

JOSE GUILHERME ARITA

**REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS E OTIMIZAÇÃO DA
LINHA DE PRODUÇÃO POR MEIO DE UM PROJETO
*LEAN SIX SIGMA***



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
2018**

REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS E OTIMIZAÇÃO DA LINHA DE PRODUÇÃO POR MEIO DE UM PROJETO *LEAN SIX SIGMA*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Faculdade de Engenharia
Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para a
obtenção do título de **BACHAREL EM ENGENHARIA MECATRÔNICA**

Área de Concentração: Gestão dos Sistemas de Produção

Orientador: Prof. Dr. Wisley Falco Sales

**UBERLÂNDIA – MG
2018**

AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha vida, saúde e proteção.

À minha família, meu porto seguro e base de todos os valores e educação.

À empresa e seus colaboradores na qual este trabalho foi desenvolvido, que me auxiliam e contribuem para o meu crescimento profissional e pessoal.

Ao meu professor orientador Dr. Wisley Falco Sales que me acompanhou e conduziu durante este trabalho e outros projetos;

A todos os professores que levam a sério suas profissões de não apenas ensinar mas educar!

À empresa júnior, Meta Consultoria, projeto de extensão da faculdade e às pessoas que por ali passaram, que contribuíram para meu desenvolvimento profissional e pessoal.

Aos meus amigos, colegas e companheiros de curso que me ajudaram nesta caminhada.

ARITA, J. G. **REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS E OTIMIZAÇÃO DA LINHA DE PRODUÇÃO POR MEIO DE UM PROJETO *LEAN SIX SIGMA***. 2018. Monografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.

Resumo

Para mil sementes de soja, a variação no peso pode ultrapassar 100g, gerando, portanto, para sacos de produto acabado, que devem conter uma quantidade fixa de sementes e não de peso, uma variação de até 25% em peso, abrindo assim uma grande oportunidade para atuação na eliminação de desperdícios e otimização da linha de produção, ao mesmo tempo em que se mantém a qualidade esperada do produto. O projeto em questão, portanto, visa demonstrar que a adoção de uma metodologia formal de trabalho, no caso o *lean six sigma*, para definir e implementar um projeto de melhoria contínua da cadeia produtiva, pode trazer ganhos significativos em termos de performance e principalmente lucratividade. Para tanto, foi proposto um projeto em uma empresa do ramo agrícola produtora de sementes de soja, de mudança no processo de ensaque do produto acabado, de forma a reduzir os desperdícios com variações do peso do saco.

Palavras Chave: Gestão. *Lean Six Sigma*. Soja. Desperdícios.

ARITA, J. G. **REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS E OTIMIZAÇÃO DA LINHA DE PRODUÇÃO POR MEIO DE UM PROJETO *LEAN SIX SIGMA***. 2018. Monography, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.

Abstract

For one thousand soybean seeds, the weight variation can go beyond 100g, which generates finished goods, that must contain a fixed quantity of seeds, not weight, a variation of up to 25% in weight. This weight variation leaves an opportunity to reduce wastes and optimize production processes whilst quality for the final customer is maintained. Thus, this work aims to prove, that by adopting a formal methodology of work, in this case the lean six sigma, to define a continuous improvement of the productive chain project, can result in significant earnings in performance and profitability. To do so, a lean six sigma project was proposed in an agricultural industry company that produces soybean seeds, where the main solution implanted was the evaluation of the packing process to reduce the wastes with weight variation.

Keywords: Management. Lean Six Sigma. Soybean. Wastes..

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Gráfico de distribuição de probabilidade (fonte: o autor).....	18
Figura 2.2. Gráfico de distribuição de probabilidade (fonte: o autor).....	18
Figura 2.3. Comparação entre os dois gráficos de distribuição de probabilidade com mesma média e diferentes desvios padrão (fonte: o autor).	19
Figura 2.4. Estrutura básica de uma ferramenta VOC (fonte: o autor).....	20
Figura 2.5. Diagrama SIPOC (fonte: o autor).	20
Figura 2.6. Mapa do processo 1 do SIPOC (fonte: o autor).	21
Figura 2.7. Diagrama de Ishikawa, também conhecido por diagrama de causa e efeito (fonte: o autor).....	22
Figura 2.8. Matriz de Esforço x Impacto (fonte: o autor).	23
Figura 2.9. Gráfico de Séries Temporais - variável X, tempo em dias e Y porcentagem de desclassificados (fonte: o autor).....	24
Figura 2.10. Gráfico de Pareto: variável X, motivos dos problemas relatados; Variável Y esquerda, média de problemas; Variável Y direita, percentual acumulado de média de problemas (fonte: o autor).	25
Figura 2.11. Histograma tamanho das emendas (fonte: o autor).	25
Figura 2.12. Box Plot de Solda Fraca. O ponto superior é o máximo valor, o ponto inferior é o mínimo valor, a parte superior da barra é o terceiro quartil, a parte inferior da barra é o primeiro quartil e a linha na barra é a mediana. (fonte: o autor).	26
Figura 2.13. Guia para elaboração do FMEA (fonte: o autor).	27
Figura 2.14. Mapa de análise estatística. Algumas ferramentas não foram apresentadas anteriormente. Serão, entretanto, caso utilizadas, apresentadas, como as demais ferramentas (fonte: o autor).	28
Figura 2.15. Diagrama de árvore exemplificando como o objetivo macro do projeto é quebrado em objetivos menores de forma que se transforme o intangível em tangível (fonte: o autor).....	28
Figura 2.16. O que são as letras do plano de ação 5W2H (fonte: o autor).	29
Figura 2.17. Carta de Controle para a variável número de ocorrências (média) por amostra. Podemos observar que as amostras 1 e 5 estão fora das especificações, enquanto as amostras 2, 3 e 4 estão dentro das especificações (fonte: o autor). ...	30
Figura 2.18. Os cinco sentidos - 5S (fonte: o autor).....	31

Figura 2.19. Os 8 (oito) desperdícios (fonte: o autor).....	33
Figura 4.20. Fluxograma de subetapas e atividades desenvolvidas na fase Define (fonte: próprio autor).....	39
Figura 4.21. Descrição e definição do problema (fonte: próprio autor).....	40
Figura 4.22. Quantidade de sacos de sementes de soja analisados por ano, desde 2015 (fonte: o autor).....	40
Figura 4.23. Ferramenta Voz do Cliente (VOC), preenchida de acordo com as necessidades do projeto (fonte: o autor).....	41
Figura 4.24. Forma visual do escopo do projeto, evidenciando a atuação em processos e custos de produção (fonte: o autor).	44
Figura 4.25. Esquema visual da analogia da filtragem das causas potenciais levantadas inicialmente na fase de definição (fonte: o autor).....	46
Figura 4.26. Subetapas e atividades da fase de Medição (fonte: o autor).	46
Figura 4.27. Mapa do processo de análise de viabilidade de produção (fonte: o autor).	47
Figura 4.28. Diagrama de Ishikawa relacionando as causas em forma de oportunidades de ação para o efeito observado de alto custo de produção (fonte: o autor).....	48
Figura 4.29. Relação de sinergia entre as ferramentas Diagrama de Ishikawa e Matriz de Causa & Efeito (fonte: o autor).	49
Figura 4.30. Matriz de Esforço x Impacto considerando-se as variáveis de entradas relacionadas na Matriz de Causa & Efeito anterior (fonte: o autor).....	51
Figura 4.31. Variáveis priorizadas após filtragem pelas ferramentas do Diagrama de Ishikawa, Matriz de Causa & Efeito e Matriz de Esforço x Impacto (fonte: o autor).	52
Figura 4.32. Gráfico Boxplot do indicador da qualidade do produto "peso de mil sementes" (fonte: o autor).....	53
Figura 4.33. Histograma com ajuste de curva normal para os dados da qualidade de "peso de mil sementes" (fonte: o autor).	54
Figura 4.34. Teste de normalidade para os dados de qualidade do produto de "peso de mil sementes", evidenciando o Valor-P superior a 0,15, que é maior que 0,05, valor limítrofe para considerar que os dados assumem distribuição normal (fonte: o autor).	55
Figura 4.35. Hierarquia entre causas e etapas (fonte: o autor).	56

Figura 4.36. Subetapas e atividades a serem desenvolvidas na etapa de Análise (fonte: o autor).....	56
Figura 4.37. Evolução na finalidade das ferramentas utilizadas nos projetos six sigma (fonte: o autor).....	57
Figura 4.38. Etapas e atividades da fase de Melhoria (fonte: o autor).	61
Figura 4.39. Diagrama de Árvore para ações a serem tomadas (fonte: o autor).	62
Figura 4.40. Processos e atividades da etapa de Controle (fonte: o autor).....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Matriz de Causa e Efeito (fonte: o autor).....	23
Tabela 2.2. Tabela padrão para elaboração do FMEA (fonte: o autor).	27
Tabela 2.3. Matriz de Priorização exemplificando o sistema de pontuação para cada solução proposta (fonte: o autor).	29
Tabela 4.4. O SIPOC é uma ferramenta que analisa, em nível alto, os processos envolvidos no problema, especialmente após direcionamento apresentado pela ferramenta VOC (Voz do Cliente). Aqui estão relacionados os seis principais processos envolvidos como direcionadores pela VOC e geradores das características críticas.	42
Tabela 4.5. Representação do contrato do projeto em questão (fonte: o autor).	45
Tabela 4.6. Matriz de Causa e efeito relacionado as causas levantadas anteriormente e as variáveis de entrada identificadas no Mapa do Processo (fonte: o autor).	50
Tabela 4.7. Estatísticas descritivas para os dados da qualidade de “peso de mil sementes” (fonte: o autor).	54
Tabela 4.8. FMEA parte 1: da identificação da etapa à definição do grau de severidade da falha (fonte: o autor).	58
Tabela 4.9. FMEA parte 2: efeitos e controles de falha atuais (fonte: o autor).....	59
Tabela 4.10. FMEA parte 3: efeitos e causas (fonte: o autor).	59
Tabela 4.11. FMEA parte 4: escores finais dos efeitos (fonte: o autor).....	60
Tabela 4.12. Plano de ação elaborado com base na ferramenta 5W2H (fonte: o autor).	63
Tabela 4.13. Resultados alcançados, comparando-se com a meta esperada (fonte: o autor).....	65
Tabela 4.14. Ações necessárias posteriores à implementação do projeto.....	66

LISTA DE ABREVIATURAS

DMAIC: *Define, measure, analyze, improve and control* (definir, medir, analisar, melhorar, controlar);

VOC: *Voice of customer* (voz do cliente);

SIPOC: *Suppliers, inputs, processes, outputs, customers* (fornecedores, entradas, processos, saídas, clientes);

FMEA: *Failure mode effect analysis* (análise de modo de falha e efeitos);

5S: Cinco sentidos;

PDCA: *Plan, do, check, act* (planejar, fazer, checar, agir).

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	13
INTRODUÇÃO	13
OBJETIVO GERAL	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
JUSTIFICATIVA	15
CAPÍTULO II	17
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1. A METODOLOGIA SEIS SIGMA	17
2.1.1. Voz do Cliente (VOC)	19
2.1.2. Fornecedores, Entradas, Processos, Saídas e Clientes (SIPOC)	20
2.1.3. Contrato do Projeto (<i>Project Charter</i>)	21
2.1.4. Mapa de Processo	21
2.1.5. Diagrama de Ishikawa	22
2.1.6. Matriz de causa e efeito	22
2.1.7. Matriz de Esforço x Impacto	23
2.1.8. Gráfico de Séries Temporais	24
2.1.9. Gráfico de Pareto	24
2.1.10. Histograma	25
2.1.11. Box Plot	26
2.1.12. <i>Failure Mode and Effect Analysis – FMEA</i>	26
2.1.13. Mapa de Análise Estatística	28
2.1.14. Diagrama de Árvore	28
2.1.15. Matriz de Priorização	29
2.1.16. Plano de Ação 5W2H	29
2.1.17. Cartas de Controle	30
2.1.18. Procedimento Operacional Padrão – POP	30
2.1.19. Conceitos Estatísticos: população e amostra	30
2.1.20. Conceitos Estatísticos: estatística descritiva	31
2.1.21. Conceitos Lean Manufacturing: Princípios do 5S	31
2.1.22. Conceitos Lean Manufacturing: <i>Kaizen</i>	32
2.1.23. Conceitos Lean Manufacturing: <i>Poka-Yoke</i>	32
2.1.24. Conceitos <i>Lean Manufacturing</i> : os 8 (oito) desperdícios	32
2.1.25. Conceitos <i>Lean Manufacturing</i> : Valor Agregado	33

CAPÍTULO III	34
METODOLOGIA	34
CAPÍTULO IV	37
RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1. Apresentação do Problema	38
4.2. Fase D (DMAIC) – <i>Define</i>	39
4.3. Fase M (DMAIC) – <i>Measure</i>	45
4.4. Fase A (DMAIC) – <i>Analyze</i>	56
4.5. Fase I (DMAIC) – <i>Improve</i>	61
4.6. Fase C (DMAIC) – <i>Control</i>	64
Capítulo V	68
COMENTÁRIOS GERAIS E CONCLUSÕES	68
5.1. Estado atual	68
5.2. Estado futuro/desejado	69
5.3. Comentários gerais	69
5.4. Conclusões	70
Referências Bibliográficas	72

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), de todas as terras agricultáveis do Brasil, 48% delas são destinadas ao manejo da soja, que corresponde, em volume, a aproximadamente 30% de toda a produção mundial, configurando o Brasil como segundo maior produtor mundial de soja, atrás apenas dos Estados Unidos da América.

Ainda segundo o CONAB (2018), a soja, para o Brasil, é o produto que ocupa a posição número um no que tange a exportação, gerando uma receita aproximada de US\$25 bilhões. Toda esta exportação representa 55% do volume produzido pelo país, sendo ainda 4% destinados aos estoques e 41% destinados à industrialização. Destes 41%, 78% é destinado à alimentação humana ou animal e 22% é destinado à extração de óleo.

O que se tem, portanto, representado pela soja, é um produto de grande importância para a economia brasileira e mais ainda, mundial, residindo aí uma das grandes motivações para empresas, investirem em todos os produtos e em todas as ramificações da cadeia produtiva da soja.

Enquanto consumidores da sociedade capitalista, podemos facilmente observar algumas mudanças no mundo, especialmente quando se faz interface com

o desenvolvimento tecnológico. Por exemplo, o acesso à informação através da globalização deslocou o consumidor e cliente ao centro das atenções, mudando totalmente o modo com o qual as empresas desenvolvem seus produtos e mais ainda, seus modelos de negócios. Neste contexto, talvez uma das consequências mais relevantes para as empresas, é a de que não há mais espaços para erros, tornando a busca pela excelência operacional obrigatória para manter as companhias competitivas frente aos outros *players* do mercado (CAMPOS, 1992).

Em meio a esta busca pela melhoria contínua, surge uma metodologia de trabalho altamente disciplinada, estatística e efetiva de conduzir projetos de melhoria contínua com pouco ou nenhum investimento, utilizando-se de dados e informações dos próprios processos (CARVALHO, et al., 2005). Em suma, a metodologia *lean six sigma* se propõe a focar e desenvolver melhorias para que a variabilidade dos processos envolvidos diminuam.

Esta metodologia de trabalho, embora utilize uma forma de análise única, denominada DMAIC, pode muito bem ser comparada com outras metodologias igualmente conhecidas pelo mercado e tão consagradas quanto, como é o caso do PDCA.

Deste modo, sabendo da importância do agronegócio para o Brasil, mais especificamente falando, do comércio de sementes de soja, e ainda da orientação para resultados do *lean six sigma*, que reduz o desperdício e a variabilidade de algum processo falho, aumentando, por consequência, o lucro das empresas, este trabalho une estes dois pontos para entregar um projeto baseado na metodologia *lean six sigma* desenvolvido e implementado em uma empresa do ramo agrícola produtora de sementes de soja, no qual o objetivo foi o de melhorar a sustentabilidade financeira do seu produto, as sementes de soja.

As sementes de soja são organismos vivos sujeitos a variações de peso, que muito embora seja praticamente imperceptível de uma semente para outra, quando se fala em uma produção de milhões de toneladas, esta diferença é ressaltada, se tornando significativa. Como o produto acabado desta empresa é ensacado por peso fixo, garante-se apenas a quantidade em peso de produto, o que se torna altamente inviável para o cliente final, dado que sua necessidade é de número de sementes e não de peso. Desta forma, quando o cliente compra um produto desta empresa, não

é possível saber quantas sementes exatamente ele esta recebendo, tornando o planejamento do plantio, ou seja, o uso do produto, altamente incerto.

O projeto *lean six sigma* desenvolvido neste trabalho foi o de, após estudo de todos os processos produtivos da empresa relacionados ao time de Planejamento, passando-se por toda a metodologia DMAIC proposta pelo *lean six sigma*, implementar uma solução de mudança no ensaço do produto de forma que o cliente soubesse, então, exatamente quanto produto (no caso quantas sementes de soja) ele estaria recebendo e pagando por.

OBJETIVO GERAL

Este projeto de fim de curso tem por objetivo geral a proposição de um projeto de melhoria do processo produtivo de uma empresa do ramo agrícola, produtora de sementes, de forma que os ganhos financeiros existam e sejam notáveis, através do uso da metodologia *lean six sigma*.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Apresentar ao leitor como a metodologia *lean six sigma* está presente no trabalho do engenheiro e qual o seu papel na gestão de uma empresa;
- b. Apresentar como a atuação do engenheiro pode ser um diferencial competitivo às empresas;
- c. Apresentar os benefícios de adoção de uma metodologia formal de trabalho.

