

UTILIZANDO A METODOLOGIA SEIS SIGMA PARA REDUÇÃO DA VARIABILIDADE NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UM PRODUTO CRÍTICO DE UMA EMPRESA DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS



Leonardo Guimarães

professorleo@unigranrio.edu.br

MONALISA MAGALHÃES DE ABREU

monalisamagalhaes.mma@gmail.com

PRISCILA TAVARES MAIA MAXIMINO

priscila_tavares_maia@yahoo.com.br

Leandro Alves Nascimento

leuzin.nascimento@gmail.com

Neste estudo é apresentada a metodologia Seis Sigma para redução da variabilidade em um processo produtivo de uma indústria de defensivos agrícolas. No estado anterior, os processos foram considerados incapazes (com índices C_p e C_{pk} menores que 1) não atendendo as especificações dos produtos por conta de não-conformidades no processo o que acarretavam em filas, estoques, superprodução e retrabalhos acarretando a perda de capacidade produtiva e a queda na produtividade. Com isto, foi utilizada a metodologia DMAIC para definir, medir e analisar o processo priorizado e as causas-potenciais e após melhorar e controlar os resultados do processo. Os resultados obtidos com a metodologia e as ações para eliminação das causas potenciais foram satisfatórios, pois, houve a redução da variabilidade e a centralidade do processo,

de modo que, a meta da capacidade foi atingida mudando o patamar da operação de incapaz para capaz (índices C_p e C_{pk} maiores do que 1).

Palavras-chave: Controle Estatístico de Processos, Seis Sigma, Ferramentas de controle, DMAIC

1. INTRODUÇÃO

O mercado produtivo tem se tornado cada vez mais competitivo e, conseqüentemente, as organizações precisam empregar medidas que diferenciem seus produtos e serviços dos seus concorrentes, através de recursos – muitas vezes já existentes e não utilizados de forma eficiente - que aumentem sua produtividade ao menor custo possível, garantindo uma qualidade que satisfaça o mercado consumidor.

A qualidade tornou-se um fator de extrema relevância para os consumidores na escolha de produtos e serviços. Assim, compreender e melhorar este indicador é essencial para a condução do sucesso, crescimento e um posicionamento competitivo no mercado. (MONTGOMERY, 2013)

Antônio; Teixeira; Roza (2016) afirmam que produzir com qualidade é uma das capacidades dinâmicas que as organizações precisam aprimorar em sua rotina, para que possam se tornar mais efetivas nos mercados cada vez mais complexos.

Seis Sigma é uma estratégia que objetiva expandir significativamente a *performance* e os lucros das companhias, através da melhora da qualidade de bens e processos, do crescimento da satisfação de clientes e da redução de variabilidade. Essa metodologia enfoca os objetivos estratégicos da empresa, estabelecendo que todos os setores-chave possuam metas de melhoria com base em métricas quantificáveis. (WERKEMA, 2011)

Logo, reduzir os desperdícios e utilizar ferramentas de melhoria contínua são estratégias utilizadas por muitas organizações que buscam um diferencial competitivo.

2. O PROBLEMA

Este Estudo de Caso é baseado em um processo produtivo de defensivos agrícolas, que auxiliam na manutenção da agricultura mundial. A empresa em questão possui um portfólio amplo de defensivos agrícolas que são formulações químicas ou biológicas usadas no controle de pragas nocivas ao homem e plantações, também chamados de agrotóxicos, praguicidas, pesticidas, ou fitossanitários, com parâmetros particulares e restritivas especificações exigidas pelo Ministério da Agricultura. Desta forma, faz-se necessário rigoroso controle da qualidade de seus produtos para o atendimento dessas especificações.

Em virtude disso, a organização possui um indicador de *performance* de produção que mede mensalmente o percentual de lotes produzidos sem desvios de qualidade, ou seja, sem nenhum tipo de não conformidade no que tange suas especificações. Analisando-se o histórico, foi identificado que em 2016 a empresa não atingiu a meta estabelecida de 98% de lotes produzidos sem desvios de qualidade. Isso implica em retrabalho, aumento do custo de produção e do *lead time* de processo.

Neste contexto, questiona-se como será possível reduzir os desvios de qualidade e os custos das não conformidades, garantir a confiabilidade esperada e, adicionalmente, entregar o produto em menor tempo possível e com a qualidade desejada?

3. OBJETIVO

O objetivo desse estudo de caso é reduzir a variabilidade dos produtos prioritários, aumentar a confiabilidade do processo produtivo selecionado e mitigar as etapas que não agregam valor numa empresa multinacional no segmento de defensivos agrícolas.

Para atingir esse objetivo, serão utilizadas as ferramentas da qualidade com ênfase no Controle Estatístico do Processo (CEP) e na abordagem Seis Sigma.

4. METODOLOGIA

O presente estudo se caracteriza como uma pesquisa descritiva, pois é feito uma coleta de dados da empresa pesquisada, expondo suas características. Também se classifica como explicativo, pois, explica a relevância do estudo e detalha sua ocorrência buscando entender as causas dos fenômenos. Além disso, a pesquisa é intervencionista, em virtude da aplicação prática da metodologia e ferramentas do Seis Sigma que interferem na realidade estruturada da empresa.

Quanto aos meios, classifica-se como uma pesquisa bibliográfica, pois faz uso de material acessível ao público em geral, como livros e artigos já publicados. Qualifica-se como uma pesquisa documental, visto que utiliza documentos, relatórios e dados em geral da empresa em estudo, que não estão disponíveis para consultas públicas. Por fim, o artigo é classificado como estudo de caso, pois consiste em um estudo amplo da empresa onde é relatado um problema real da organização.

O universo deste estudo é o portfólio de produtos da empresa de nome fictício CROP&PLANT. A amostra é constituída por características físico-químicas de produtos do

portfólio. Ela se refere a uma amostra não probabilística e foi escolhida por tipicidade, visto que os produtos escolhidos para estudo foram os mais críticos para o negócio segundo seu alto custo e participação de mercado.

