo tornou-se interessante o desdobramento deste item em outras variáveis de saída de forma a tornar a análise mais eficiente. A realização das prioridades foi feita a partir do preenchimento da Matriz C&E. O preenchimento da Matriz C&E deve seguir alguns critérios, devendo ser feito com a participação de técnicos de todas as partes interessadas. A Matriz gerada e o Gráfico de Pareto são demonstrados parcialmente na Figura 3.4.

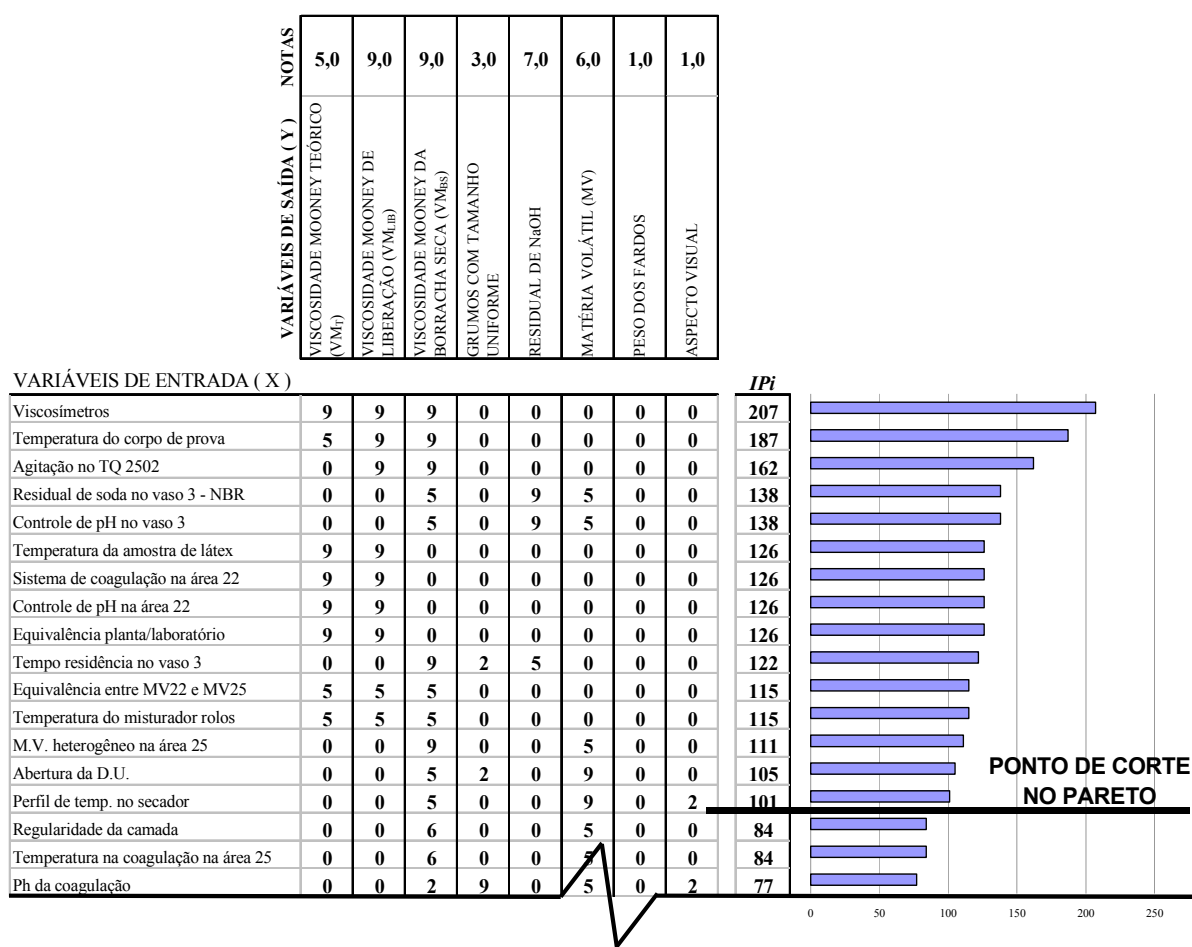


Figura 3.4 – Matriz C&E e Gráfico de Pareto para as variáveis do processo em estudo

O Gráfico de Pareto permite uma visualização rápida de quais os itens recebem maior importância e que devem ser tratados com maior atenção para a obtenção das melhorias desejadas na área em estudo. Através do Gráfico de Pareto é possível fazer a tomada de decisão de qual a causa prioritária da variabilidade em estudo.