JUSTIFICATIVA

Projetos de melhoria de processos são muito bem quistos por qualquer organização porque garantem melhores níveis de qualidade, segurança, entregas nos locais e prazos corretos e principalmente menores custos, a um baixo nível de investimento. Aliando-se então uma metodologia que busca reduzir a variabilidade de um processo com práticas e ferramentas do *lean manufacturing*, que é uma filosofia

de gestão, temos um instrumento altamente eficaz e poderoso em termos de garantir os pontos citados acima a, também, um baixo nível de investimento.

Já entrando mais no escopo do projeto deste trabalho, decidiu-se por realizar um projeto *lean six sigma* nos processos produtivos de uma empresa, dentro da área de planejamento e controle da produção, que envolve dados e informações de qualidade, estimativa de produção e compra de insumos e matérias prima. Para tanto, este projeto de fim de curso apresenta as etapas de análise e desenvolvimento, como a seguir:

No capítulo 2, apresenta-se uma revisão bibliográfica, discutindo-se os principais conceitos envolvidos na metodologia *lean six sigma*. Além disto, engloba-se também neste capítulo, conceitos e definições estatísticas utilizadas no projeto. Por último, analisa-se conceitos e definições da metodologia *lean manufacturing*.

Em seguida, no Capítulo 3, discorre-se, brevemente, sobre a metodologia utilizada para análise e desenvolvimento do projeto.

O capítulo 4 apresenta o escopo proposto para o desenvolvimento do projeto, alvo deste trabalho. Faz-se uma análise através de todas as etapas da metodologia *lean six sigma*, percorrendo-se o ciclo *DMAIC* (acrônimo para *Define, Measure, Analyze, Improve, Controle*, em português, definição, medição, análise, melhoramento, controle, apresentando-se os resultados obtidos).

No Capítulo 5 estão registrados os comentários gerais do projeto, seguidos pelas conclusões, apresentadas no capítulo 6.

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este Capítulo apresenta a revisão bibliográfica de todos os conceitos, definições e termos abordados neste trabalho e que serão úteis para análises, discussões dos resultados encontrados e entendimento geral para o leitor. Inicialmente trata-se das ferramentas do *six sigma* e em seguida apresenta-se conceitos de estatística que são utilizados para desenvolvimento das análises. Posteriormente apresenta-se as ferramentas do *lean manufacturing* utilizadas no escopo do projeto.

2.1. A METODOLOGIA SEIS SIGMA

Elaborando-se um gráfico de qualidade de um processo ou produto, pela probabilidade deste certo evento acontecer, ou seja, um gráfico de distribuição de probabilidade, caso esta variável tenha um comportamento normal, que é requisito

para o desenvolvimento de projetos *lean six sigma*, pode-se observar, como exemplo, o seguinte comportamento apresentado pela figura 1.

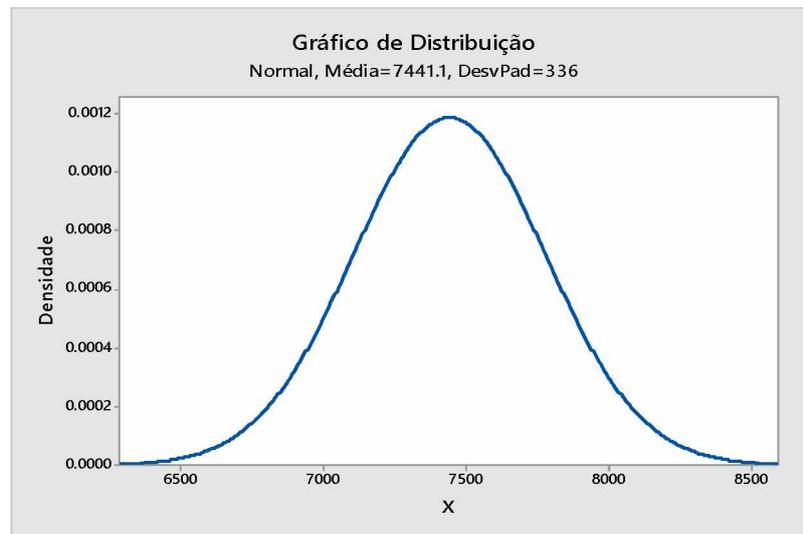


Figura 2.1. Gráfico de distribuição de probabilidade (fonte: o autor).

Deste modo, o *lean six sigma* é uma metodologia que visa, por meio de diversas ferramentas, reduzir a variabilidade de um certo processo ou ocorrência de evento em certo produto (GULATI, 2013). Visualmente discutindo, com base na figura 2.1, pode-se dizer que o *lean six sigma* visa o achatamento da base do sino da distribuição normal, ou seja, que um processo tenha uma média da população centrada no valor nominal da especificação e que os limites de especificação estejam distantes seis níveis de desvios padrão da média (HILSDORF, 2000), como pode ser exemplificado pela figura 2.2.

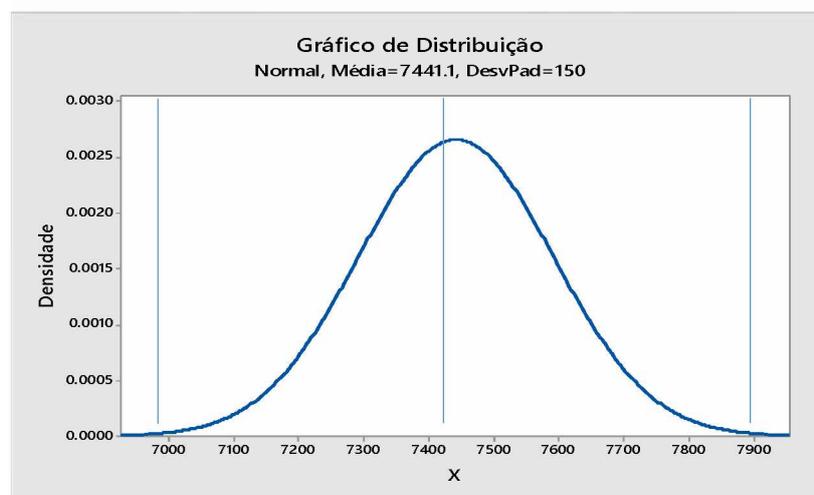


Figura 2.2. Gráfico de distribuição de probabilidade (fonte: o autor).

Na figura 2.3 apresenta-se os dois gráficos de distribuição de probabilidade sobrepostos para finalidade de comparação da redução da variabilidade de ocorrência de um determinado evento.

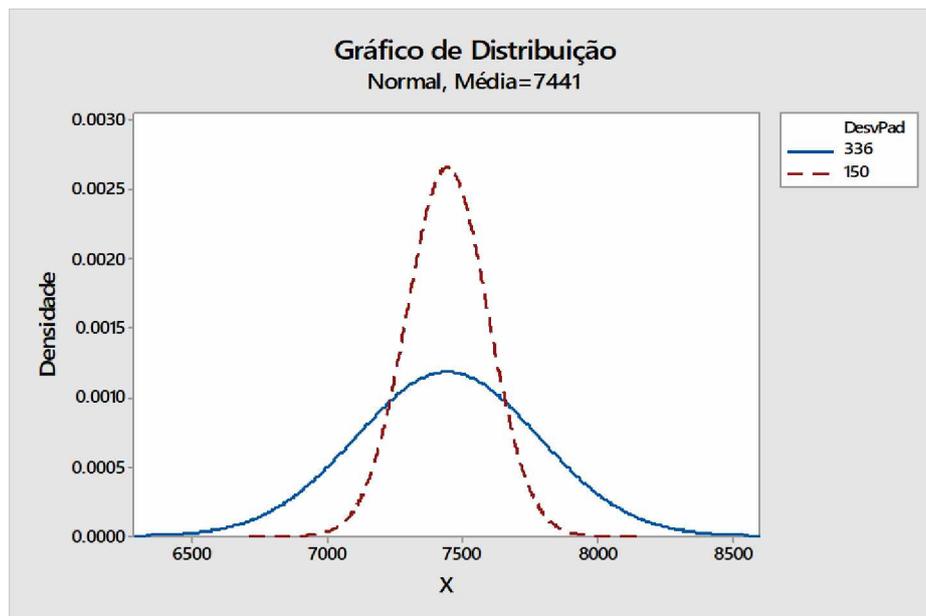


Figura 2.3. Comparação entre os dois gráficos de distribuição de probabilidade com mesma média e diferentes desvios padrão (fonte: o autor).

Deste modo, inclusive como parte integral de um projeto *lean six sigma*, definir-se-á posteriormente o escopo bem como o processo alvo de redução de variabilidade. Assim, segue-se com a apresentação das ferramentas utilizadas.

2.1.1. Voz do Cliente (VOC)

O VOC (*Voice of Customer*) é usado no *lean six sigma* para identificar os principais clientes do projeto, de modo que seja possível clarear, também, as principais necessidades e expectativas envolvidas. É através dele que grande parte da relevância do projeto é definida. A figura 2.4 apresenta a estrutura geral de uma ferramenta VOC.

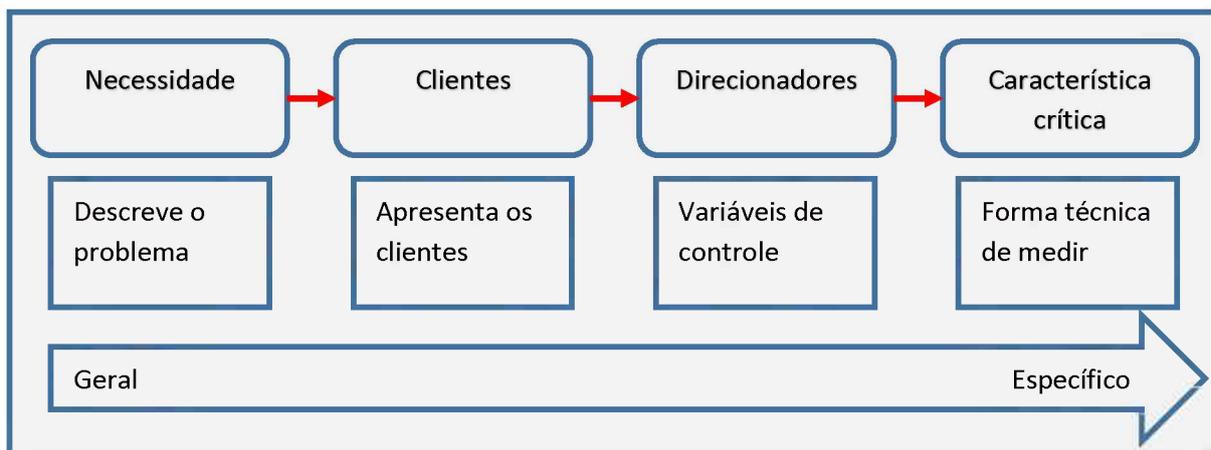


Figura 2.4. Estrutura básica de uma ferramenta VOC (fonte: o autor).

2.1.2. Fornecedores, Entradas, Processos, Saídas e Clientes (SIPOC)

O SIPOC, acrônimo para, em português, fornecedores, entradas, processos, saídas e clientes, é um diagrama cuja finalidade é mapear o processo gerador do problema. Por exemplo, o processo de compra de insumos envolve os processos de cadastro dos fornecedores, lançamento da ordem de compra, faturamento da ordem de compra, e etc.

Como o próprio nome diz, fornecedores são quem fornecem os recursos para o processo, as entradas são os recursos que afetam o processo, o processo são as atividades específicas que transformam os recursos, as saídas são os recursos transformados e os clientes são quem recebem as saídas de cada processo. Na figura 2.5 apresenta-se, em linhas gerais, um diagrama SIPOC.

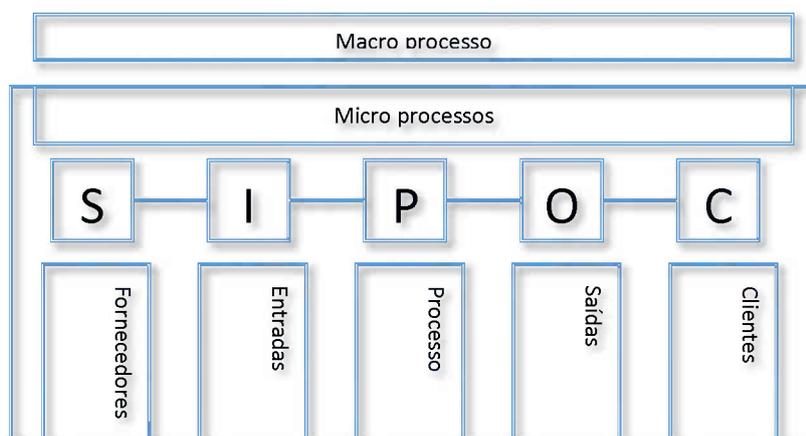


Figura 2.5. Diagrama SIPOC (fonte: o autor).

2.1.3. Contrato do Projeto (*Project Charter*)

O Project Charter é o contrato do projeto. É nele que estarão documentadas as informações iniciais do projeto, tais como descrição, a meta do projeto, os resultados esperados, o escopo, a equipe que executará o projeto, o cronograma e a aprovação. Deste modo, tem-se formalizado as informações iniciais, nas quais, principalmente, a meta, deve estar descrita de forma explícita (LINDERMAN, 2003). Não há modelo fixo de *Project Charter* contanto que grande parte das informações citadas acima estejam no documento.

2.1.4. Mapa de Processo

Uma vez definido o processo alvo de atuação para melhoria por meio do *SIPOC*, procede-se com a elaboração do Mapa de Processo, que é uma ilustração gráfica na qual o objetivo é definir claramente quais são as etapas que agregam valor (alvo de melhoria contínua) e as etapas que não agregam valor (alvo de projetos de redução de desperdício). O mapa de processo fornece detalhes sobre os subprocessos identificados no *SIPOC*. Na figura 2.6 apresenta-se um modelo de Mapa de Processo em termos gerais.

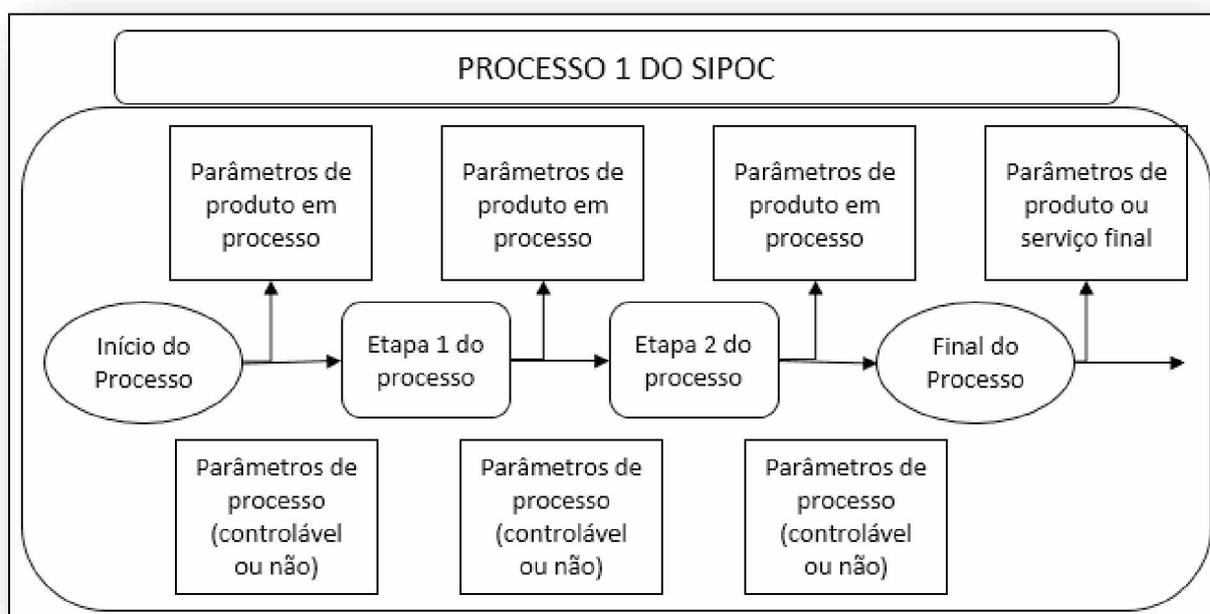


Figura 2.6. Mapa do processo 1 do SIPOC (fonte: o autor).

2.1.5. Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa também é conhecido por diagrama de causa e efeito porque apresenta um modelo visual de identificar as causas para um determinado efeito gerador do problema (ISHIKAWA, 1985). É altamente eficaz quando elaborado em conjunto com os envolvidos nos processos e geralmente segue a categorização de acordo com o método 6M (material, mão de obra, meio ambiente, máquina, medida, método) (DHILLON, 2005). Na figura 2.7 apresenta-se um modelo de diagrama de Ishikawa.