A partir da aplicação do método DMAIC, que será explicado no item 4.8, são identificadas as causas comuns da alta variabilidade do pH de um produto-chave oferecido pela empresa que resulta no aumento do *lead time* do processo além de retrabalhos, atrasos, filas e processamento demasiado no processo produtivo.

5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

5.1 Gestão da Qualidade

Atualmente, a gestão da qualidade é vista como um fator estratégico para a manutenção da competitividade e produtividade. Segundo Carpinetti (2016) a gestão da qualidade, no nível operacional, tem o objetivo de melhorar a performance no atendimento das exigências dos consumidores e reduzir os custos da falta de qualidade.

Com o objetivo de solucionar os problemas relacionados a qualidade e otimizar os processos, o presente artigo explicitará algumas ferramentas da qualidade, como o fluxograma, diagrama de causa e efeito, diagrama de Pareto, histograma e gráfico de controle.

5.2 Fluxograma ou diagrama de processo

Fluxograma é a representação gráfica que serve para apresentar as fases de um processo. Os fluxogramas apresentam o fluxo de atividades, como também destacam atividades, ações e decisões que podem ser críticas ou podem detectar o encontro de fluxos que podem congestionar o processo. (CARVALHO e PALADINI, 2012).

5.3 Diagrama de causa e efeito

O Diagrama de Causa e Efeito, também conhecido como espinha de peixe e Diagrama de Ishikawa, foi elaborado para apresentar as ligações que existem entre o problema e todas as possíveis causas que o gerou. Essa ferramenta ajuda a identificar o motivo do principal do problema e definir as medidas de correção que serão aplicadas (CARPINETTI, 2016)

5.4 Diagrama de Pareto

Conhecida como uma das ferramentas básicas entre as ferramentas da qualidade, o Diagrama de Pareto, é usado para identificar e priorizar os problemas que impactam as metas da empresa de forma negativa e são responsáveis pela maioria das perdas.

5.5 Histograma

O histograma é apresentado por um gráfico de barras, dividido em intervalos pequenos no eixo horizontal. Em cada intervalo é colocada uma barra vertical, onde a área equivale ao número de considerações na amostra, da qual os valores são pertencentes a um intervalo equivalente. Dessa forma, o histograma possui informações que tornam visível o modo de distribuição de um conjunto de dados (CARPINETTI, 2016).

5.6 Gráficos de controle

Os gráficos de controle são utilizados para analisar as variações de determinadas áreas do processo produtivo. De modo geral, essa ferramenta apresenta meios para identificar e separar situações que acontecem aleatoriamente, das situações assinaláveis. Eles analisam se o processo produtivo é estável e se mantêm assim, podendo examinar as tendências do processo. (CARVALHO e PALADINI, 2012).

5.7 Seis Sigma

O Seis Sigma foi conceitualmente introduzido pela Motorola, mas difundiu-se rapidamente por ambientes de manufatura e prestação de serviços, já que o mercado vinha mostrando uma correlação da competitividade com os percentuais de defeitos gerados pelas organizações. Sua principal meta é reduzir desperdício causado por não qualidade, através da redução de variabilidade dos processos de fabricação. (CARPINETTI, 2016)

O Seis Sigma compõe-se de diversos fundamentos de várias eras da qualidade. Um dos fundamentos mais relevantes é o emprego estruturado do pensamento estatístico, em que a intensa utilização de ferramentas estatísticas e a análise de variabilidade dos processos são a identidade deste método, que tem por significado, estaticamente falando, seis desvios padrão (CARVALHO e PARADINI, 2012).

O Seis Sigma recebeu este nome em virtude do nível de capacidade de processos. A análise de capacidade ou capacidade tem por propósito avaliar se um processo estável estatisticamente corresponde ou não as especificações técnicas de um produto ou processo específico (BOCCI, 2007).

O principais objetivos e benefícios provocados pela metodologia Seis Sigma, de acordo com Werkema (2011), são definidos pelos pontos fortes apresentados na figura 1:

Seis Sigma
Melhoria de processo.
Emprego de métodos estruturados para o alcance de metas: DMAIC e DMA DV.
Utilização para a análise de dados, de ferramentas estatísticas poderosas, que auxiliem na solução de problemas complexos.
Busca da redução da variabilidade.
Ênfase na redução de custos e de defeitos definidos pelos clientes.
Seleção de projetos associados às metas estratégicas da empresa.
Foco na melhoria de produtos (Design for Six Sigma - DFSS) e não apenas na melhoria de processos.
Mensuração direta do retorno financeiro gerado pelo programa.
Infraestrutura de patrocinadores e especialistas (Sponsors, Champions e "Belts").
Elevada dedicação dos especialistas.
Envolvimento de todas as pessoas da empresa, nos diferentes níveis de aprofundamento do programa (Black Belts, Green Belts, Yellow Belts, White Belts).
Processos de contratação, treinamento, promoção, reconhecimento e recompensa refletindo e incentivando a consolidação da cultura Seis Sigma.
Melhoria de produtividade e de lucratividade com redução de tempo de ciclo.
Determinação de meta de desempenho para a empresa.

Figura 1: Pontos fortes do Seis Sigma

Fonte: Adaptado de Werkema (2011)

5.8 DMAIC

Outra característica do Seis Sigma é o método de desenvolvimento de projetos, o DMAIC, que é uma sigla para *Define, Measure, Analyse, Improve e Control* (CARPINETTI, 20136), que são as etapas do processo:

- **Define (Definir)** - É necessário a princípio definir o objetivo de estudo do projeto, assim como o problema e seu impacto indesejado que se quer eliminar.
- **Measure (Medir)** - A etapa de medição tem por objetivo amostrar dados que auxiliem na investigação das características particulares do problema. Nesta fase há uma medição muito importante que é a de capacidade do processo.

- **Analyse (Análise)** - O objetivo desta fase é detectar as causas elementares do problema. A principal análise desta fase é da relação causa e efeitos indesejados.
- **Improve (Melhorar)** - Após conclusão das análises e propor sugestões, é necessário um planejamento e execução da ação de melhoria.