O primeiro passo consistiu em pontuar as variáveis de saída de forma a priorizá-las, da menos importante até a mais importante para o cliente ( $Y_j$ ). Essa avaliação consta na parte superior da matriz. O segundo passo consistiu em atribuir o grau de relacionamento dos itens de entrada do processo, dispostos à esquerda, perpendicularmente em relação às variáveis de saída. Os valores dessa avaliação constam no corpo da matriz e recebem o nome de Importância das variáveis X ( $R_{ij}$ ), sendo divididos em quatro níveis, do menor para o maior grau de importância.

O valor de  $R_{ij}$  é obtido com base na seguinte pergunta: “Qual a relação que esta variável X tem com a

variabilidade Y em questão?”. O grau de importância foi distribuído em 0, 2, 5 e 9, que equivalem respectivamente, à relação inexistente entre a entrada e a saída, relação fraca entre a entrada e a saída, relação moderada entre a entrada e a saída e, relação forte entre a entrada e a saída. Os quatro níveis são apenas para facilitar o preenchimento da matriz, sendo que o ideal é que a equipe consiga atribuir notas intermediárias.

Após o preenchimento de toda a Matriz C&E, pôde ser feito o cálculo de priorização final para as variáveis de entrada ( $IPi$ ). Este cálculo levou em conta, i) a importância dos itens de saída; ii) o relacionamento dos itens de entrada com os itens de saída e através da equação  $IPi = \sum_{j=1}^n (Rij \times Yj)$ . Após a definição dos valores de  $IPi$  foi feito um Gráfico de Pareto.

Foram considerados como prioritários todos os itens com pontuação acima de 100, onde o gráfico apresenta uma descontinuidade abrupta. Os itens priorizados que foram utilizados para a realização do trabalho de FMEA, estão acima do ponto de corte demonstrado na Figura 3.4.

Na elaboração da Matriz C&E optou-se pela realização das reuniões com um número menor de participantes. A Matriz C&E foi montada de forma simplificada uma vez que, depois os itens seriam analisados de forma mais cuidadosa na realização do FMEA.

### 3.2.5 Elaboração do FMEA do Processo

O termo FMEA vem da abreviação das palavras *Failure Modes and Effects Analysis*, que podem ser traduzidas como Análise dos Modos e Efeitos de Falhas. O FMEA fornece pistas para a execução de melhorias no processo, mediante a descoberta de pontos problemáticos no mesmo.

A realização do FMEA é feita com base em uma planilha, que possui na parte superior, dados de identificação do processo estudado. O corpo da planilha é dividido em colunas. Cada uma destas colunas deve ser preenchida sob alguns critérios. As colunas a serem preenchidas são: a coluna do item do processo (entrada), a coluna modo de falha, a coluna efeito potencial, a coluna S (severidade), a coluna causa potencial do modo de falha, a coluna O (ocorrência), a coluna controles atuais, a coluna D (detecção), a coluna RPN (número de prioridade de risco) e a coluna ações recomendadas. Na Figura 3.5 apresenta-se parte do modelo de planilha usado para realização do FMEA.

IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA SEIS SIGMA - Redução da Variabilidade na Diferença entre $VM_{LIB}$ e $VM_{BS}$									
FMEA DE PROCESSO	Data de confecção :		23 / 04 / 2002		Pessoas envolvidas : Carlos H, Flávio G, Luis Franz, Sérgio S				
	Revisão anterior :		-		Coordenação : Luis Franz e Carlos H				
	Última versão :		23 / 04 / 2002		Responsável : Carlos Hapter				
Item do Processo (Entrada)	Modo de Falha Potencial	Efeito Potencial	S	Causa Potencial do Modo de Falha	O	Controles Atuais	D	RPN	Ação Recomendada
162 - Agitação no TQ 2502	Tempo insuficiente	Variação de VM dentro do lote / $VM_{M}$	10	Modo de Falha	4	Procedimento / Registros EO	1	40	
	Falha mecânica	Variação de VM dentro do lote / $VM_{M}$	10	Desgaste do equipamento	1	Manutenção preventiva	1	10	
					1	Inspeção visual e de ruído	1	10	
				Acumulo de borracha	1	Inspeção visual	1	10	