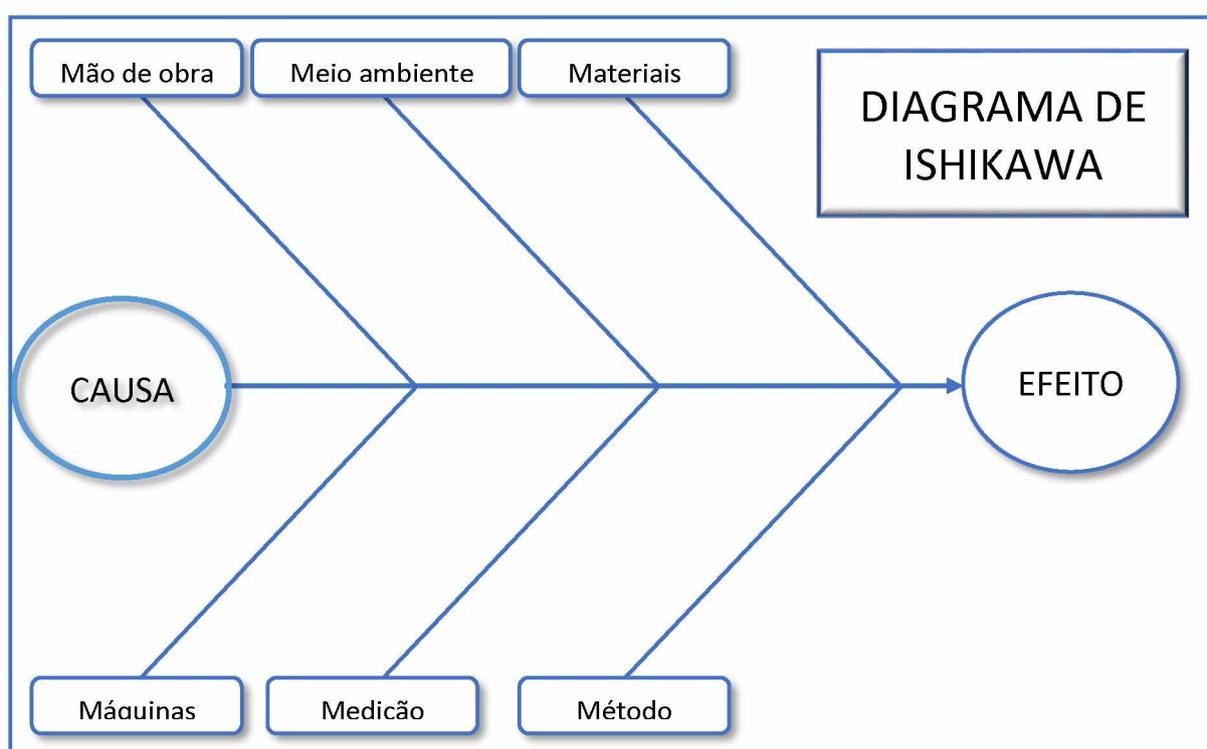


Figura 2.7. Diagrama de Ishikawa, também conhecido por diagrama de causa e efeito (fonte: o autor).

2.1.6. Matriz de causa e efeito

A Matriz de Causa e Efeito, apesar de possuir finalidade semelhante ao diagrama de causa e efeito, ou Diagrama de Ishikawa, apresenta o diferencial de quantificar as causas e os efeitos, ou seja, a saída da Matriz, é um *score* para o quanto cada causa está correlacionada com os efeitos analisados. Na tabela 2.1 mostra-se um modelo de Matriz de Causa e Efeito.

Tabela 2.1. Matriz de Causa e Efeito (fonte: o autor).

	Saída 1	Saída 2	Saída 3	Score
Peso	10	8	5	
Entrada 1				
Entrada 2				
Entrada 3				
Entrada 4				
Entrada 5				
Entrada ...				

5: Correlação Forte
3: Correlação Moderada
1: Correlação Fraca
0: Correlação Ausente

2.1.7. Matriz de Esforço x Impacto

A Matriz de Causa e Efeito é complementada pela Matriz de Esforço x Impacto porque é a partir da segunda que começa-se a priorizar as causas a serem tratadas no sentido de conciliar a causa (Matriz de Causa e Efeito) e impacto a baixo esforço (Matriz de Esforço x Impacto). Deste modo, todas as entradas, ou pelo menos as com maior score na Matriz de Causa e Efeito, são organizadas de acordo com o esforço para serem tratadas e o impacto que gerarão quando tratadas. Na figura 2.8 apresenta-se um modelo de Matriz de Esfoço x Impacto.



Figura 2.8. Matriz de Esforço x Impacto (fonte: o autor).

2.1.8. Gráfico de Séries Temporais

O Gráfico de Series Temporais é um gráfico que relaciona duas variáveis nos eixos da abscissa e ordenada, sendo X a variável tempo. Dele é possível observar o comportamento da variável Y ao longo do tempo, identificando tendências, sazonalidades e variações. Na figura 2.9 apresenta-se um exemplo de gráfico de séries temporais.



Figura 2.9. Gráfico de Séries Temporais - variável X, tempo em dias e Y porcentagem de desclassificados (fonte: o autor).

2.1.9. Gráfico de Pareto

O Gráfico de Pareto é uma ferramenta que auxilia na priorização de problemas porque classifica os dados segundo ocorrência do evento e probabilidade percentual acumulada. Segundo o princípio de Pareto, 80% dos problemas estão relacionados a 20% das causas (GULATI, 2013). Ou seja, se fizermos um gráfico de ocorrência de problemas e priorizarmos 20% das causas que mais representam ocorrência de problemas, estaremos eliminando o problema em 80%, aproximadamente. Na figura 2.10 apresenta-se um modelo de gráfico de Pareto.

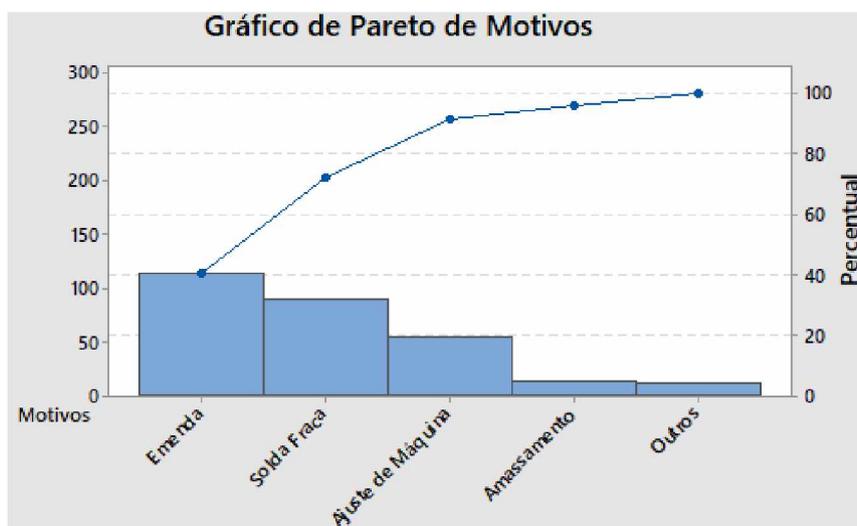


Figura 2.10. Gráfico de Pareto: variável X, motivos dos problemas relatados; Variável Y esquerda, média de problemas; Variável Y direita, percentual acumulado de média de problemas (fonte: o autor).

2.1.10. Histograma

Um histograma também é conhecido por gráfico de distribuição de frequências, que é a representação gráfica de um conjunto de dados tabulados e divididos em classes uniformes (MAZINI, et al., 2010). As séries do eixo X representam as classes discretas e a altura das barras a frequência de ocorrência do evento de determinada classe (MAZINI, et al., 2010). Na figura 2.11 apresenta-se um modelo de histograma.

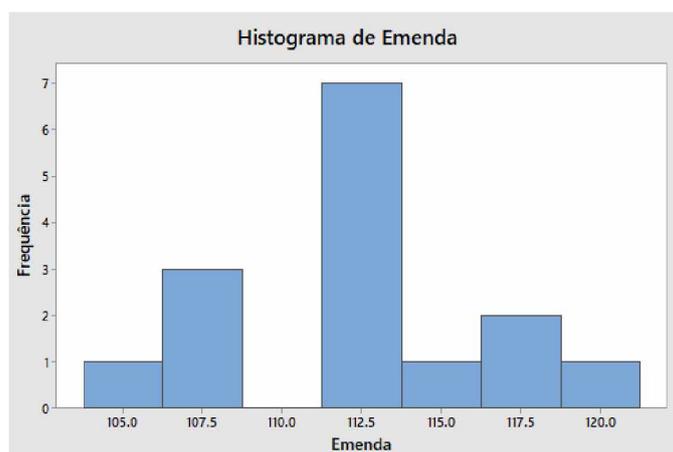


Figura 2.11. Histograma tamanho das emendas (fonte: o autor).

2.1.11. Box Plot

O Box Plot é uma representação gráfica e visual dos parâmetros estatísticos de determinada amostra. Através do Box Plot é possível observar valores máximos, mínimos, quartis, mediana, média, *outlier*, entre outros. É útil porque permite identificar de maneira rápida visual a dispersão dos dados, a amplitude, simetria da distribuição, presença de *outliers*, etc. Na figura 2.12 apresenta-se um modelo de Box Plot.

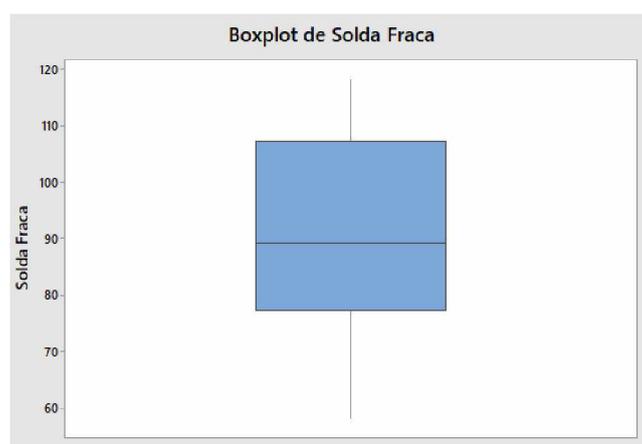


Figura 2.12. Box Plot de Solda Fraca. O ponto superior é o máximo valor, o ponto inferior é o mínimo valor, a parte superior da barra é o terceiro quartil, a parte inferior da barra é o primeiro quartil e a linha na barra é a mediana. (fonte: o autor).

2.1.12. Failure Mode and Effect Analysis – FMEA

Em português, FMEA é Análise de Modos de Falha e seus Efeitos e, como o próprio nome diz, é uma ferramenta cujo objetivo é identificar, hierarquizar e prevenir as falhas de determinado processo (DHILLON, 2005). Para tanto, classifica-se as falhas, seus efeitos e descreve-se ações necessárias para a mitigação dos riscos. Na figura 2.13 apresenta-se um guia para elaboração do FMEA e, em seguida, na tabela 2.2, mostra-se um modelo de FMEA.

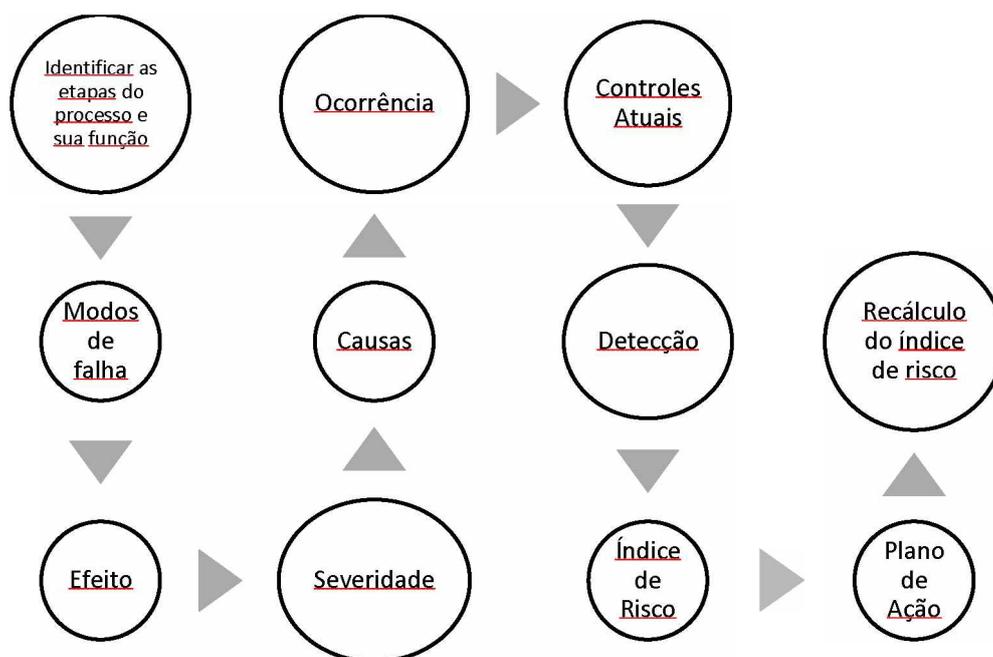


Figura 2.13. Guia para elaboração do FMEA (fonte: o autor).

Tabela 2.2. Tabela padrão para elaboração do FMEA (fonte: o autor).

Etapa do Processo	Função e Requisitos	Modo de Falha	Efeito	Severidade	Causas	
Etapa X	Qual é a função da Etapa? Quais são seus requisitos?	Quais são os erros que podem ocorrer?	Qual é a consequência da falha?	Em número, qual é a severidade do efeito causado?	Quais são as causas conhecidas associadas às falhas?	
Ocorrência	Controles Atuais	Detecção	Índice de Risco	Ação Recomendada	Ação Tomada	Responsável
Quantificação da probabilidade de ocorrência da falha.	O que é feito atualmente para impedir a ocorrência do problema?	Qual a probabilidade de detectar a falha?	Severidade X Ocorrência X Detecção	Qual é a ação recomendada?	Qual foi a ação tomada?	Quem foi o responsável pela ação tomada?

2.1.13. Mapa de Análise Estatística

O mapa de análise estatística nada mais é do que um guia para qual ferramenta devemos utilizar de acordo com os dados de entrada e saída que serão estudados. Na figura 2.14 apresenta-se um modelo de mapa de análise estatística.

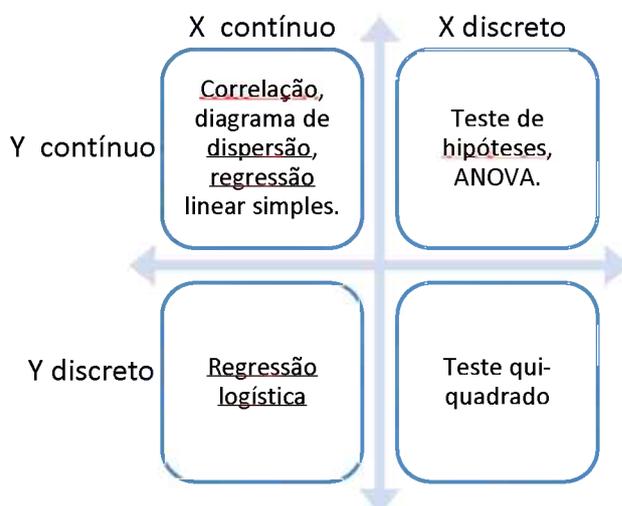


Figura 2.14. Mapa de análise estatística. Algumas ferramentas não foram apresentadas anteriormente. Serão, entretanto, caso utilizadas, apresentadas, como as demais ferramentas (fonte: o autor).

2.1.14. Diagrama de Árvore

O diagrama de árvore é uma ferramenta utilizada para organizar as ideias de propostas de melhorias para o projeto porque podemos, a partir do objetivo principal, detalhar caminhos a serem percorridos para executar ações menores e correlatas. Na figura 2.15 apresenta-se o modelo de diagrama de árvore.

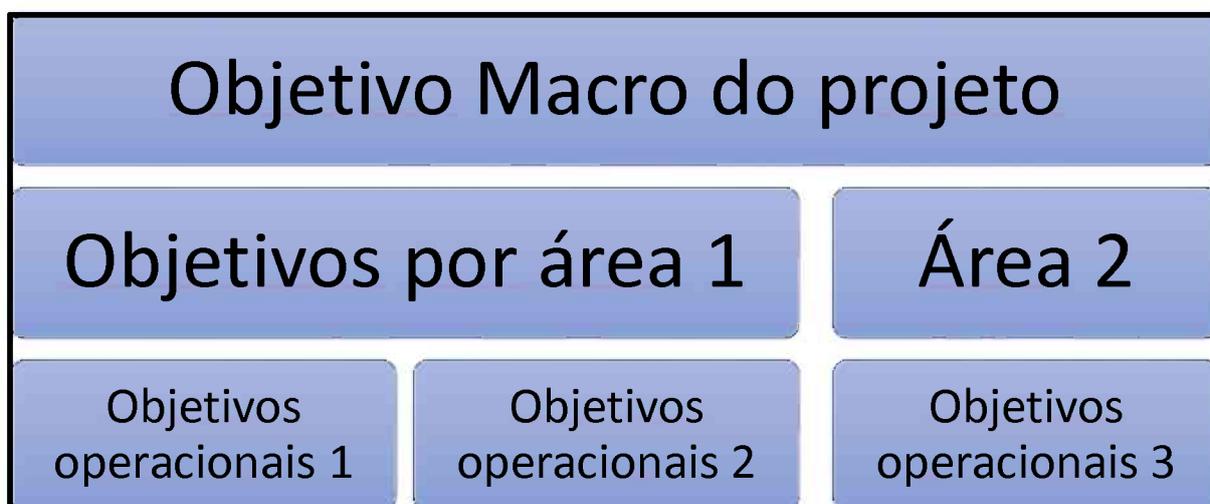


Figura 2.15. Diagrama de árvore exemplificando como o objetivo macro do projeto é quebrado em objetivos menores de forma que se transforme o intangível em tangível (fonte: o autor).

2.1.15. Matriz de Priorização

Uma vez levantado todas as possíveis ações de melhoria com o Diagrama de Árvore e *Brainstorm*, devemos priorizá-las a fim de não se desenvolver um plano de ação muito robusto, complexo e inchado. Para tanto, utiliza-se a matriz de priorização que é uma matriz na qual atribui-se pontuações para fazer a correlação entre a solução proposta e os critérios de priorização levantados. Na tabela 2.3 apresenta-se um modelo de matriz de priorização.