5.9 SIPOC

O SIPOC é uma ferramenta que tem por objetivo delimitar todas as atividades envolvidas no projeto, bem como as entradas e saídas de materiais de seus clientes e fornecedores. A ferramenta significa *Suppliers* (Fornecedores), *Inputs* (Entradas), *Processes* (Processos), *Outputs* (Saídas) e *Customers* (Clientes). De acordo com Werkema (2011), é necessário destacar que tornar essas informações disponíveis ajuda as equipes a se ter um bom entendimento de todo processo e tem a incumbência de ser uma análise prévia da relação de causa e efeito irão direcionar as ações futuras do projeto.

5.10 Voz do cliente (VOC)

Segundo Werkema (2011), "Voz do Cliente" (*Voice of customer – VOC*) recebe esse nome quando as necessidades e expectativas dos clientes são afetados pelos processos que precisam de melhorias. Essas informações constituem as características críticas para a qualidade (CTQ - *Critical Quality*). Os CTQs são classificados como restrição, melhorar e desejável, que são as condições que definirão a qualidade na entrega do projeto. A Voz do Cliente constitui a necessidade do cliente para com o projeto, ou seja, define quais serão os fatores determinantes que a o projeto Seis Sigma obtenha sucesso.

Diante dos benefícios do Seis Sigma apresentados e de sua estratégia eficaz para a melhoria de processos, o presente trabalho visa demonstrar a aplicação de sua metodologia e ferramentas em um processo produtivo de uma indústria de defensivos agrícolas.

6. ESTUDO DE CASO

A empresa CROP&PLANT é uma empresa multinacional de defensivos agrícolas com mais de 150 anos de existência. Os defensivos agrícolas exercem relevante papel na agricultura, pois sem eles, a ação das pragas ocasionaria perda na produtividade.

Os produtos oferecidos pela empresa, com formulações químicas ou biológicas, são usados no controle de pragas nocivas ao homem e plantações e são classificados como: (i) agrotóxicos, (ii) praguicidas, (iii) pesticidas e (iv) fitossanitários.

Para cada tipo de defensivo, a empresa dispõe de uma gama de produtos com forte marca no mercado. Cada produto possui uma ou mais moléculas específicas, que desempenham diferentes funções em diferentes culturas (soja, milho, entre outras) atuando no combate de pragas específicas.

O controle de qualidade desses produtos é muito rigoroso, pois cada produto possui um plano de controle onde constam todas as especificações que devem ser verificadas. Essas especificações são exigidas pelos órgãos regulamentadores e devem ser auferidas pelo setor de suporte global responsável pelo desenvolvimento dessas formulações, regulando e intermediando quaisquer alterações no processo produtivo com rigoroso controle para garantir a estabilidade das fórmulas em todas as plantas produtivas da organização.

6.1 Descrição do processo

A empresa é uma indústria de processos, onde há uma gama de componentes responsáveis pelas características físico-químicas dos produtos utilizadas no processo de fabricação. Esses componentes são classificados como matéria-prima, princípio ativo e solvente. A composição e a temperatura desses materiais é o que diferencia o processo produtivo de cada produto oferecido pela empresa.

O processo de formulação divide-se em 6 (seis) etapas sendo a primeira a preparação das matérias primas que serão usadas na produção do lote. O processo tem como interface a área do Controle de Qualidade que realiza as análises do produto formulado antes e após ser envasado.

Em média, os produtos permanecem no tanque 2 (duas) horas aguardando as análises do laboratório para serem envasados. Quando há um desvio de qualidade, o *lead time* de liberação do controle de qualidade aumenta cerca de 10 (dez) horas. Dependendo do tipo de problema no produto, são necessários retrabalhos de até 24 (vinte e quatro) horas para corrigir a formulação o que gera atrasos do plano de produção, redução da produtividade, perda de capacidade produtiva além de desperdícios como: espera, defeito, transporte, movimentação e superprocessamento. A figura 2 apresenta o processo produtivo da empresa CROP&PLANT:

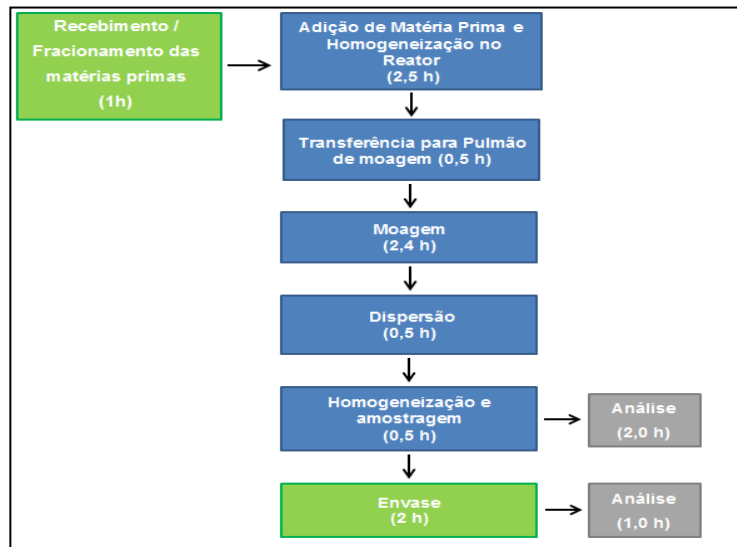


Figura 2: Demonstração das etapas do processo de formulação de defensivos agrícolas.

Fonte: Autores (2017).

Estando o produto dentro das especificações, o analista do controle de qualidade libera o lote no sistema SAP e o produto é armazenado no depósito para ser faturado.