Figura 3.5 – Modelo de planilha utilizado para realização do FMEA

Na coluna RPN aparecem os resultados do produto  $S \times O \times D$ , que foram usados para apontar quais os itens do processo estudado que mereciam ações mais urgentes. Na coluna ação recomendada, foi inserida a ação a ser tomada para reduzir a ocorrência da causa ou melhorar a detecção. Deve se realizar prioritariamente ações só para RPN's altos, efeitos muito fortes ou solução fácil. A forma de pontuação para Severidade, Detecção e Ocorrência pode ser observada em Helman (1995).

A realização do FMEA apontou que um dos laboratórios da empresa deve ser analisado e melhorado prioritariamente, antes que as etapas posteriores do Seis Sigma sejam executadas. Em função das suspeitas levantadas pelo FMEA, optou-se pela realização de um experimento neste laboratório. Este experimento consistiu em uma Análise do Sistema de Medição (ASM). Os valores obtidos no experimento estão apresentados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Aplicação do ASM no processo de medição de VM

Viscosímetro	LÁTEX				BORRACHA SECA			
	OPERADOR 1		OPERADOR 2		OPERADOR 1		OPERADOR 2	
	VMO 1	VMO 2	VMO 1	VMO 2	VMO 1	VMO 2	VMO 1	VMO 2
CICLOS								
1	50,6	51,5	50,4	50,8	47,7	47,5	48,1	48,2
2	50,7	51,6	49,7	51,2	47,9	48,6	48,8	48,6
3	50,1	50,8	49,9	49,5	48,6	48,6	48,0	48,9

O ASM revelou uma variação do sistema de medição de 8,56 pontos, com desvio padrão total de 1,66 pontos, na VM. Como alguns clientes importantes trabalham com limites de especificação de  $\pm 1,50$  pontos, uma variação do sistema de medição de 570% é bastante expressiva. Logo, o sistema de medição torna-se crítico para o processo.

O próximo passo foi investigar onde se concentravam as causas de variabilidade. O processo de preparação das amostras de borracha está dividido em duas partes bem definidas, uma com o látex em seu estado líquido e outra com a borracha propriamente dita. Foi realizado, então, um experimento para avaliar qual era a variabilidade apresentada na medição da borracha seca. Neste momento usou-se um Projeto de Experimentos, ou *Design of Experiments* (DOE), conforme Montgomey (1991). Os dados obtidos estão apresentados na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Aplicação do DOE no processo de medição de VM

		Borracha SBR 1502		Borracha NBR 2860		Borracha Butílica	
		Massa Amostra	VM	Massa Amostra	VM	Massa Amostra	VM
Posição termosensores	Periferia prato	27,04	59,80	27,06	56,60	27,06	76,00
		26,98	59,10	27,10	57,20	27,16	76,00
		27,06	59,60	27,10	56,60	27,18	75,90
		27,05	59,20	27,10	56,70	27,11	76,20
		27,04	59,50	27,02	57,10	27,00	76,10
	Centro prato	27,04	58,60	27,06	55,80	27,09	74,80
		27,04	59,00	27,02	55,80	27,10	74,60
		27,03	58,40	27,04	55,70	27,02	74,50
		27,00	58,70	27,00	55,90	27,15	74,30
		27,09	58,20	27,01	56,00	27,04	74,40

O DOE revelou que o procedimento de corte e pesagem dos corpos de prova é bastante robusto a erros, apresentando como característica um  $C_p$  (capacidade do processo) em torno de 2. Já o processo de obtenção de VM, embora sujeito a uma variabilidade indesejada, ainda possui um nível de variabilidade aceitável, ver tabela 3.4. Tais aspectos demonstram que grande parte da variabilidade observada no processo de medição se deve a problemas com a preparação das amostras quando o látex ainda está em seu estado líquido.