Tabela 2.3. Matriz de Priorização exemplificando o sistema de pontuação para cada solução proposta (fonte: o autor).

		Critérios			Total
		Custo	Facilidade	Prazo	
	Peso	10	8	4	
Soluções	Solução 1	5	3	1	78
	Solução 2	5	5	1	94
	Solução 3	1	1	1	22

2.1.16. Plano de Ação 5W2H

Após a priorização das ações, devemos desdobrá-las em informações mais tangíveis. Cada uma dessas informações representa uma letra (W ou H) do plano de ação 5W2H. Na figura 2.16 mostra-se o que é cada letra do plano de ação.

What	•Qual ação será implementada?
Who	•Quem será o responsável por implementar a ação?
When	•Qual será o prazo para implementação?
Where	•Onde a ação será implementada?
Why	•Por qual motivo a ação será implementada?
How	•Como será implementada a ação?
How much	•Quais serão os recursos dispendidos?

Figura 2.16. O que são as letras do plano de ação 5W2H (fonte: o autor).

2.1.17. Cartas de Controle

Uma vez implementadas as ações de correção ou melhoria do processo, é preciso se certificar que houve, realmente, uma melhoria do processo e então entramos na parte de monitoramento dos resultados. O monitoramento pode ser feito através das cartas de controle, por exemplo, nas quais a variabilidade é avaliada e, então a estabilidade do processo é atestada. Uma carta de controle nada mais é do que um gráfico no qual o valor da variável em questão é apresentado. Na figura 2.17 mostra-se um modelo de carta de controle.

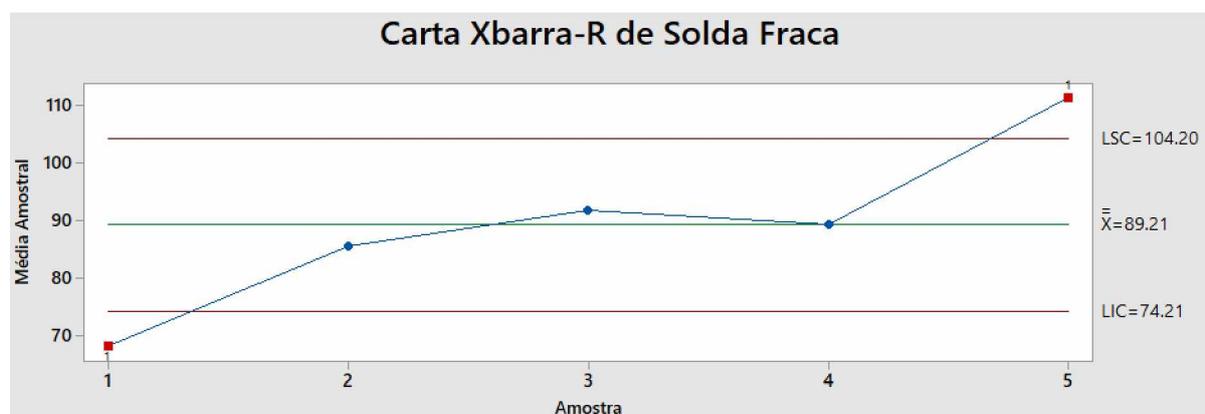


Figura 2.17. Carta de Controle para a variável número de ocorrências (média) por amostra. Podemos observar que as amostras 1 e 5 estão fora das especificações, enquanto as amostras 2, 3 e 4 estão dentro das especificações (fonte: o autor).

2.1.18. Procedimento Operacional Padrão – POP

Os Procedimentos Operacionais Padrão é um documento que padroniza a forma na qual determinada atividade é realizada. Trata-se de instruções e guias que facilitam a execução de processos e atividades.

2.1.19. Conceitos Estatísticos: população e amostra

- a) População: uma população é um conjunto de dados que descrevem algum evento de interesse;
- b) Amostra: é um subconjunto de dados extraídos de uma determinada população.

2.1.20. Conceitos Estatísticos: estatística descritiva

- a) Média: é o centro de massa de um conjunto de dados;
- b) Mediana: é a medida de posicionamento central dos dados;
- c) Quartil: são medidas de pontos padrão em relação a posicionamento dos dados, sendo que o primeiro quartil é o valor que divide o conjunto de dados em um quarto dos dados abaixo do primeiro quartil e 75% dos dados acima do primeiro quartil, e assim por diante para o segundo e terceiro quartil.
- d) Amplitude: é a diferença entre o maior e o menor valor de um conjunto de dados;
- e) Desvio Padrão: é a variação média do processo em relação ao valor da média do mesmo;

2.1.21. Conceitos Lean Manufacturing: Princípios do 5S

O 5S é uma metodologia, também levada por muitos como filosofia de vida, que visa aperfeiçoar o comportamento das pessoas através de mudanças de hábitos e atitudes. Em suma, do ponto de vista do empresário, promove aumento da produtividade (GULATI, 2013), consentimento e satisfação com o ambiente e atividades do trabalho e reduz possibilidade de ocorrência de eventos indesejados, como acidentes de trabalho. Na figura 2.18 mostra-se esquematicamente os sentidos da filosofia 5S.



Figura 2.18. Os cinco sentidos - 5S (fonte: o autor).

2.1.22. Conceitos Lean Manufacturing: *Kaizen*

Kaizen vem do japonês e significa melhoria contínua. É adotado pelas empresas como filosofia porque estimula sempre os colaboradores a melhorar os processos e atividades (IMAI, 1994), focando nas necessidades do cliente. Através do *Kaizen* é possível eliminar desperdícios, aumentar a satisfação dos clientes, aumentar a produtividade, diminuir os riscos com acidentes de trabalho, entre outros.

Normalmente faz-se eventos *Kaizen*, que são eventos de melhoria contínua de alguma atividade ou processo. Por exemplo, pode-se fazer um evento *Kaizen* para implementação ou melhoria do 5S de alguma área. Então, neste determinado dia do evento, todos os trabalhadores param suas atividades e focam em melhorar ou implementar melhorias nos sentidos do 5S. Trata-se de uma cultura de aperfeiçoamento e busca pela conscientização do ambiente de trabalho.

2.1.23. Conceitos Lean Manufacturing: *Poka-Yoke*

Poka-Yoke, também do japonês, significa “à prova de erros”. Desenvolver processos ou atividades *Poka-Yoke*, ou à prova de erros, apresenta uma vantagem clara para projetos de melhoria contínua e, principalmente, para o controle de resultados. Uma vez implementado as soluções do projeto, é altamente recomendável que se tenha dispositivos à prova de erro que controlem o processo. Hoje em dia dispositivos e processos *Poka-Yoke* estão muito bem difundidos e não se encontra dificuldade alguma em exemplificar alguns destes dispositivos e processos no dia a dia.

2.1.24. Conceitos *Lean Manufacturing*: os 8 (oito) desperdícios

A atuação do *Lean Manufacturing* é quase que exclusiva a atividades e processos que não agregam valor. Para esta filosofia, atividades e processos que não agregam valor são considerados desperdícios (SHINGO, 1989). Na figura 2.19 mostra-se os oito desperdícios classificados pelo *Lean Manufacturing*.

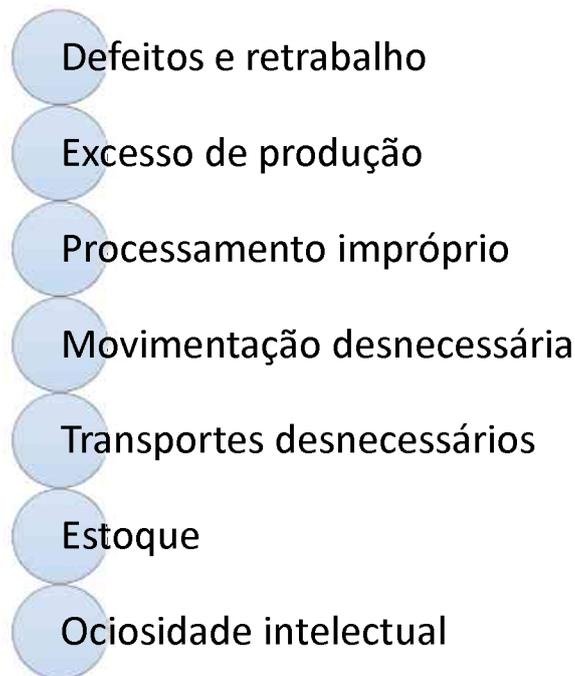


Figura 2.19. Os 8 (oito) desperdícios (fonte: o autor).

2.1.25. Conceitos *Lean Manufacturing*: Valor Agregado

Ao contrário das atividades de processos que não agregam valor, as atividades e processos que agregam valor são os alvos do *Lean Manufacturing* no sentido de promoção e fomento (SHINGO, 1989). Representam transformações no produto ou serviço pelos quais o cliente está disposto a pagar mais porque representa transformações desejáveis para ele. O valor agregado do produto permite que a empresa ganhe competitividade frente a seus concorrentes (WOMACK, et al., 1992).

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

De posse, então, dos principais conceitos e fundamentos teóricos envolvidos na filosofia *lean six sigma*, utilizou-se da seguinte metodologia para desenvolvimento deste trabalho:

a. Etapa Abertura (não pertencente à filosofia *lean six sigma*):

Para esta etapa, alinhou-se com a empresa que seria desenvolvido um projeto *lean six sigma*, a fim de levantar soluções que resolvessem o problema pelo qual a empresa estava passando. Levando-se em conta o conhecimento prévio do gerente do projeto e do gestor do gerente do projeto com os dados e informações relacionados ao problema, elaborou-se uma ferramenta que resumia todas as possíveis ferramentas que poderiam ser utilizadas no desenvolvimento do projeto. Estas ferramentas são as descritas no capítulo II deste trabalho. Demais alinhamentos, como por exemplo com os *stakeholders* do projeto, mesmo que posteriormente não fossem envolvidos no projeto, foram realizados nesta etapa, até mesmo para que a empresa tivesse conhecimento acerca do projeto a ser elaborado;

b. Etapa *Define*:

Iniciando-se de fato o projeto, foi nesta etapa que se descreveu claramente o projeto a fim de se definir uma meta. Para tanto, realizaram-se duas reuniões com todos os *stakeholders* do projeto, mesmo que posteriormente não fossem envolvidos. A primeira das reuniões ocorreu presencialmente de forma que foi feito um *brainstorm* sobre qual seria o problema a ser atacado. Uma vez levantando o problema, levantou-se também as áreas envolvidas sendo que os responsáveis por cada área junto ao gestor do projeto, reuniram-se em uma segunda ocasião para definir a meta do projeto bem como levantar o histórico do problema e informações secundárias, como possível retorno econômico e prioridade. De posse destas informações, concluiu-se que o projeto deveria ser levado adiante e então definiu-se a equipe do projeto e as principais necessidades dos clientes do projeto. Nas reuniões entre a equipe do projeto elaborou-se a VOC (*Voice of Customer*), o SIPOC (*Supplies, Inputs, Process, Outputs, Customers*) e o *Project Charter*,

c. Etapa *Measure*:

Nesta etapa decidiu-se entre as alternativas de coletar novos dados ou usar os já existentes na empresa, sendo que, pela característica de forte gestão do conhecimento e confiabilidade das informações, não foi preciso coletar novos dados. A equipe do projeto, então fez um estudo qualitativo do principal processo envolvido no problema, desenvolvendo um Mapa do Processo e fazendo uma análise pelo Diagrama de Ishikawa. De posse das informações obtidas, então, foi possível montar uma matriz de Causa e Efeito, cujas informações foram apresentadas, visualmente, na matriz de Esforço x Impacto. Finda análise qualitativa inicial, partiu-se para a análise quantitativa, onde levantou-se informações estatísticas dos problemas prioritários identificados pela análise qualitativa. É nesta etapa na qual se faz o estudo de normalidade dos dados, característica imperativa para que se possa prosseguir com o desenvolvimento do projeto;

d. Etapa *Analyze*:

A etapa de análise consiste em, além de analisar todas as informações e dados levantados e gerados nas etapas anteriores, demonstrar e comprovar, qualitativamente e quantitativamente, que as causas potenciais do problema em questão, são, de fato, relevantes para serem solucionadas pelo projeto. Para tanto,

comprovou-se que os dados seguem distribuição normal e não há eventos estatísticos anormais (como por exemplo *outliers* extremamente discrepantes). Além disto, fazendo-se uma retrospectiva, analisaram-se os dados de mercado, cruzando-se com as informações do processo produtivo atual, onde ficou evidente os ganhos financeiros possíveis deste projeto. Por último, a equipe do projeto elaborou a análise *FMEA* (*Failure Mode and Effect Analysis*) dos principais processos envolvidos no problema;

e. Etapa *Improve*:

Nesta etapa do projeto, reuniram-se não apenas a equipe do projeto como também os responsáveis iniciais de cada área envolvida no projeto para que fosse apresentado o que fora desenvolvido até o momento e para que fosse feito um *brainstorm* a fim de levantar as possíveis soluções dos problemas para as causas identificadas. As ideias foram organizadas em um Diagrama de Árvore e logo a seguir, com as mesmas pessoas, elaborou-se um plano de ação 5W2H;

f. Etapa *Control*:

A última etapa de um projeto *lean six sigma* está muito relacionado à documentação do projeto, que foi o que foi feito após avaliação dos resultados. Caso os resultados fossem positivos e superassem a meta, o projeto terminaria ali e outros problemas seriam solucionados antes de se rodar a metodologia DMAIC novamente a fim de garantir a melhoria contínua do processo envolvido no problema. Caso, entretanto, o projeto não obtivesse os resultados esperados, a equipe do projeto imediatamente reiniciaria o ciclo DMAIC, levantando novos problemas, responsáveis e ações a serem desenvolvidos. Para ambos casos, fez-se um forte trabalho de documentação das lições aprendidas bem como de o que foi feito deve ser realizado. Nesta etapa, Procedimentos Operacionais Padrão devem ser elaborados e o projeto, formalmente, deve ser concluído.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta todas as etapas do método *lean six sigma* pelas quais o projeto passou. No primeiro tópico, faz-se uma análise mais profunda sobre o problema em questão, quais são, de modo macro, as áreas envolvidas e quais são as expectativas uma vez que se resolva o problema.

A fase *Define* possui o objetivo de definir claramente o escopo do projeto, avaliando o histórico do problema, o processo onde ocorre e as expectativas dos envolvidos no problema, informações captadas e documentadas no contrato do projeto.

A fase *Measure* é a etapa na qual o processo gerador do problema é analisado a fim de se conhecer o estado atual. É nesta etapa que se faz um detalhamento do processo de modo a levantar as causas potenciais, que são então suportadas por análises quantitativas da base de dados.

A fase *Analyze* é responsável por identificar as causas que são realmente raízes do problema e comprová-las com fatos e dados, valendo-se de análise estatística e outras ferramentas qualitativas.

A fase *Improve*, é responsável por fazer a proposição e a verificação de soluções para o problema, considerando cada uma das causas raízes que formam o escopo do projeto. É aqui, também, que se inicia a verificação dos resultados obtidos ou a serem obtidos.

Por último, na fase *Control*, faz-se a mensuração dos resultados obtidos e estabelece-se controles que garantam a sustentabilidade dos resultados. É nesta etapa que ocorre a documentação do projeto.

4.1. Apresentação do Problema

As primeiras citações da soja no mundo datam de 2800 AC, quando o grão era considerado sagrado pelos povos asiáticos, em específico os chineses (EMBRAPA, 2018). Desde então a soja se apresenta como elemento de grande importância na cadeia alimentícia do ser humano, servindo não apenas como alimento direto mas, principalmente, como alimento para criação e engorda de bovinos, suínos e aves.

No cenário brasileiro, a soja quando introduzida no país, teve pouca importância, sendo plantada apenas no Rio Grande do Sul. No entanto, nos anos 70, com o grande aumento no preço da soja no mercado mundial, somado ao fato de que a produção no Brasil ocorre no período entressafra dos Estados Unidos, tanto o governo brasileiro quanto os agricultores começaram a dar grande importância ao grão. Mundialmente falando, segundo o CONAB (2018), a produção mundial de soja para a safra 2017/2018 será de 336,699 milhões de toneladas, em uma área plantada de 124,580 milhões de hectares, dentre os quais, 116,996 milhões de toneladas, distribuídas em 35,100 milhões de hectares são produzidos no Brasil, configurando-o como segundo maior produtor de soja.

Neste sentido, configurando a soja como produto comercial altamente estratégico para o desenvolvimento do país, deve-se atentar em suprir a demanda interna e externa, sendo, altamente crítico que se seja capaz de produzir o volume requisitado. Neste contexto, surge o papel das empresas produtoras de sementes de soja que estão constantemente investindo em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias que garantam não apenas o mais alto nível de produtividade como também a melhor qualidade do grão de soja.

Assim, com o objetivo de fornecer produtos de sementes de soja com a mais alta qualidade, a empresa analisada por este projeto, solicitou que iniciativas fossem tomadas de modo que fosse possível agregar valor ao seu produto e, então, aumentar a lucratividade. Dentre essas iniciativas, foca-se, neste trabalho, àquelas pertinentes à área de planejamento e controle de produção.

4.2. Fase D (DMAIC) – *Define*

Como mencionado anteriormente, a fase *Define* possui o objetivo de clarear qual será a meta e o escopo do projeto de modo que, no final, seja possível verificar se houve sucesso com relação ao planejado ou não. Para tanto, na figura 4.20 apresenta-se um fluxograma das sub-etapas e atividades desenvolvidas dentro da fase *Define* do projeto.



Figura 4.20. Fluxograma de sub-etapas e atividades desenvolvidas na fase *Define* (fonte: próprio autor).