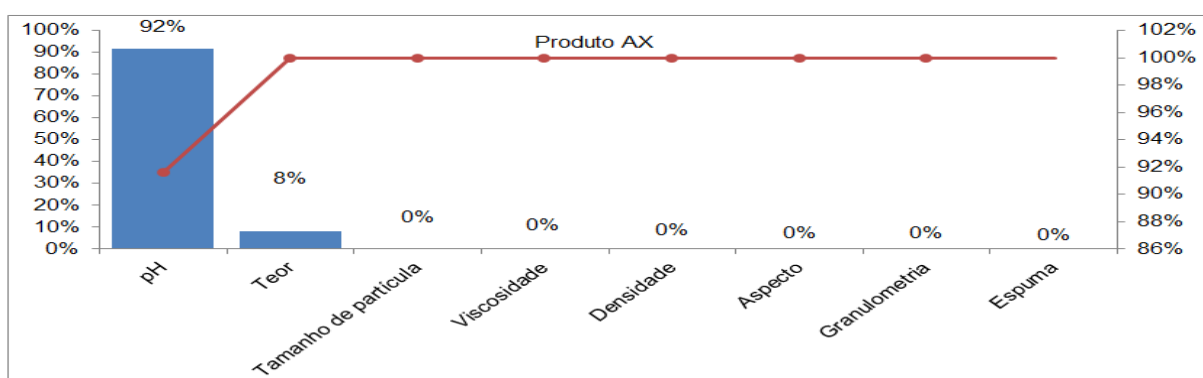
O projeto Seis Sigma foi aplicado no processo de formulação dos produtos, especificamente em seus resultados analíticos, objetivando reduzir a variabilidade, centralizar dos resultados e reduzir os índices de não conformidades dos produtos.

Com isso, espera-se poder gerar valor aos clientes da indústria e eliminar os desperdícios no fluxo de trabalho. O projeto foi estruturado por meio do método DMAIC, onde todo o portfólio de produtos da empresa foi avaliado, bem como as particularidades de seus processos.

As metas do projeto foram: elevar o indicador de lotes conformes de 97,3% para 98% e mudar o patamar da capacidade do processo de incapaz ($C_p < 1$) para no mínimo aceitável ($C_p > 1$).

6.2 Etapa definir (Define)

Foi feito um levantamento de quais características de qualidade contidas no plano de controle dos produtos apresentaram maior índice de defeitos e, a que apresentou maior percentual de não conformidades foi o pH, representando 92% dos desvios de qualidade no



ano de 2016 conforme gráfico 1.

Gráfico 1: Priorização das características de qualidade contidas no plano de controle baseado no % de defeitos.

Fonte: Autores (2017).

Portanto, será priorizado o pH para o produto AX, que posteriormente terá seus resultados analíticos avaliados mais profundamente.

A fim de identificar as necessidades dos principais clientes do projeto, foi aplicada a ferramenta VOC mostrado na figura 3.

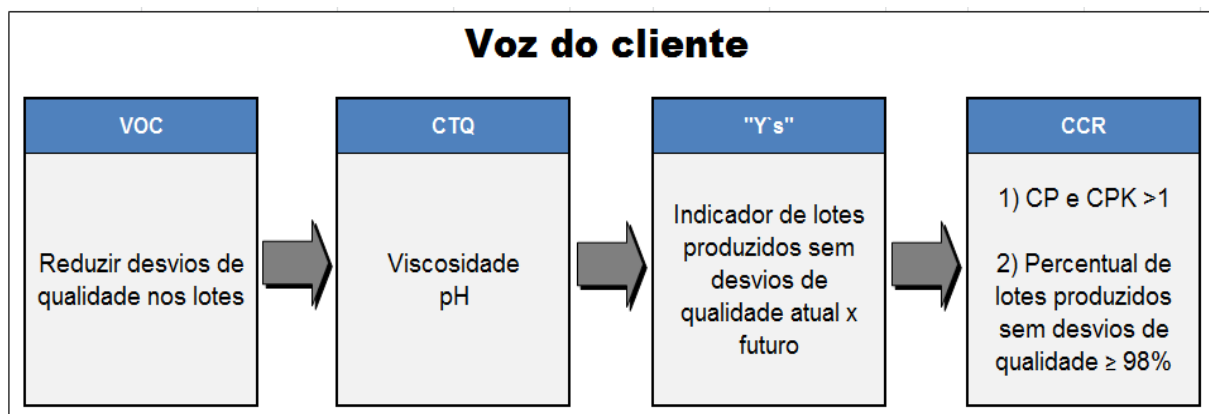


Figura 3: Voz do cliente

Fonte: Autores (2017)

Analisando a voz do cliente, nota-se que suas necessidades implicam em reduzir os desvios na qualidade dos lotes e as características críticas envolvidas nesses lotes eram o PH e a viscosidade. Para comparar os cenários anterior e posterior, foi estipulado o indicador *baseline* Y que medirá se o objetivo do projeto foi atingido (98% de lotes conformes). Para isto a capacidade do processo será medida em termos de Cp e Cpk para a verificação de meta (Cp; Cpk ≥ 1).

Uma das restrições de escopo é que o projeto não se aplicaria a todo o portfólio de produtos, portanto, os produtos deveriam ser priorizados com base em critérios importantes para o cliente sendo definido como o percentual de lotes conformes no ano de 2016.

O quadro 1 apresenta os 10 produtos mais críticos para o negócio com base no volume anual produzido, bem como o percentual de lotes conformes produzidos, que é a relação entre o número de lotes conformes pelo número total de lotes produzidos no ano.

Produto	Lotes produzidos (Uni.)	Lotes não conformes (Uni.)	Lotes conformes (Uni.)	% Lotes produzidos sem desvios de qualidade	Volume de produção anual (L)
AX	278	12	266	95,7	2.692.111
BX	939	40	899	95,7	14.290.456
CX	41	1	40	97,6	495.392
DX	279	5	274	98,2	2.838.817
EX	73	1	72	98,6	683.875
FX	157	2	155	98,7	1.396.480
GX	237	1	236	99,6	2.424.274
HX	681	2	679	99,7	10.498.667
IX	107	0	107	100	1.477.650
JX	67	0	67	100	564.368

Quadro 1: Os 10 produtos mais críticos para o negócio versus o percentual de lotes conformes no ano de 2016

Fonte: Autores (2017).