Tabela 3.4 – Níveis de variabilidade observados no DOE

Posição	Tipo borracha	Média de VM	Variabilidade de VM
Periferia do prato	SBR 1502	59,4	0,288
Periferia do prato	NBR 2860	56,8	0,288
Periferia do prato	Butílica	76,0	0,144
Centro do prato	SBR 1502	58,6	0,303
Centro do prato	NBR 2860	55,8	0,114
Centro do prato	Butílica	74,5	0,192
<b>Média de variabilidade observada</b>			<b>0,217</b>

As próximas atividades no laboratório devem migrar para implantação de melhorias na preparação de amostras de látex em seu estado líquido. Na área de produção as próximas atividades devem se concentrar em estudos de capacidade do processo.



## 4 Conclusões

As conclusões deste trabalho se reportam apenas às etapas Definir e Medir já concluídas, de um projeto Seis Sigma que está sendo implantado em uma indústria do ramo petroquímico. Até o momento os resultados obtidos não foram levantados de forma definitiva. Sobretudo, alguns aspectos práticos foram observados.

O uso de pesquisas de mercado e levantamento das necessidades dos clientes, não foi necessário durante a etapa Definir em função da empresa manter uma troca de informações permanente com seus clientes.

O levantamento de indicadores em valores financeiros não foi usado neste projeto, pois os custos financeiros são pouco tangíveis neste setor. O número de lotes de borracha obtidos dentro dos limites especificados demonstrou ser um meio mais eficiente de mensuração dos resultados.

A confecção de um fluxograma detalhado do processo, embora trabalhoso, permitiu que este fosse melhor entendido e estudado. Neste ponto, conforme constatação do autor e da equipe técnica da empresa, a característica metodológica do Seis Sigma ajudou a evidenciar as questões que ainda não tinham sido discutidas em outras oportunidades, o que se caracterizou como uma revisão das características do processo.

O desenvolvimento de práticas como o uso do *brainstorming*, deve ser feito com certa frequência de forma que seus conceitos sejam gradativamente absorvidos pelas pessoas normalmente envolvidas nestes tipos de atividade. O uso de uma priorização já durante a reunião de *brainstorming* mostrou ser bastante útil.

Durante os trabalhos com Matriz C&E dois aspectos se destacaram. Um aspecto diz respeito ao número de pessoas envolvidas, que ao diminuir tornou o trabalho mais fácil. Outro aspecto foi o formato da Matriz C&E, que pôde ser usada em um formato simplificado sem empobrecer os resultados do trabalho.

A área de medição de VM, representada pelos laboratórios, mostrou ser uma parte crítica que deve ser prioritariamente melhorada. Sobretudo, o enfoque central do projeto Seis Sigma não deverá ser alterado. Assim, as próximas atividades do projeto devem ser direcionadas para implantação de melhorias na preparação de amostras de látex em seu estado líquido. Na área de produção as próximas atividades devem se concentrar em estudos de capacidade do processo.

## Referências Bibliográficas

- DAHLGAARD, Su Mi Park. The evolution of patterns of quality management: some reflections on the quality movement. *Total Quality Management*, v. 10, n. 3&5, p. 473-480, 1991.
- ECKES, George. A revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucros. 2 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2001. 270 p.
- HARRY, Mikel J. Abatement of business risk is key to Six Sigma. *Quality Progress*, v. 33, n. 7, p. 72-76, 2000.
- HELMAN, Horácio; ANDERY, Paulo R. P. Análise de Falhas: Aplicação dos métodos FMEA e FTA. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni - UFMG, 1995. 156p.
- MIGUEL, Paulo A. C. Quality movement continues growth in Brazil. *Quality Progress*, v. 35, n. 2, p. 70-73, 2002.
- MONTGOMERY, Douglas C. Design and Analysis of Experiments. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1991. 649p.
- PANDE, Peter S.; NEUMAN, Robert P.; CAVANAGH, Roland R. Estratégia seis sigma: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho. 1 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001. 472 p.
- PEREZ-WILSON, Mario. Seis Sigma: compreendendo o conceito, as implicações e os desafios. 1 ed. Tradução de Bazán Tecnologia e Linguística. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999. 283 p.
- WERKEMA, Maria C. C. Criando a cultura Seis Sigma. 1 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 256 p.