Considerando, então, a apresentação do problema no item 3.1. anterior, a definição do problema é esquematicamente apresentada na figura 4.21.

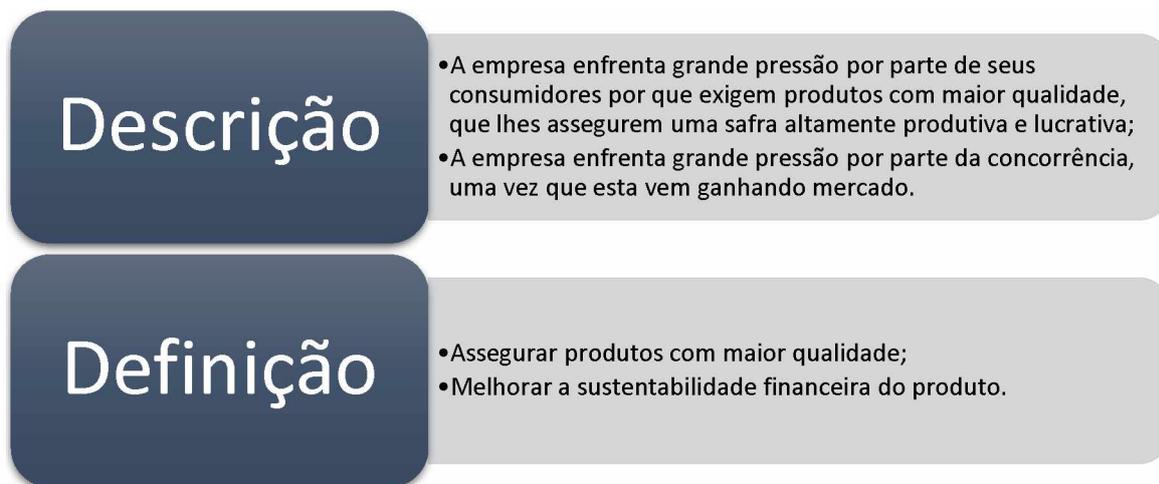


Figura 4.21. Descrição e definição do problema (fonte: próprio autor).

Uma vez que se definiu o problema, foi possível levantar os dados históricos relacionados e então analisar a situação atual. Para tanto, informações relacionadas à quantidade produzida por ano bem como qualidade e custo de produção foram coletadas. Apresenta-se a seguir o gráfico temporal da quantidade produzida (figura 4.22).



Figura 4.22. Quantidade de sacos de sementes de soja analisados por ano, desde 2015 (fonte: o autor).

Em seguida, a fim de identificar as necessidades dos clientes do projeto, utilizou-se da ferramenta VOC – Voice of Customer (voz do consumidor). A análise levantada e a ferramenta preenchida é apresentada na figura 4.23.

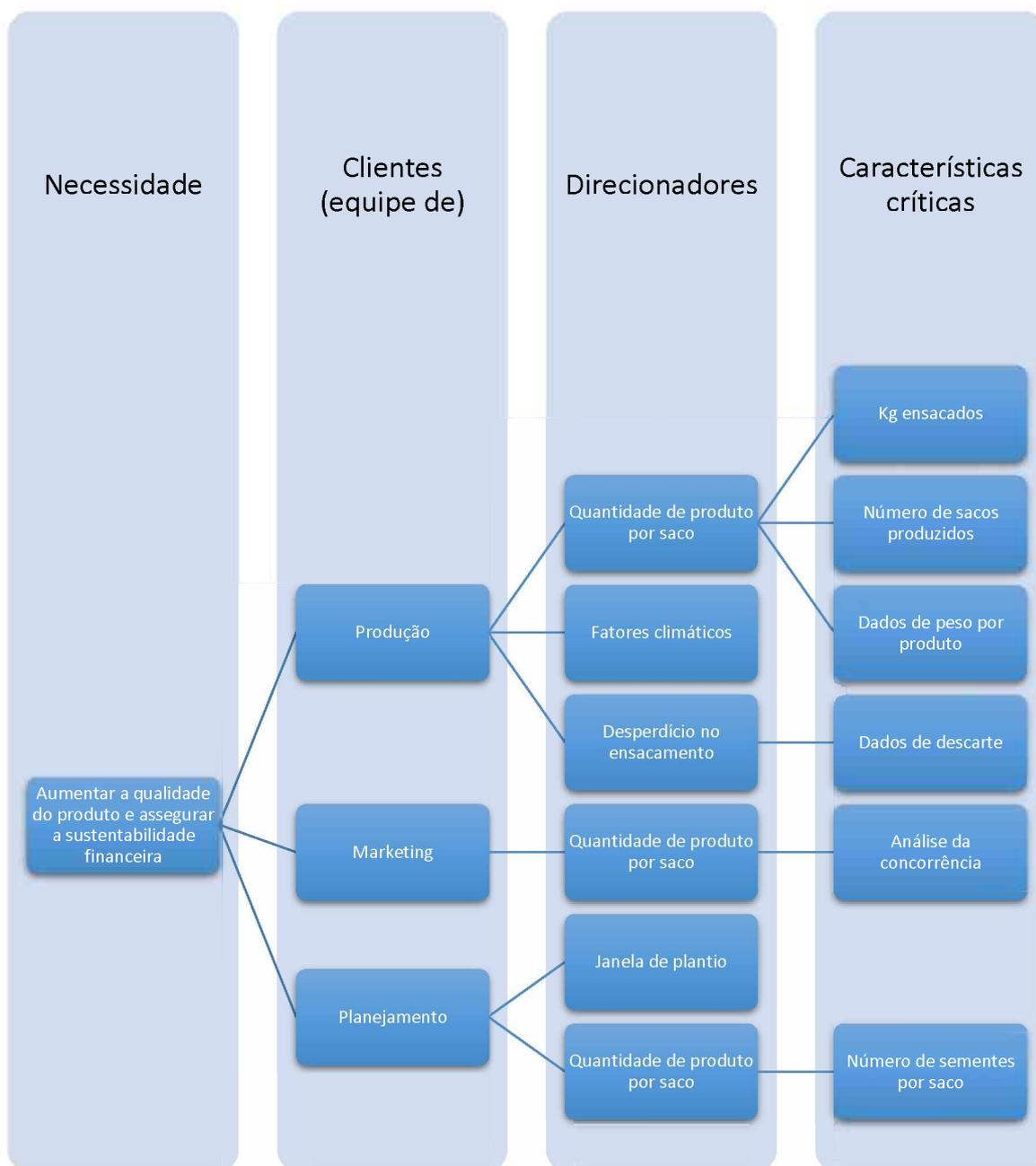


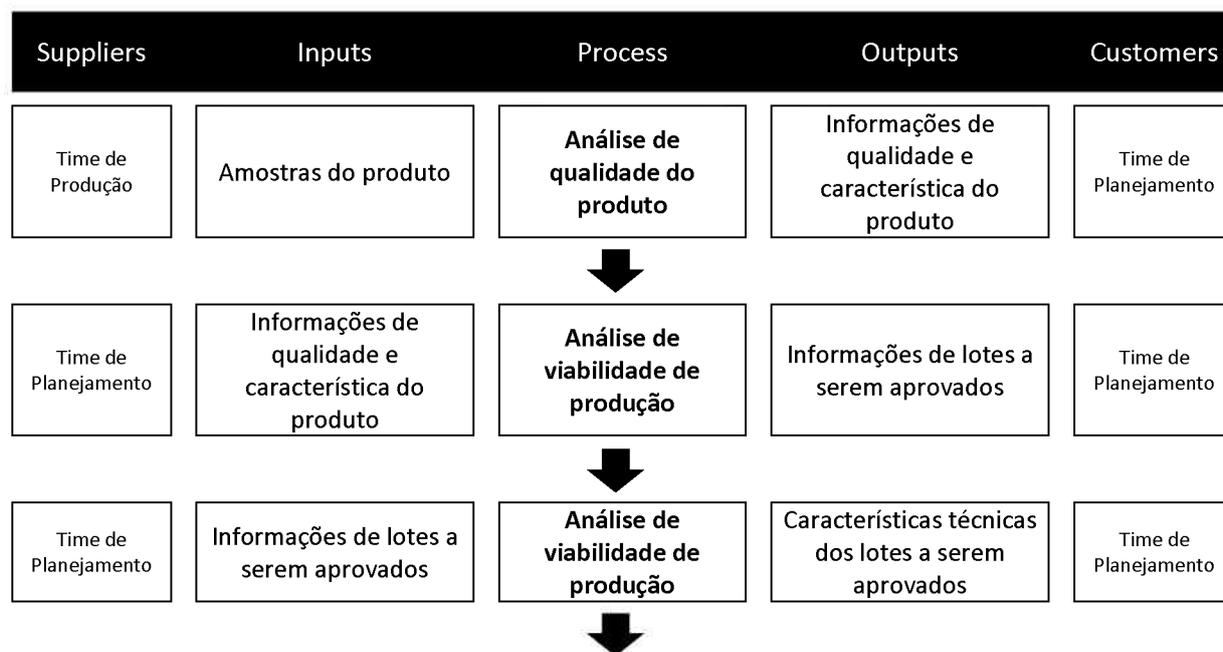
Figura 4.23. Ferramenta Voz do Cliente (VOC), preenchida de acordo com as necessidades do projeto (fonte: o autor).

De acordo com a fig. 23, percebe-se que há, inicialmente, a descrição breve do problema a ser tratado, representado na forma de necessidade; em seguida, listam-se os clientes da necessidade, ou seja, os envolvidos nos processos e que estão sendo afetados pela necessidade em forma de problema. Percebe-se que, apesar de outros times e áreas da empresa serem afetados, especialmente indiretamente, listou-se apenas as áreas diretamente relacionadas, de Produção, Planejamento e a de *Marketing*, que por sua vez, apesar de não estar relacionada diretamente, o processo ao qual esta área está envolvida pode ser diretamente

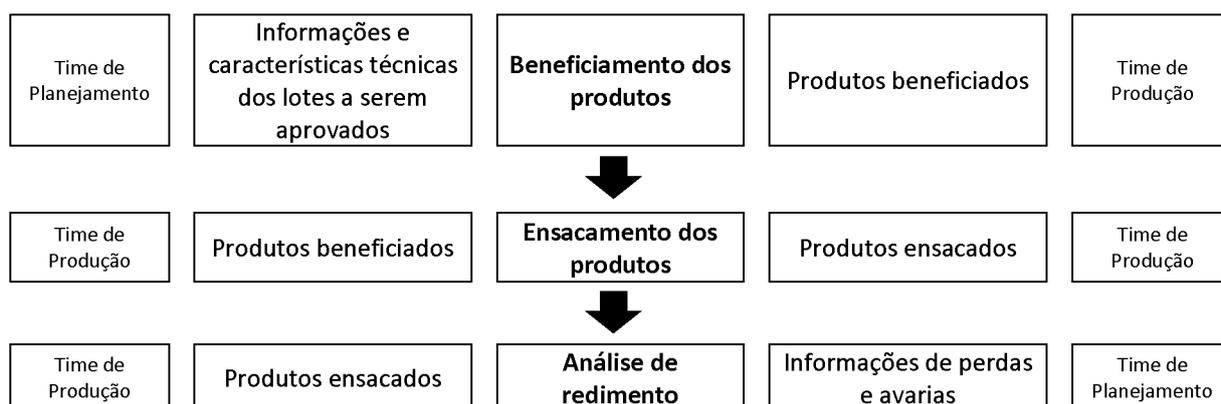
controlada pelas áreas anteriores. Tal fato é apresentado através dos elementos direcionadores porque, como se vê, o direcionador da equipe de *marketing* é o mesmo do time de planejamento. Com relação ao time de produção, como os fatores climáticos não são controláveis, em sua grande parte, não há o desdobramento em características críticas. Aqui se pode observar como a ferramenta é importante porque desdobra uma necessidade intangível em características críticas concretas e possíveis de se levantar dados históricos, por exemplo. Outro ponto importante é que, pelo próprio desdobramento da ferramenta, há um direcionador que se repetiu nos três times, sendo então, utilizado nas próximas ferramentas para análise.

De posse da situação atual bem como das necessidades dos clientes, é possível, então, através de análise com a equipe do projeto, identificar, ainda que de forma macro, o processo e seus principais subprocessos geradores do problema. Nesta subetapa da fase de definição do problema, utilizou-se a ferramenta SIPOC (acrônimo para *Suppliers, Inputs, Processes, Outputs and Customers* ou Fornecedores, Entradas, Processos, Saídas e Consumidores, em português), que esta devidamente preenchida e apresentada na tabela 4.4 a seguir:

Tabela 4.4. O SIPOC é uma ferramenta que analisa, em nível alto, os processos envolvidos no problema, especialmente após direcionamento apresentado pela ferramenta VOC (Voz do Cliente). Aqui estão relacionados os seis principais processos envolvidos como direcionadores pela VOC e geradores das características críticas.



Continuação da tabela 4.4:



O primeiro processo do SIPOC, é o de análise da qualidade do produto, sendo que esta é feita apenas na colheita. Assim sendo, não há envolvimento algum com processos anteriores, como plantio e maturação, nos campos. Uma vez que o time de Produção envia as amostras dos produtos ao time de Planejamento, o time de Planejamento envia ao laboratório as amostras e obtém as informações de qualidade e característica. De posse dessas informações, analisa a viabilidade de produção determinando as informações e características técnicas dos lotes a serem aprovados. Tais dados é então repassado ao time de Produção que prossegue com o beneficiamento e ensacamento do produto. Por último, o time de Produção envia as informações de produto acabado para que o time de Planejamento faça a análise de rendimento.

Levantado, então, os principais processo geradores do problema, pode-se definir o escopo do projeto de forma macro. Esta etapa é importante porque, no final, servirá de parâmetro para comparação e verificação se o projeto obteve sucesso. Além disto, serve para alinhar as expectativas entre a equipe do projeto e os consumidores, clientes do projeto. Na figura 4.24 apresenta-se, esquematicamente, o escopo do projeto.

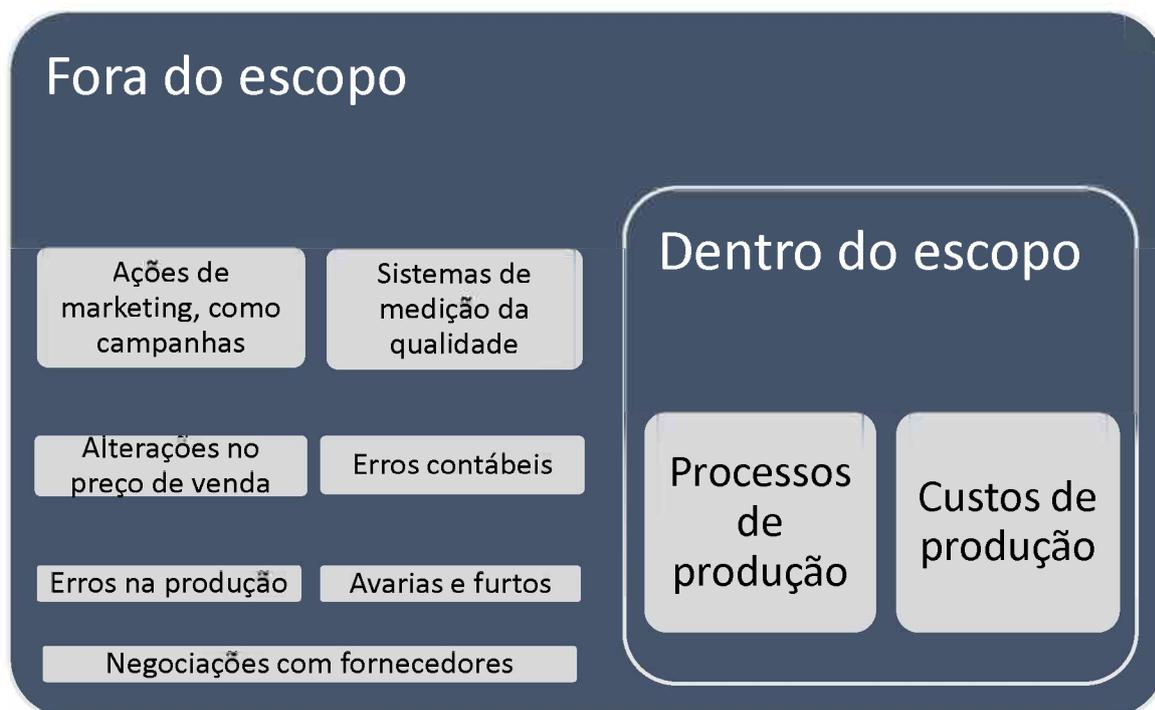


Figura 4.24. Forma visual do escopo do projeto, evidenciando a atuação em processos e custos de produção (fonte: o autor).

Por último, como a definição do problema pode, por vezes, ser demasiadamente ampla, define-se uma meta para o projeto e compila-se tudo que foi produzido (e esta apresentado anteriormente) na etapa de definição em um único documento. Assim, sabendo-se claramente qual é a meta do projeto e o escopo, que nada mais é do que onde atuar para se alcançar a meta, é possível partir para a fase de medição. É importante salientar que a meta deve ser desafiadora mas principalmente atingível, porque assim consegue-se um desempenho melhor no projeto (LINDERMAN, 2003). O contrato do projeto em questão é apresentado na tabela 4.5.

Tabela 4.5. Representação do contrato do projeto em questão (fonte: o autor).