O quadro 1 apresenta, em ordem crescente, os produtos relacionados aos seus lotes conformes no ano de 2016. Com base nos dados, foram priorizados os produtos AX e BX, contudo, este projeto apresenta apenas as tratativas e os resultados obtidos com o primeiro item.

6.3 Analisando o macroprocesso de produção com SIPOC

No SIPOC o processo de fabricação como um todo foi descrito na figura 4 desde (i) os recebimentos dos insumos, (ii) as ordens de produção emitidas pelo PCP, (iii) o processo de formulação, (iv) a interface do controle de qualidade com as análises até o (v) envase do produto.

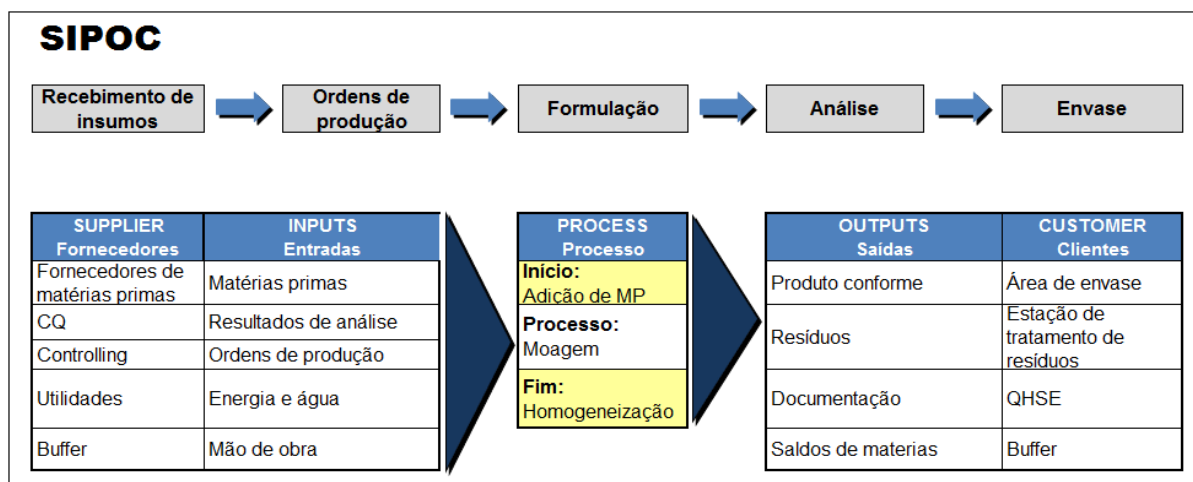


Figura 4: Mapeamento do macroprocesso com SIPOC

Fonte: Autores (2017).

Com o SIPOC também foram mapeados os fornecedores do processo e os clientes internos do processo produtivo. Visto que as produções se baseiam em previsões de vendas, analisa-se este processo como empurrado dado que as matérias primas (importadas) são compradas antecipadamente para se evitar falta de material por atraso de entrega, gerando assim altos níveis de estoque.

6.4 Etapa medir (Measure)

A fim de avaliar o comportamento dos resultados analíticos de pH do produto AX, como também monitorar a variabilidade e estabilidade dos processos, utilizou-se a ferramenta de gráfico de controle. Foi feita uma avaliação mais detalhada dos resultados analíticos das características de pH referente ao produto AX, considerando 100 lotes sequenciais como amostra.

No gráfico 2 os limites de especificação de pH do produto AX são de 4.0 a 5.0 (representados pelas linhas vermelhas), portanto o valor nominal é igual a 4.5 (representado pela linha verde).

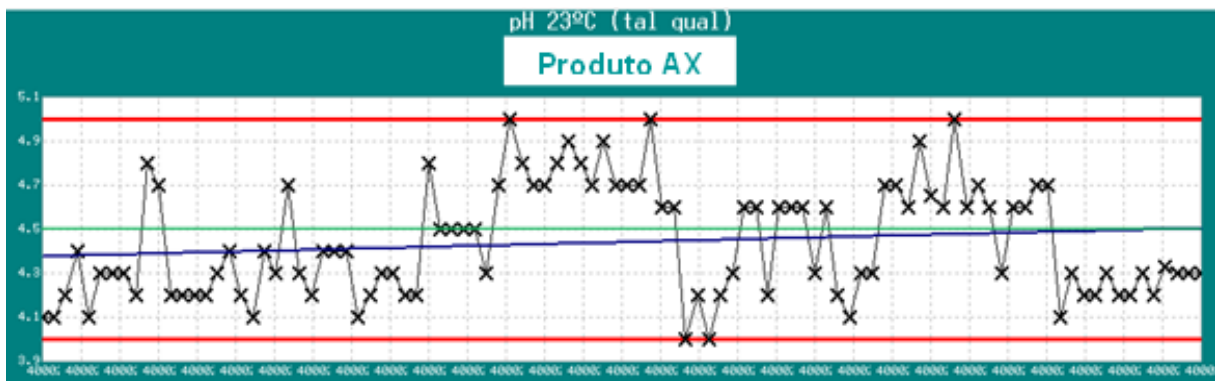


Gráfico 2: Resultados analíticos de pH de 100 lotes do produto AX.

Fonte: Autores (2017).

Com o gráfico 2 nota-se que a média dos valores individuais estava bem destacada do valor nominal e a aproximação ocorreu apenas ao final da amostra. Há também oscilações com mais de oito pontos abaixo e acima do valor nominal e pontos sobre os limites de controle. Outra tendência analisada é o aumento da média dos valores individuais do pH o que pode indicar certa saturação nos produtos além da elevada dispersão dos dados longe do valor nominal. Com isto pode-se definir o processo como instável.

Com a mesma amostra foi analisada a capacidade do processo medido em termos de estatísticos para analisar o grau de variabilidade e de não conformidade com os limites de especificação, apresentado no figura 5:

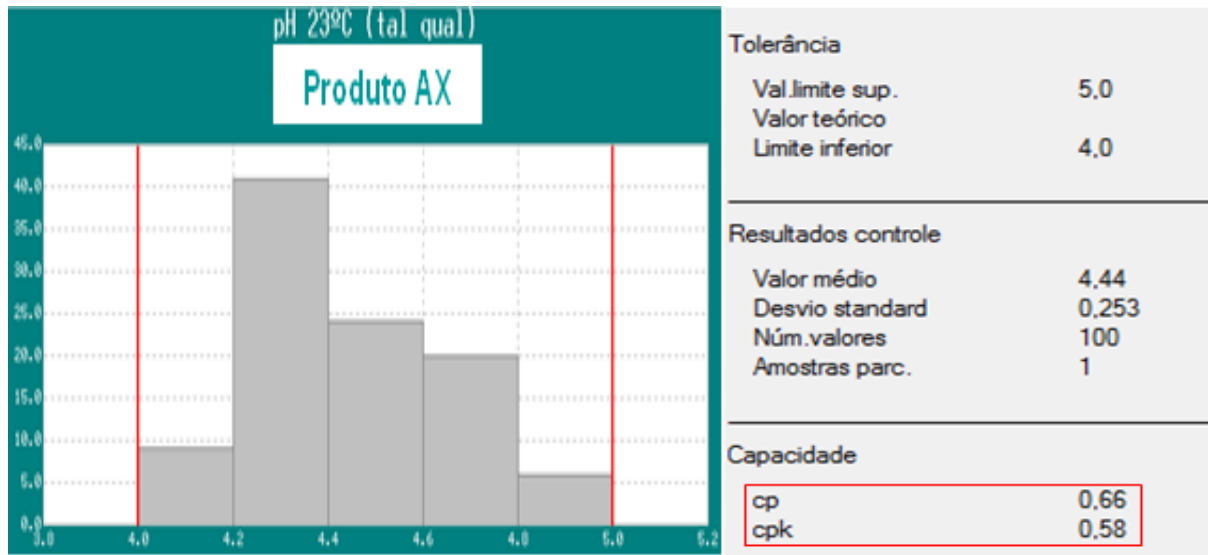


Figura 5: Análise da capacidade do produto AX:

Fonte: Autores (2017).

Podem-se fazer as seguintes considerações sobre Cp e Cpk (figura 5):

- Com $Cp = 0,66$ têm-se um processo incapaz quanto os limites de especificação,
- Com $Cpk = 0,58$ nota-se a descentralização dos resultados em relação ao valor nominal.

6.5 Etapa analisar (Analyse)

Para avaliação das causas potenciais e criação de planos de ação para tratativa dessas causas foi conduzido um *brainstorming* com uma equipe multidisciplinar envolvendo os profissionais das áreas participantes no processo produtivo.

Com *brainstorming* foram propostas as causas potenciais sendo discriminadas no diagrama de causa-e-efeito, a fim de classificar as possíveis causas do efeito variação de pH do produto AX conforme a figura 6:

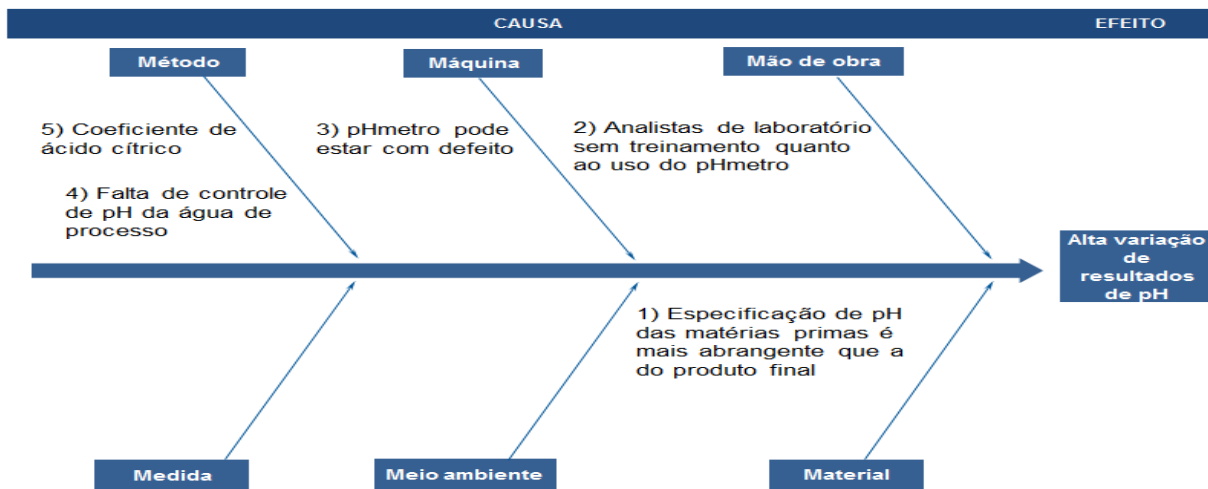


Figura 6: Diagrama de Ishikawa – Alta variação de resultados de pH

Fonte: Autores (2017)

Posteriormente o estudo foi conduzido com uma análise qualitativa de precedências investigando se as causas potenciais levantadas são relacionadas aos índices de variabilidade do pH, conforme a figura 7:

Investigação	Procedente?	Justificativa
Especificação de pH das matérias primas é mais abrangente que a do produto final	Sim	Enquanto a especificação do produto AX é de 4.0 a 5.0, a faixa de pH de algumas das matérias primas utilizadas na formulação é de 3.5 a 5.5, podendo estas estarem influenciando na variação de pH do produto final.
Analistas de laboratório sem treinamento quanto ao uso do pHmetro	Não	Todos os analistas receberam treinamento para utilizar o pHmetro, onde o treinamento foi realizado pela própria empresa do equipamento.
pHmetro pode estar com defeito	Não	Equipamento com eletrodo novo e plano de calibração preventiva em dia.
Falta de controle de pH da água de processo	Sim	O pH da água desmineralizada utilizada no processo de formulação não está sendo controlado regularmente e portanto qualquer variação do pH da água não está sendo detectado para que seja feita a correção conforme exige a especificação.
Coeficiente de ácido cítrico	Sim	O coeficiente (quantidade) de ácido cítrico da fórmula não está balanceado corretamente e ocasiona variação do pH da formulação.