Contrato de Projeto Lean Six Sigma	
Projeto:	Planejamento e Controle de Produção
Descrição:	A empresa enfrenta pressão externa para melhorar a sustentabilidade financeira de seus produtos e enxerga uma oportunidade de redução dos custos de produção atacando problemas e melhorando processos relacionados à qualidade do produto.
Objetivos:	Melhorar os processos produtivos e diminuir os custos de produção. Otimização da produção.
Definição da Meta:	Redução de 3% nos custos de produção
Indicadores chave do projeto:	Custo unitário
Escopo do projeto:	Analisar quantidade de produto ensacado, comparando com a quantidade produzida; análise da concorrência (método de produção); e análise de peso por saco.

4.3. Fase M (DMAIC) – Measure

A fase de Medição, igualmente à fase de Definição, possui o objetivo de identificar o estado atual do processo gerador do problema só que desta vez em mais detalhes e amparado por mais dados e fatos. Fazendo-se uma analogia, é como se todas as causas potenciais levantadas fossem, agora, filtradas pelas ferramentas da qualidade, restando-se, ao final da fase de medição, então, apenas as causas críticas. Na figura 4.25 apresenta-se esquematicamente uma forma visual da analogia levantada.

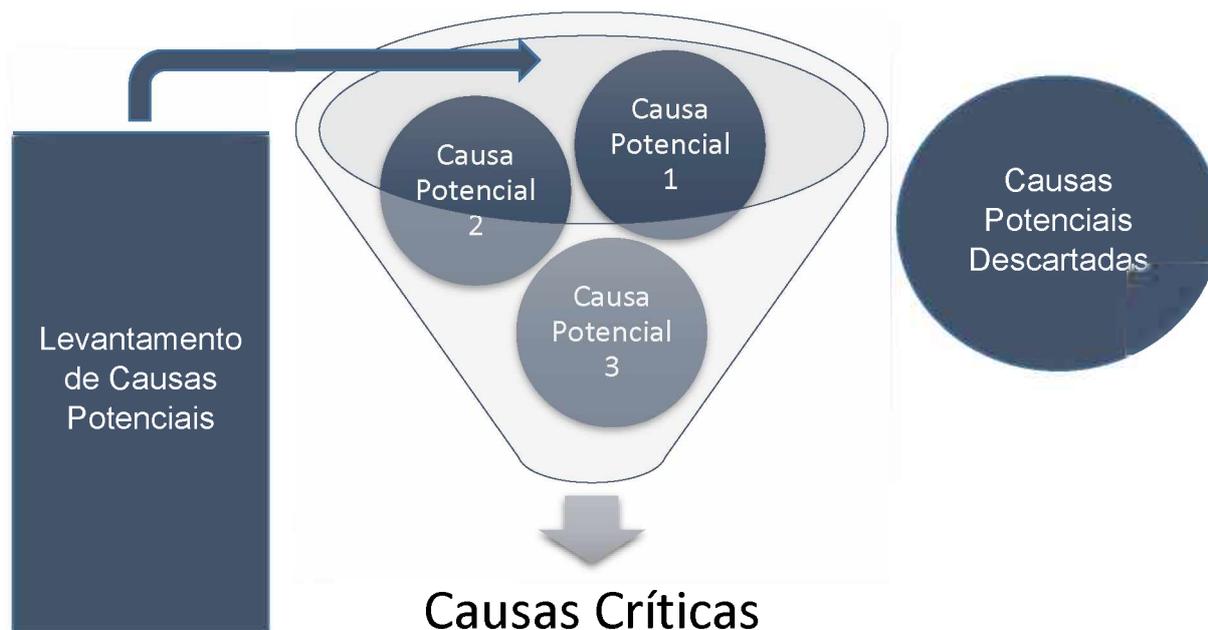


Figura 4.25. Esquema visual da analogia da filtragem das causas potenciais levantadas inicialmente na fase de definição (fonte: o autor).

As causas críticas, então, serão repassadas à fase de análise e tratadas. Assim, conhecendo-se o processo, levanta-se as causas potenciais do problema, filtrando-as pelas ferramentas da qualidade. O diagrama de fluxo da figura 4.26 apresenta as atividades e processos desenvolvidos nesta etapa.



Figura 4.26. Subetapas e atividades da fase de Medição (fonte: o autor).

Após levantamento dos dados históricos, prossegue-se pela análise, via *brainstorm* (WERKEMA, 2004), do estado atual do processo através do mapeamento dos subprocessos envolvidos e descritos no SIPOC elaborado na fase de definição. Novamente, como a premissa do projeto envolve atuação apenas nos processos relacionados à área de planejamento e produção, fez-se o Mapa do Processo de apenas um processo, a saber: processo de “Análise de viabilidade de produção”. A figura 4.27 apresenta o resultado da construção do Mapa do Processo.

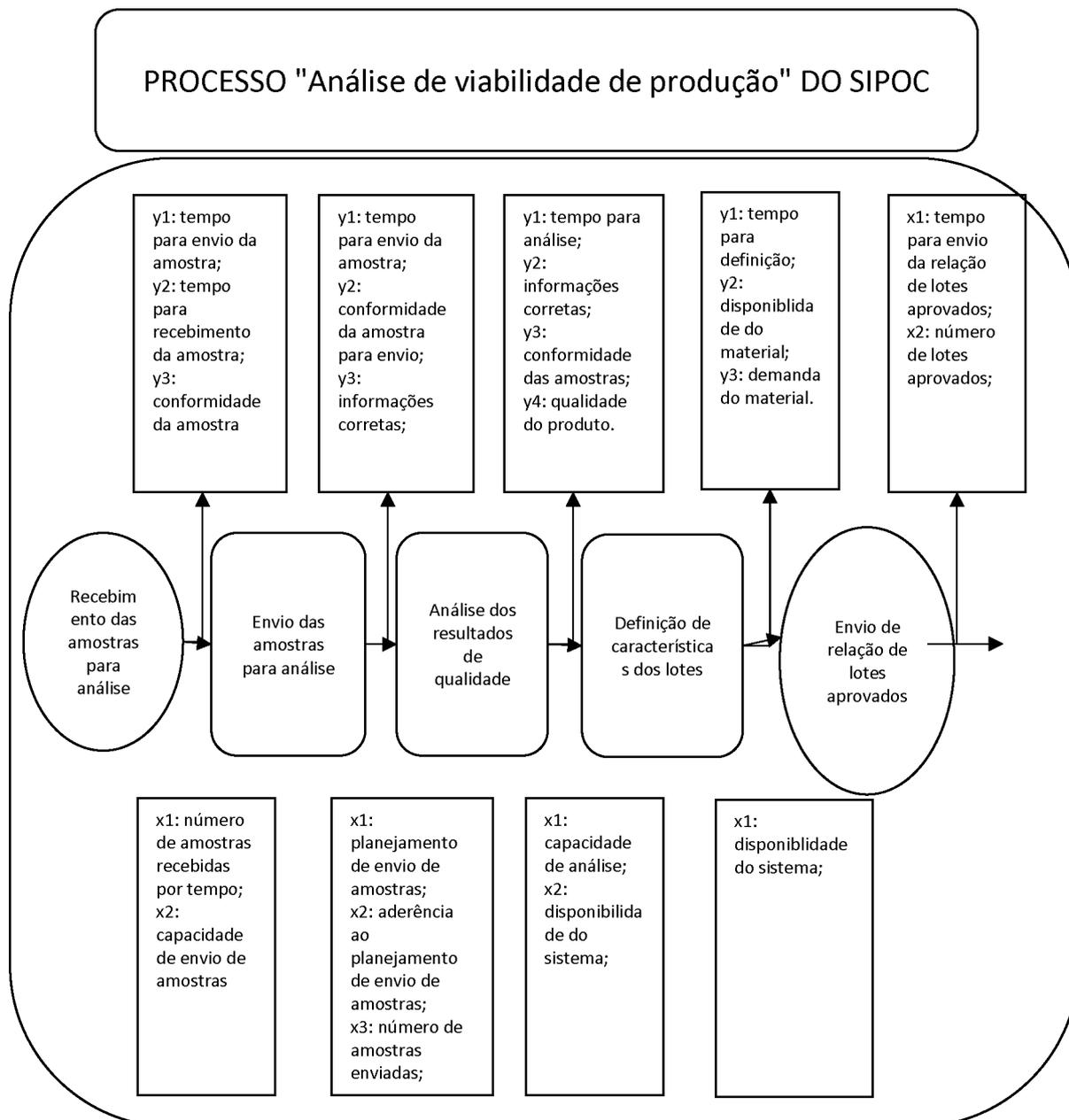


Figura 4.27. Mapa do processo de análise de viabilidade de produção (fonte: o autor).

A figura 4.27, apresenta o mapeamento do processo de análise de viabilidade de produção porque este é o principal processo no qual se pode atuar a fim de reduzir o custo de produção. Além disto, este é o principal processo no qual o time de planejamento poderia atuar porque uma vez que as características dos lotes forem repassadas ao time de Produção, todas as variáveis passam a ser não controláveis. O mesmo vale para os processos anteriores ao de recebimento das amostras para análise. Assim, o que se tem no mapa é o desmembramento em sub-processos do processo em questão, identificando, na parte inferior do mapa, o “x” de cada processo, que é referente aos parâmetros do sub-processo e, na parte superior do mapa, os “y” de cada processo, que é referente aos parâmetros do produto transcorrendo o processo. Por exemplo, após recebimento das amostras, há a análise dos resultados de qualidade, onde destacam-se os parâmetros de tempo para análise, veracidade das informações, conformidade das amostras e qualidade do produto, que são parâmetros relacionados ao produto em trânsito pelos sub-processos. Ainda seguindo o exemplo, temos os parâmetros do processo de disponibilidade do sistema e capacidade de análise.

Após obtenção de tal detalhamento, obtido pelo Mapa do Processo, começou-se a verificar as especificidades envolvidas. O diagrama de Ishikawa foi utilizado para levantar algumas causas potenciais de variação, que são as entradas dos processos. Assim, na figura 4.28 apresenta-se o Diagrama elaborado para o processo em questão.

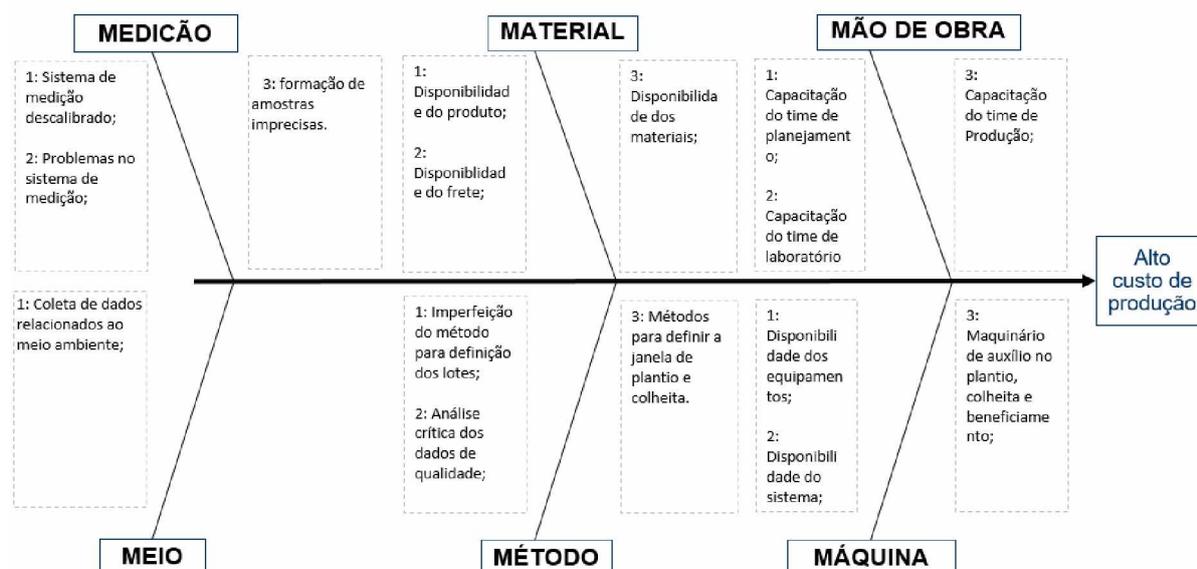


Figura 4.28. Diagrama de Ishikawa relacionando as causas em forma de oportunidades de ação para o efeito observado de alto custo de produção (fonte: o autor).

Pelo diagrama acima, pode-se observar que, para o efeito em questão, alvo do projeto, que é o alto custo de produção, há uma série de causas potenciais listadas e classificadas de acordo com categorias pré definidas de medição, material, mão de obra, meio, método e máquina. Assim, por exemplo, dentro da categoria de máquinas, uma causa possível para o alto custo de produção é a disponibilidade dos equipamentos, que podem estar quebrando muito e com baixa disponibilidade.

Seguindo-se com a filtragem das causas potenciais, uma vez que foram detalhadas do ponto de vista dos 6M's, utiliza-se a Matriz de Causa & Efeito a fim de quantificar a pertinência de cada variável de entrada nas causas levantadas. Na figura 4.29 apresenta-se, visualmente, a sinergia entre o Diagrama de Ishikawa e a Matriz de Causa & Efeito uma vez que são ferramentas complementares.

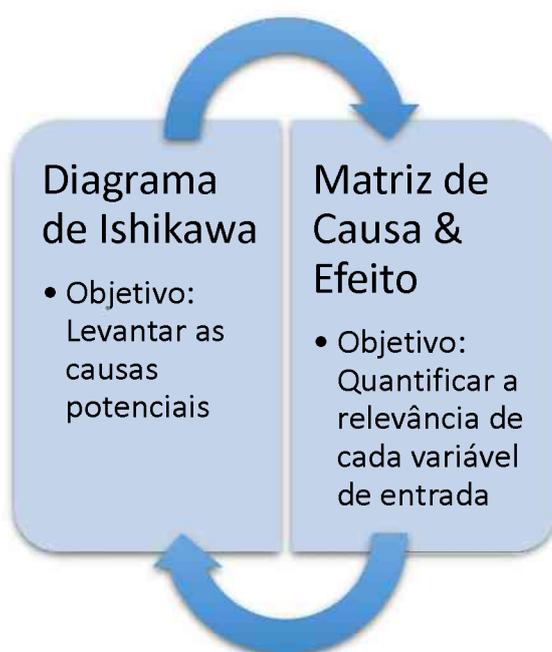


Figura 4.29. Relação de sinergia entre as ferramentas Diagrama de Ishikawa e Matriz de Causa & Efeito (fonte: o autor).

Na tabela 4.6 apresenta-se a Matriz de Causa & Efeito elaborada para quantificar as variáveis de entrada e causas relacionadas no Diagrama de Ishikawa.

Tabela 4.6. Matriz de Causa e efeito relacionado as causas levantadas anteriormente e as variáveis de entrada identificadas no Mapa do Processo (fonte: o autor).

MATRIZ CAUSA & EFEITO

Índice de Importância da causa potencial		10	8	3	7	Total	ESFORÇO
Variáveis de entrada		Análise das informações de qualidade	Capacitação dos times envolvidos	Disponibilidade dos materiais e frete	Coleta de dados		
X1	Número de amostras recebidas/enviadas	3	3	6	7	121	1
X2	Capacidade de recebimento/envio de amostras	3	1	8	5	97	1
X3	Planejamento de envio de amostras	1	1	10	8	104	9
X4	Capacidade de análise das informações de qualidade	10	5	8	1	171	4
X5	Disponibilidade do sistema	3	8	1	7	146	8
X6	Fatores climáticos	10	10	1	10	253	10
X7	Análise da qualidade	10	5	5	6	197	3

Legenda para Índice e Esforço: 10 - 9 - 8: Forte Correlação 7 - 6 - 5 - 4: Média Correlação 3 - 2 - 1: Baixa Correlação

O que podemos observar é que, na listagem da Matriz de Causa & Efeito, denominado por X1 até X7, estão as variáveis de entrada do processo de análise de viabilidade de produção e nas colunas estão as informações de causas (listadas no Diagrama de Ishikawa), que foram filtradas de acordo com relevância para o projeto, por exemplo, embora a causa listada no Diagrama de Ishikawa de “formação de amostras imprecisas” seja altamente relevante, por se tratar de um processo que também envolve processos de produção, do time de Produção, a causa em questão foi automaticamente excluída da análise. Acima das causas potenciais, há um fator de multiplicação que relaciona um índice numérico com a relevância da causa potencial, sendo que, de acordo com a Matriz, a causa de “análise de informações de qualidade” é mais importante e relevante que a causa de “disponibilidade dos materiais e frete”. A seguir, os valores da Matriz representam a correlação das variáveis de entrada com as causas potenciais, sendo o índice final a soma da respectiva correlação multiplicada pelo índice de importância da causa. À direita da coluna da pontuação total, há uma coluna que indica o nível de esforço para tratar a variável de entrada, sendo 1 para pouco esforço e 10 para muito esforço, sendo que, por exemplo a variável de fator climático apresenta um nível de esforço muito grande para se tratar enquanto as variáveis de “número de amostras recebidas/enviadas” e “capacidade de recebimento/envio de amostras” apresenta um nível de esforço muito pequeno.

Enquanto a Matriz de Causa & Efeito quantifica as causas potenciais em relação ao efeito possível de se gerar, a próxima ferramenta, que é a Matriz de Esforço x Impacto, analisa a relação de cada causa com o esforço demandado para

implementação. Esta etapa é especialmente importante para projetos *lean six sigma* porque representa o motivo de tamanho fascínio de parte das empresas por estes projetos, que é a resolução dos problemas com pouco ou nenhum investimento (LINDERMAN, 2003). Assim, quando uma causa demandar pouco ou nenhum investimento, seja ele financeiro ou intelectual, por parte das pessoas, este fato sera captado pela Matriz de Esforço x Impacto. Na figura 4.30 apresenta-se o resultado da utilização da ferramenta de Matriz de Esforço x Impacto, nas causas levantadas pela Matriz de Causa & Efeito.