Figura 7: Análise das causas de alta variação de pH

Fonte: Autores (2017)

Com estas análises as causas potenciais foram afuniladas em três causas-raízes, o que direcionou o projeto etapa *improve*.

6.6 Etapa melhorar (Improve)

Baseado nas causas apontadas na etapa anterior definiu-se planos de ação com objetivo de eliminar as causas relacionadas às não conformidades. O plano de ação é apresentado na figura 8:

O quê?	Por quê?	Como?	Onde?	Quem?	Quando?
Ajuste do Coeficiente de Ácido Cítrico para 8,0 kg/lote no produto AX	Garantir que os resultados de pH mantenham-se próximos ao meio de faixa.	Alterar o coeficiente na lista técnica produtiva.	Lista técnica do produto AX	Analista de suporte técnico	Imediato
Restringir faixa de especificação de pH de 4.0 a 5.0.	A especificação do produto AX é de 4.0 a 5.0, a faixa de pH de algumas das matérias primas utilizadas na formulação é de 3.5 a 5.5, podendo estas estarem influenciando na variação de pH do produto final.	Novo acordo de especificação com os fornecedores	Especificação	Analista de suporte técnico	Até Fev-17
Controle de pH da água desmineralizada	O pH da água desmineralizada utilizada no processo de formulação não está sendo controlado regularmente e portanto qualquer variação do pH da água não está sendo detectado para que seja feita a correção conforme exige a especificação.	Instalar um controle de pH da água com ajuste automático	Na água de processo	Engenharia	Até Abr-17

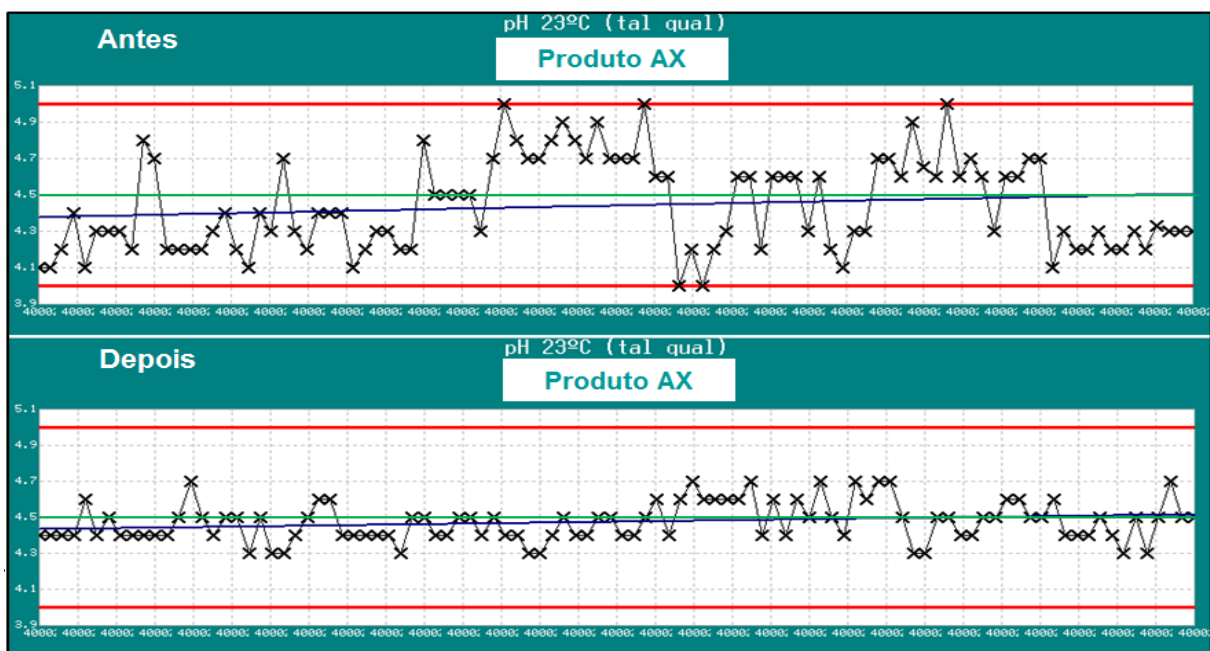
Figura 8: Plano de ação do produto AX.

Fonte: Autores (2017)

Com a conclusão das ações, foi feita uma nova amostragem do pH, considerando a mesma quantidade de lotes sequenciais utilizadas na análise inicial para verificar se houve melhoria no processo de fabricação.

6.7 Análise dos resultados

O comparativo do gráfico de controle dos resultados de viscosidade do produto AX



antes e após implementação do plano de ação é apresentado na figura 9:

Figura 9: Resultados analíticos de pH de 100 lotes do produto AX antes e depois do plano de ação.

Fonte: Autores (2017)

Ao observar o comparativo entre os gráficos de controle antes e após o plano de ação, percebe-se que houve redução de variabilidade do pH, onde os resultados se tornaram mais lineares e próximos ao centro da faixa de especificação (linha verde).

Ao comparar a capacidade do processo com os histogramas na figura 10 é possível notar a centralização dos resultados e a redução da variabilidade tornando os resultados mais próximos do valor nominal:

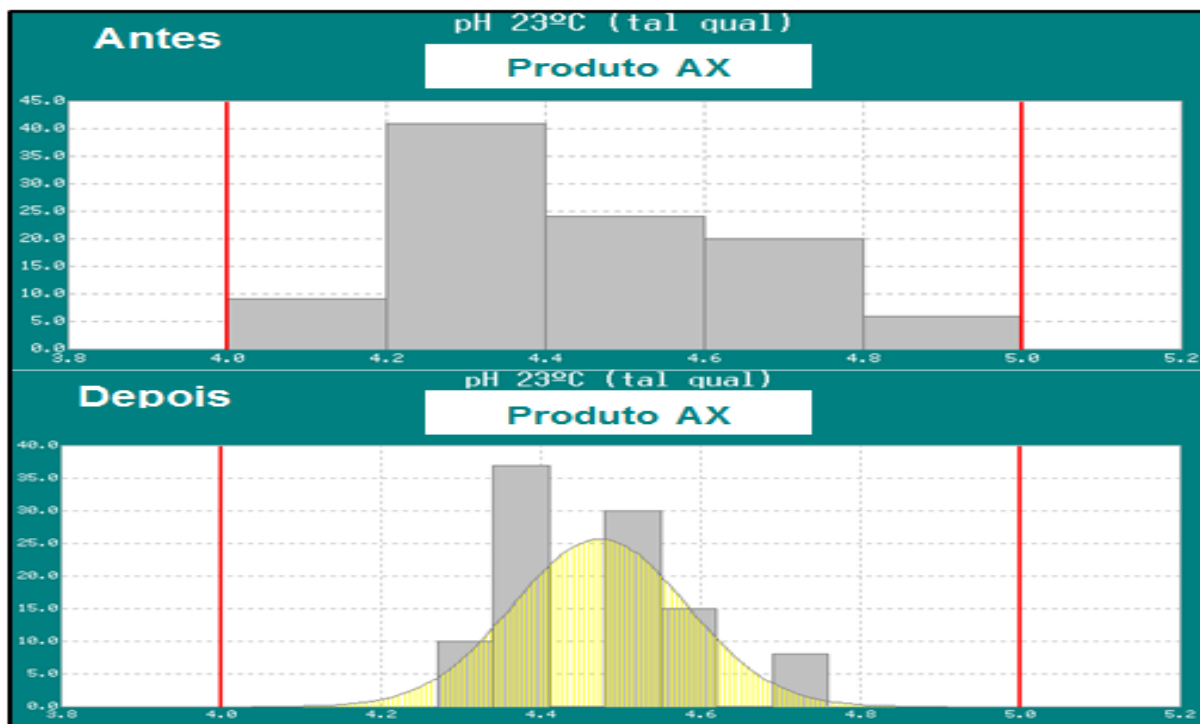


Figura 10: Histograma dos resultados de pH de 100 lotes antes e depois do plano de ação

Fonte: Autores (2017).

Quanto ao estudo de capacidade dos resultados de pH, conclui-se que houve

	Antes	Depois
Tolerância		
Val.limite sup.	5,0	5,0
Valor teórico		
Limite inferior	4,0	4,0
Resultados controle		
Valor médio	4,44	4,47
Desvio standard	0,253	0,109
Núm.valores	100	100
Amostras parc.	1	1
Capacidade		
cp	0,66	1,53
cpk	0,58	1,45

significativa melhora na repetitividade e centralização dos resultados, conforme demonstrado pelos índices Cp e Cpk, o processo passou de incapaz (<1) para capaz (>1.33), atingindo o nível sigma de processo, como é apresentado na figura 11.

Figura 11: Dados de CP e CPK dos resultados de pH de 100 lotes (antes x depois)

Fonte: Autores (2017)

Outro fator que evidencia essa melhora é a redução do desvio padrão dos resultados, que mudou de 0.253 para 0.109, o que significa resultados próximos ao valor médio da especificação.

6.8 Etapa controlar (Control)

A fim de manter o controle de processo, foi criada uma reunião mensal de *follow-up* de resultados analíticos, onde a mesma equipe multidisciplinar que atuou no projeto se reúne para realizar análise de causa raiz de qualquer desvio de qualidade encontrado nos produtos.

A figura 12 apresenta o comparativo do indicador de percentual de lotes produzidos



sem desvio de qualidade do ano de 2016 e 2017, antes e depois da implementação do projeto, que traduz os resultados obtidos.

Figura 12: Indicador - percentual de lotes produzidos sem desvios de qualidade

Fonte: Autores (2017)

O processo vem sendo controlado desde então e como pode ser visto no indicador do ano de 2017, a empresa vem alcançando a média acima de 98% até o mês de outubro, apresentando uma boa *performance* quanto ao atendimento das especificações, atendendo a meta da empresa e superando os resultados do ano de 2016 no mesmo período.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao utilizar a metodologia Seis Sigma, o presente estudo de caso teve como objetivo reduzir a não-conformidade dos produtos e aumentar a confiabilidade dos processos produtivos, alcançando assim seu principal benefício: a redução da variabilidade no processo.

Com o auxílio das ferramentas da qualidade foi possível priorizar os produtos mais críticos para o negócio e suas características com maior índice de desvios de qualidade. A partir de análises estatísticas foi possível evidenciar a influência das não conformidades sobre o processo produtivo.

Uma vez identificadas as causas-raiz dos problemas de qualidade dos produtos mais críticos para o negócio, as não conformidades foram eliminadas a partir de um plano de ação. Possíveis reincidências serão evitadas a partir de ações de controle.

Ao final da aplicação da metodologia Seis Sigma, foram encontrados resultados satisfatórios, propiciando o aumento da competitividade do negócio e redução de custos para que a planta produtiva do Brasil se torne mais atrativa e rentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTÓNIO, N.; TEIXEIRA, A.; ROSA, Á. **Gestão da qualidade**: De Deming ao modelo de excelência da EFQM. 2 ed Lisboa, 2016.

BOCCI, Gisele Santos. **Gestão por processos e lean manufacturing associada a controle estatístico de processo online em uma indústria de produtos empanados a base de frango**. Dissertação de mestrado UFSM. Santa Maria, RS, 2007.

CARPINETTI, L. C. R.. **Gestão da Qualidade**: Conceitos e técnicas. 3 ed. - São Paulo: Atlas 2016.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade total: teoria e casos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

WERKEMA, Cristina. **Lean Seis Sigma**: introdução às ferramentas do lean manufacturing. 2ed – Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.