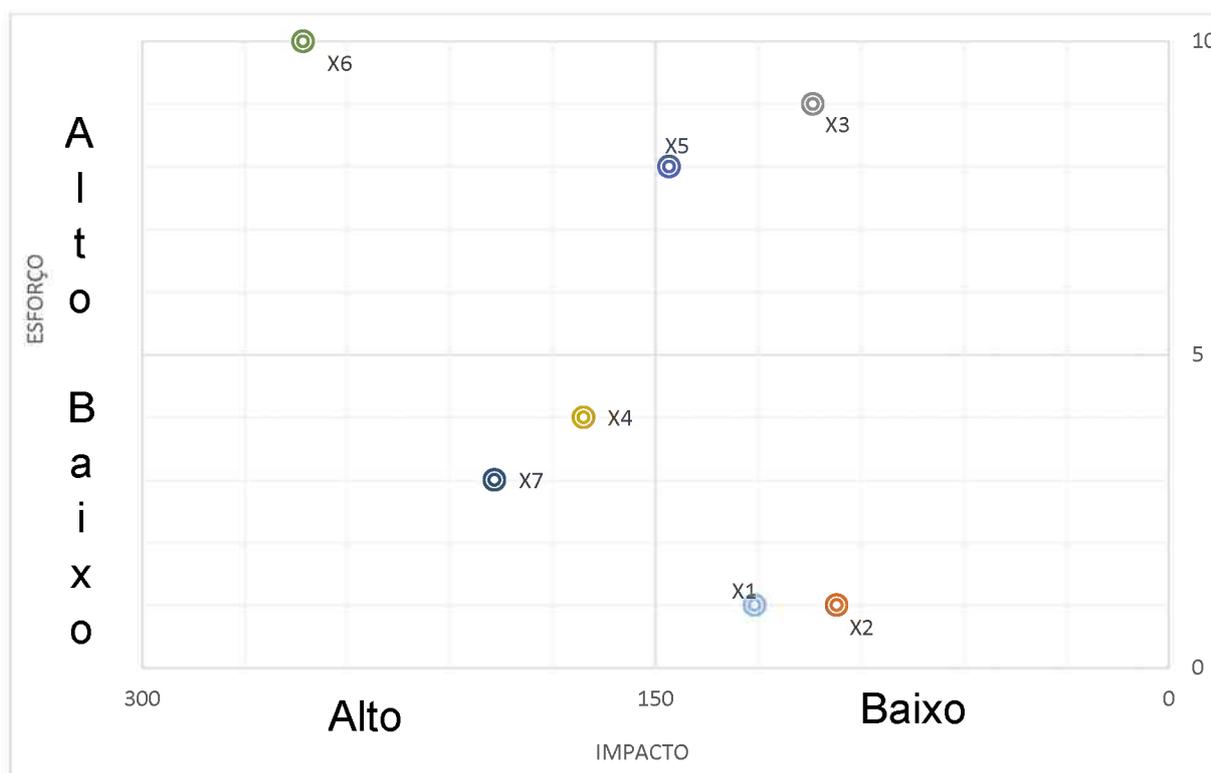


Figura 4.30. Matriz de Esforço x Impacto considerando-se as variáveis de entradas relacionadas na Matriz de Causa & Efeito anterior (fonte: o autor).

Pela matriz apresentada na figura 4.30, o que se pode observar é que, enquanto o eixo das abscissas representa o impacto gerado na resolução do problema ou oportunidade da variável de entrada, o eixo das ordenadas representa o esforço demandado para solução. Assim, como era de se esperar, preza-se por variáveis que estejam no terceiro quadrante, pois estas são as que terão maior impacto a um menor esforço. Ainda de acordo com a matriz acima, podemos observar que as variáveis 1 e 2, embora apresentem baixíssimo esforço na resolução, também apresentam baixo impacto, não devendo, portanto, ser priorizadas. No pior caso, ou seja, um grande esforço gerando um pequeno impacto, temos as variáveis de entrada

3 e 5. Já em um cenário improvável, que também não deve ser priorizado, está a variável de entrada 6, que apresenta um grande esforço mas gera um grande impacto. Assim, as variáveis de “análise da qualidade” (variável 7) e “capacidade de análise das informações da qualidade” (variável 4), são as que apresentam maior viabilidade de impactar o projeto sem que se tenha grande despendimento de recursos.

Em uma situação ideal, sugere-se que a atuação do projeto fique restrita à tratativa de causas que demandem pouco esforço e que tenham grande pontuação de acordo com a Matriz de Causa & Efeito. Sabendo-se, no entanto, que nem sempre isso é possível, casos nos quais sugere-se que a equipe tenha bom senso na determinação das causas a serem tratadas, escolhendo aquelas que certamente demandem o menor esforço e que, sejam relevantes para o projeto. Na figura 4.31 apresentam-se quais foram as variáveis priorizadas na atuação do projeto, com o adendo de que não é porque a variável fora selecionada que ela prosseguirá até o fim do projeto como variável a ser tratada.

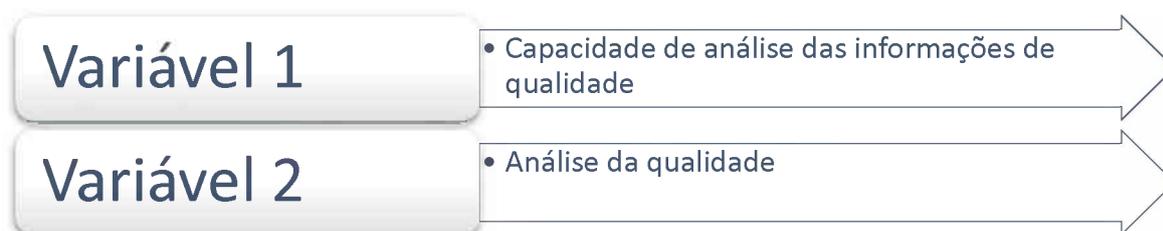


Figura 4.31. Variáveis priorizadas após filtragem pelas ferramentas do Diagrama de Ishikawa, Matriz de Causa & Efeito e Matriz de Esforço x Impacto (fonte: o autor).

Após a filtragem das variáveis pelas ferramentas da qualidade, as causas críticas são analisadas na próxima sub-etapa dentro da etapa de medição através do levantamento de informações estatísticas. Por mais que seja possível, por exemplo, fazer uma análise estatística descritiva da variável de capacidade de análise, por se tratar de uma variável relacionada a treinamento e conhecimento de pessoas, diferentemente da análise da qualidade, que é relacionada a dados e informações do produto, esta variável foi tratada paralelamente, sendo que, para tanto, sugeriu-se revisar o plano de treinamentos das áreas envolvidas, especialmente de Planejamento e aplicação de novos treinamentos. O que ocorreu com esta variável, de ser imediatamente tratada, ocorre por diversas vezes em vários projetos, sendo isto uma das qualidades dos projetos *lean six sigma*: a identificação de oportunidades

que possam ser tratadas rapidamente e em paralelo ao projeto principal (SMITH, et al., 2007).

Para a variável de “análise da qualidade”, que é composta basicamente de três indicadores, a saber, índice de germinação, peso de mil sementes e índice de outras cultivares, fazemos as seguintes considerações:

- Índice de germinação: é o principal indicador da qualidade do produto e, como foi identificado com grande importância, a liderança da empresa tratou de elaborar uma iniciativa a fim de impulsionar a produção com altos índices de germinação. Deste modo, novamente, de maneira semelhante à variável de capacidade de análise, identificou-se uma oportunidade rápida na qual projetos pontuais e paralelos foram elaborados para tratar tais lacunas, não sendo, portanto, alvo deste projeto;

- Peso de mil sementes: este é o segundo indicador da qualidade do produto mais importante porque relaciona a quantidade de produto presente em um saco, dado seu peso fixo de 40 kg;

- Outras cultivares: não é um indicador muito importante dado que as anomalias de processo estão controladas e a variabilidade está dentro de níveis aceitáveis para o produto. É, no entanto, um indicador crítico uma vez que a presença acima de níveis esperados, ocasiona no descarte imediato do lote.

Deste modo, levantou-se informações de estatística descritiva apenas do indicador de “peso de mil sementes”, que estão apresentadas nas figuras 4.32 e 4.33 e na tabela 4.7, sendo a figura 4.32 o gráfico *Box Plot* dos dados, a figura 4.33 o histograma com ajuste de curva normal e a tabela 4.7 é a tabela que contém as estatísticas descritivas propriamente ditas da variável em questão.

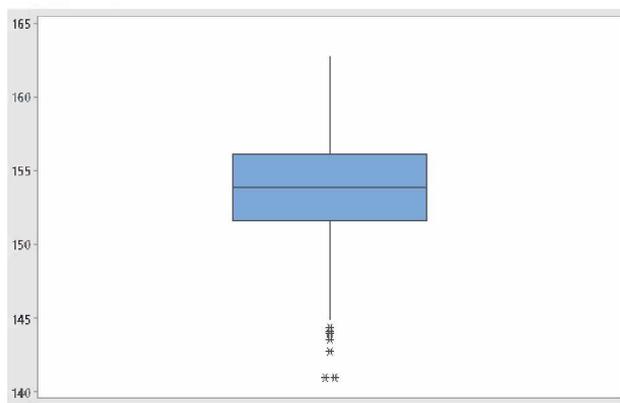


Figura 4.32. Gráfico Boxplot do indicador da qualidade do produto "peso de mil sementes" (fonte: o autor).

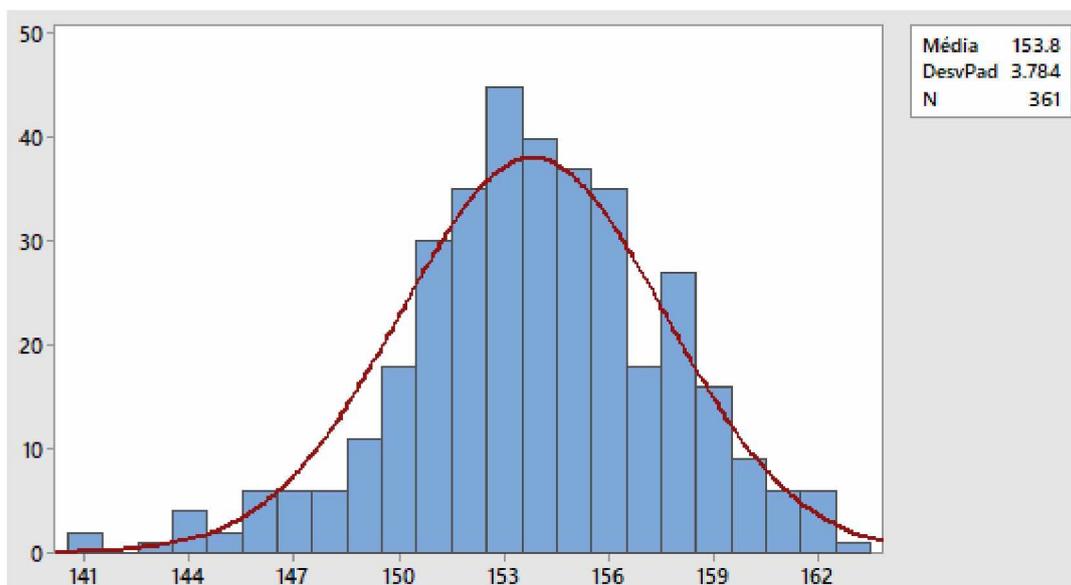


Figura 4.33. Histograma com ajuste de curva normal para os dados da qualidade de "peso de mil sementes" (fonte: o autor).

Tabela 4.7. Estatísticas descritivas para os dados da qualidade de "peso de mil sementes" (fonte: o autor).

Estatísticas Descritivas: C1

Variável	N	N*	Média	EP	Média	DesvPad	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
C1	361	0	153.81	0.199	3.78	140.90	151.60	153.80	156.10	162.70	

Pelas figuras e tabela acima, de acordo com o gráfico *boxplot* podemos observar que há a presença de alguns *outliers* que, no entanto, não se recomenda a exclusão de tais dados porque à medida que são excluídos, outros *outliers* podem aparecer. Como tais dados não representam anormalidades críticas, os dados foram mantidos. Em seguida, pelo histograma observa-se um fato interessante: apesar de existir um pico próximo a 158, no geral pode-se dizer que a distribuição dos dados, ao menos visualmente, obedece uma distribuição normal. Deve-se lembrar que a aderência à curva normal é considerado uma premissa para o desenvolvimento de

projetos *lean six sigma*, e, portanto, além do histograma apresentado anteriormente, segue também, o teste de normalidade para os dados em questão:

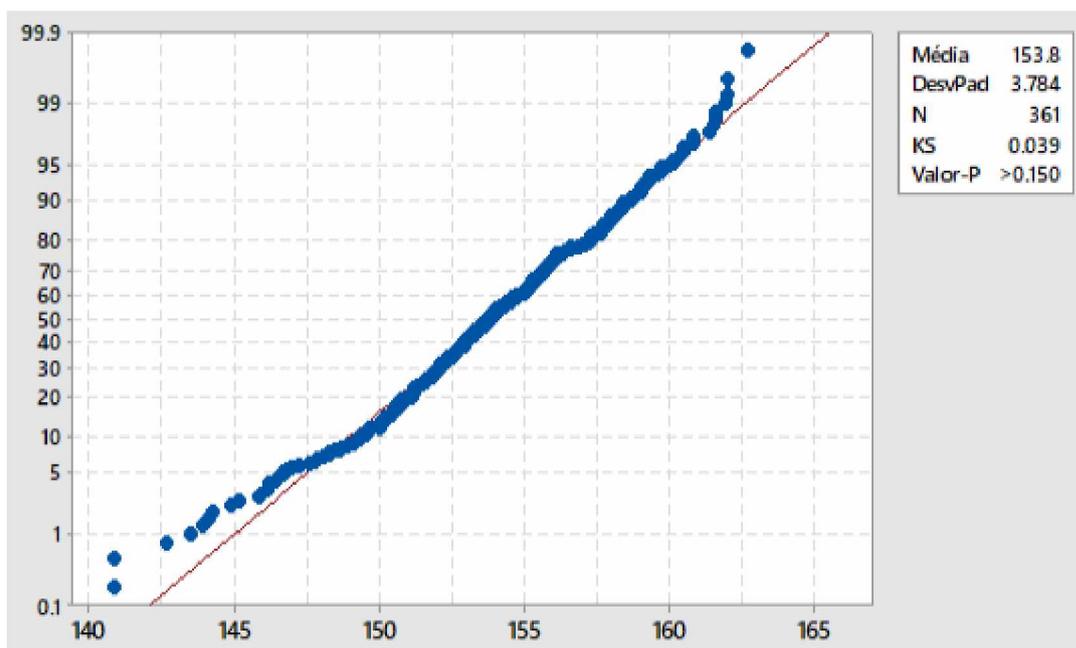


Figura 4.34. Teste de normalidade para os dados de qualidade do produto de "peso de mil sementes", evidenciando o Valor-P superior a 0,15, que é maior que 0,05, valor limítrofe para considerar que os dados assumem distribuição normal (fonte: o autor).

O que podemos observar pelo gráfico do teste de normalidade acima é que os dados são considerados normais (Valor-P > 0,05 – valor limítrofe para assumir dados com distribuição normal), com um número de amostras de 361, um valor de média dos dados de 153,8 g e desvio padrão de 3,784 g. Ainda pelo gráfico, percebe-se claramente o distanciamento da reta em vermelho de alguns pontos. Estes pontos, possivelmente, são os *outliers* identificados pelo gráfico de *boxplot*.

Como todos os dados referentes às causas críticas seguem comportamento normal, pode-se seguir com a etapa de Análise. Caso, no entanto, algumas dessas causas não fossem normais, poderíamos utilizar qualquer método de transformação normal (Johnson, *Box-Cox*, etc.). Caso ainda, nem mesmo sob transformação normal os dados assumissem comportamento normal, deveríamos descartar tal causa e priorizar outras.

4.4. Fase A (DMAIC) – Analyze

A fase Análise, para Aguiar (2006), possui como objetivo, filtrar as causas críticas de maneira que as que sobrarem, se tornem as causas raiz, que por sua vez serão priorizadas. Na figura 4.35 apresenta-se esquema visual da hierarquia entre as causas potenciais, críticas e raiz.

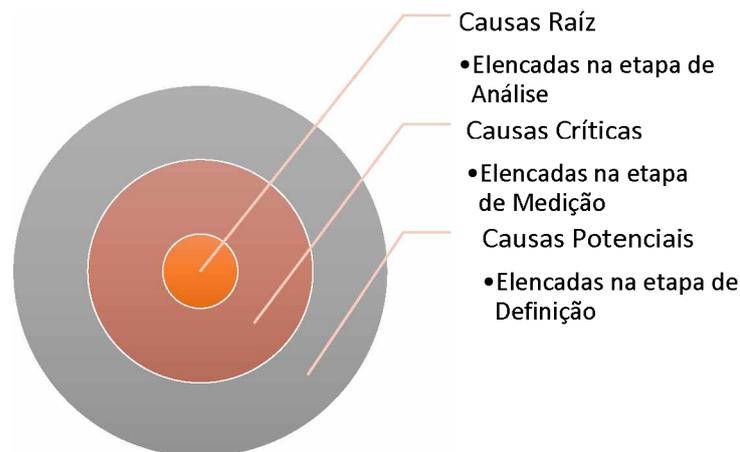


Figura 4.35. Hierarquia entre causas e etapas (fonte: o autor).

Ao final da etapa de Análise, elabora-se o plano de ação para atuação nas causas raízes. Antes, no entanto, de prosseguir com a análise estatística a fim de determinar quais são as causas raízes do problema, apresenta-se, na figura 4.36, quais são as sub-etapas e as atividades da etapa de Medição.

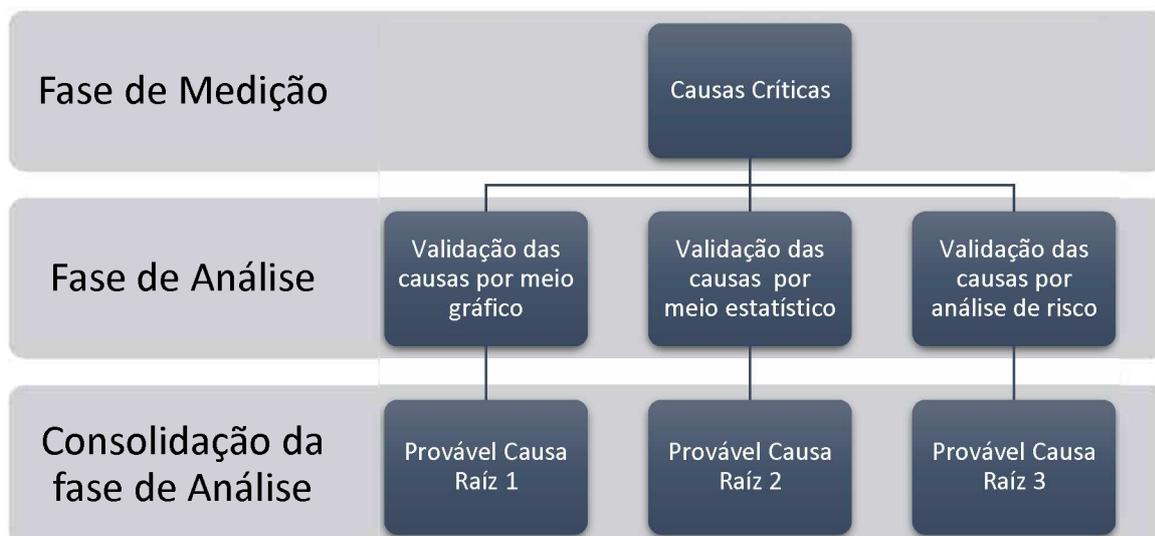


Figura 4.36. Subetapas e atividades a serem desenvolvidas na etapa de Análise (fonte: o autor).

É importante mencionar que, só se torna efetivamente uma causa raiz aquela que é validada pelas três formas mencionadas, sendo que, caso uma provável causa raiz seja validada por meio gráfico e estatístico mas não por análise de risco, ela deve ser descartada e outra causa priorizada, por exemplo. Assim sendo, utiliza-se fortemente de ferramentas estatísticas para se analisar os dados (WERKEMA, 1995) e utiliza-se, também, de análise gráfica através do gráfico de Pareto, *Box Plot* e diagrama de dispersão para constatar, graficamente, a validade das causas. Em seguida há a criação do *FMEA*, que completa a análise por estudo de risco.

Neste ponto do trabalho cabe uma importante análise acerca da ferramenta *FMEA* pois esta é responsável por identificar possíveis falhas e seus efeitos antes que ocorram. Assim sendo, percebe-se claramente o progresso e o desenvolvimento do projeto, onde utilizamos, inicialmente, ferramentas de levantamento das causas raízes para, então, comprová-las e agora perpetuar as mudanças causadas pelo projeto. Deste modo, uma conclusão que se pode levantar acerca da metodologia *six sigma*, é a de que os projetos se preocupam não apenas resolver os problemas como também manter e facilitar a manutenção dos resultados obtidos. Na figura 4.37 evidenciam-se as características das ferramentas utilizadas ao longo do projeto.

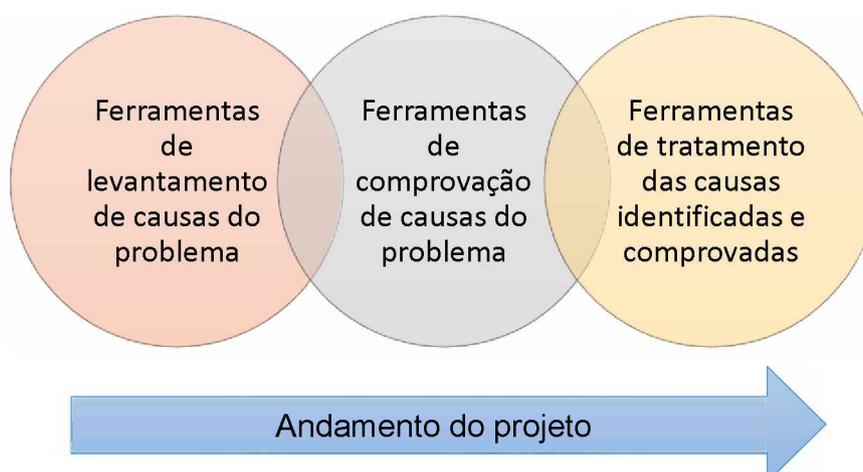


Figura 4.37. Evolução na finalidade das ferramentas utilizadas nos projetos *six sigma* (fonte: o autor).

É nesta etapa, também, que se faz uma análise dos dados levantados, sobretudo através das ferramentas utilizadas até então. Para tanto, segue uma breve discussão sobre os resultados e oportunidades observadas:

- I. Do ponto de vista do cliente final, a média brasileira de utilização de sementes por hectare é 200.000 (duzentas mil). Esta é, ainda, uma recomendação média de plantio e utilização do produto;
- II. Se considerarmos, portanto, que um saco de sementes de soja deveria ter 200.000 sementes, ou seja, o suficiente para cobrir e plantar uma área de um hectare, o peso deste saco deveria ser de, na verdade, 30,76 kg;
- III. Atualmente todos os sacos possuem 40 kg, ou seja, existe uma diferença absoluta entre o peso que o saco deveria ter para seguir a recomendação de plantio média do Brasil e o que é o estado atual de 9,24 kg, representando, portanto, 23,10% do peso atual;
- IV. A diferença de 9,24 kg, muito embora não possa ser utilizada para se gerar maior quantidade de sacos porque a produção se refere aos números absolutos de produto, representando quantidade fixa de hectares plantados ao cliente final, pode-se utilizar menos produto por saco e então reduzir o custo unitário.

Assim, como observado pelas análises anteriores, e, portanto, de posse das causas raízes do problema, ou seja, aquelas que são mais viáveis de se atuar, comprovadas por diversos meios, parte-se para a análise da fase de Melhoria, que é onde planos de ação são levantados. Antes, entretanto, de posse do processo no qual se pretende atuar, fez-se uma análise de risco através da ferramenta FMEA. O resultado é apresentado nas tabelas 4.8 a 4.11.

Tabela 4.8. FMEA parte 1: da identificação da etapa à definição do grau de severidade da falha (fonte: o autor).

Identificação	Descrição	Entradas	Modo de falha	Efeito	Severidade
Etapa do processo	Descrição da etapa do processo	Quais são as variáveis de entrada?	Como as variáveis de entrada podem falhar?	Quais são os impactos sob o processo? E os impactos sob as especificações dos clientes?	Qual é a severidade de impacto no cliente?
Beneficiamento	Após colheita, as sementes são beneficiadas, onde são separadas das impurezas, filtradas por densidade e classificadas	<ul style="list-style-type: none"> > Quantidade beneficiada; > Capacidade de beneficiamento; > Disponibilidade das máquinas. 	<ul style="list-style-type: none"> > Indisponibilidade das máquinas; > Capacidade de beneficiamento ultrapassada; > Falta de instrução dos operadores. 	Atraso no beneficiamento	3
				Beneficiamento incompleto	8
				Acidente de trabalho	10
Amostragem	Durante o beneficiamento, faz-se uma amostragem dos lotes para verificar a qualidade	> Homogeneidade da amostra gerada;	> Amostra não representativa;	Baixa qualidade	10
				Descarte do lote	8
Determinação do peso do saco	Após análise dos resultados de qualidade, determina-se o peso do saco	> Índice de "peso de mil sementes";	Índice não representativo	Ensacamento com mais ou menos produto	10

Tabela 4.10. FMEA parte 2: efeitos e controles de falha atuais (fonte: o autor).

Identificação	Efeito	Causas	Frequência
Etapa do processo	Quais são os impactos sob o processo? E os impactos sob as especificações dos clientes?	Quais são as causas potenciais?	Qual é a frequência de ocorrência da falha?
Beneficiamento	Atraso no beneficiamento	Manutenção não realizada; Treinamento vencido; Negligência;	7
	Beneficiamento incompleto		8
	Acidente de trabalho		3
Amostragem	Baixa qualidade	Equipamento não calibrado; Operadores não capacitados	6
	Descarte do lote		6
Determinação do peso do saco	Ensacamento com mais ou menos produto	Equipamento impreciso e não calibrado	8
		Operadores não capacitados	5

Tabela 4.9. FMEA parte 3: efeitos e causas (fonte: o autor).

Identificação	Efeito	Controle	Deteção
Etapa do processo	Quais são os impactos sob o processo? E os impactos sob as especificações dos clientes?	Quais são os controles atuais do processo?	As falhas são possíveis de detectar?
Beneficiamento	Atraso no beneficiamento	Gerenciamento do planejamento de produção com reuniões por período de trabalho para verificação do beneficiamento	2
	Beneficiamento incompleto	Verificação estrita do plano de manutenção	10
	Acidente de trabalho	Treinamento regulares	10
Amostragem	Baixa qualidade	Reteste da qualidade	8
	Descarte do lote		8
Determinação do peso do saco	Ensacamento com mais ou menos produto	Elaborar plano de manutenção do maquinário	7
		Matriz de treinamento e controle do plano de aprendizado	6

Tabela 4.11. FMEA parte 4: escores finais dos efeitos (fonte: o autor).

Identificação	Efeito	Recomendações	Responsável	Atual	Escore final
Etapa do processo	Quais são os impactos sob o processo? E os impactos sob as especificações dos clientes?	Quais as recomendações preditivas ou preventivas?	Quem é o responsável pela implementação das recomendações?	Quais foram as ações realizadas?	
Beneficiamento	Atraso no beneficiamento	Atualização frequente do quadro de indicadores	Todos	Implementação de metas aos operadores	42
	Beneficiamento incompleto	Equipe especializada para manutenção	Liderança da empresa	Disponibilização de mais recursos à área	640
	Acidente de trabalho	Política de tolerância zero a acidentes		Implementação de treinamentos teóricos e práticos sobre	300
Amostragem	Baixa qualidade	Elaborar plano de manutenção do maquinário	Engenheiro de manutenção	Plano de manutenção	480
	Descarte do lote	Gerar duas ou mais amostras por lote	Operadores	Capacitações frequentes e padronização do processo de geração de	384
Determinação do peso do saco	Ensacamento com mais ou menos produto	Acompanhamento do plano de manutenção	Engenheiro de manutenção	NA	560
		Provas surpresa	RH	NA	0

Pelo FMEA acima, pode-se observar que há três etapas que são críticas para o processo, que é o beneficiamento, a amostragem e a determinação do peso do saco. Estas etapas são então classificadas segundo severidade no impacto ao cliente, onde 10 é extremamente grave e 1 é apenas perceptível. Esta pontuação é evidenciada pela tabela 4.8.

Após classificação de severidade, as etapas são então classificadas segundo frequência de ocorrência, onde 10 são etapas com probabilidade de ocorrência muito alta e 1 muito remota. Esta pontuação é evidenciada pela tabela 4.9.

A tabela 4.10 apresenta a classificação das etapas do processo segundo os efeitos evidenciados de acordo com a probabilidade de detecção das falhas, onde 10 refere-se a falhas com probabilidades remotas de se detectar e 1 a falhas com alta probabilidade de detecção.

Por último, a tabela 4.11 apresenta a pontuação final de cada falha detectada, composta pelo produto dos três índices anteriores, sendo que, portanto, a falha mais grave é a que possui score 640, de beneficiamento incompleto, seguido pela falha de ensacamento com mais ou menos produto, do ponto de vista da manutenção do maquinário e seguido pela falha de baixa qualidade na etapa de amostragem, com relação, novamente ao maquinário da empresa.

Pode-se, portanto, apenas analisando-se o *FMEA* gerado, que a dependência da organização para com relação ao maquinário é alta, sendo que, as consequências geradas pelas falhas de maquinário, podem ser críticas para a composição de produtos com qualidade e que satisfaçam as demandas dos clientes.

4.5. Fase I (DMAIC) – *Improve*

Na parte de Melhoria não há mais filtragem das causas e então parte-se à resolução dos problemas identificados e comprovados. É nesta etapa que se elaboram os planos de ações nos quais as medidas propostas são priorizadas (AGUIAR, 2006), verificando-se, então, os benefícios alcançados *versus* esperados. Na figura 4.38 apresenta-se as principais atividades desta fase do projeto.

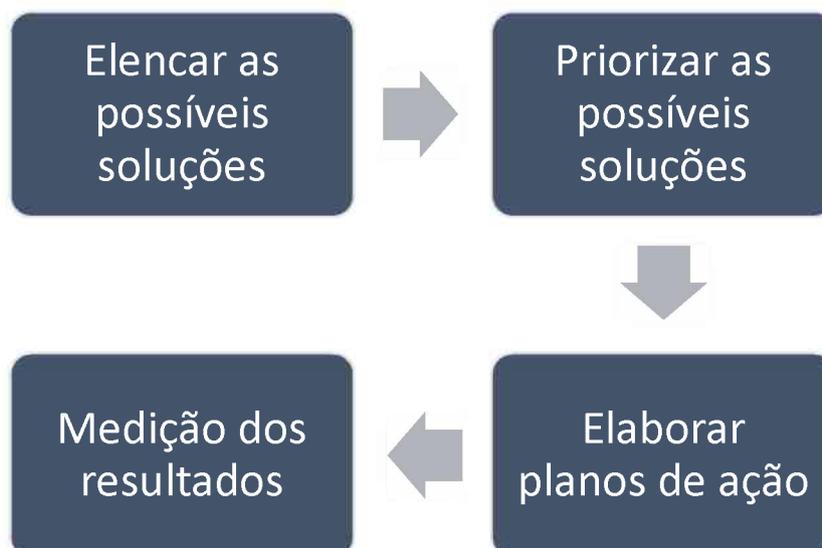


Figura 4.38. Etapas e atividades da fase de Melhoria (fonte: o autor).

Seguindo-se com o fluxo de atividades, inicia-se por levantar as possíveis soluções e os riscos atrelados para cada causa identificada anteriormente (WERKEMA, 2004). Para tanto, vale-se do uso de Diagramas de Árvore, para organizar as ideias, mas a principal ferramenta utilizada nesta etapa é o *Brainstorm*, que é, em português, tempestade de ideias. No *Brainstorm*, reúne-se em grupo e então, sem analisar e julgar, elencam-se ideias para o assunto em questão, visando, sobretudo, captar as informações de satisfação do cliente (STAMATIS, 2004). O Diagrama de Árvore, por sua vez, semelhante a um mapa mental, direciona as ideias de forma que se tenha uma abordagem mais objetiva. Na figura 4.39 apresenta-se

um Diagrama de Árvore elaborado para definir as ações a serem tomadas, já considerando o escopo de atuação no índice de qualidade de “peso de mil sementes”.



Figura 4.39. Diagrama de Árvore para ações a serem tomadas (fonte: o autor).

A fim de redefinir o peso do saco de sementes de soja, há, majoritariamente, quatro times que serão afetados, Produção, Marketing, Planejamento e Customer Service. Como o escopo do projeto é restrito a ações e processos do time de Planejamento, as ações referentes aos outros times não foram levantadas. Apesar disso, há uma ação no time de Produção que é de grande importância para a viabilidade financeira do projeto, que é a de verificar a capacidade de produção neste novo sistema. Caso se constate que o investimento necessário e a adequação na linha de produção sejam altos, o projeto pode ser inviabilizado. No entanto, constatou-se, pelo time de produção, que não seriam necessários investimentos nem adequações na linha de produção. Em seguida, dentro das ações do time de Planejamento, a definição do tamanho físico do saco e a verificação dos requisitos de sistema, embora sejam ações de grande importância, foram deixadas em segundo plano porque, segundo a liderança da empresa, tais requisitos seriam solucionados facilmente. Para, então, definir o novo peso do saco, focou-se em três grandes ações, que são, como apresentadas pelo Diagrama de Árvore, definir o procedimento operacional padrão, treinar o time de produção e calcular os ganhos. Levando-se em conta que tanto o treinamento quanto a definição do procedimento operacional padrão

são feitos em conjunto com o time de Qualidade, especificamente, Gerenciamento do Sistema de Qualidade, estas ações não foram priorizadas neste trabalho. Restando-se assim, a atividade de efetivamente calcular os ganhos financeiros potenciais da mudança no peso do saco.

Geralmente, devido à especificidade das soluções elencadas, priorizam-se as ações que estão mais à direita do Diagrama de Árvore porque são mais factíveis e objetivas. Semelhantemente, em um Mapa Mental, estão os itens, hierarquicamente, mais distantes do centro. Ainda, devido ao *Brainstorm*, é comum que se tenham elencados muitas soluções, o que acaba por tornar a implementação de todas as ideias, por vezes até mesmo impossível. Desta forma, é também comum que ao final de cada sessão de *Brainstorm*, faça-se uma filtragem das ideias mais relevantes e factíveis, para, então, se necessário, utilizar uma ferramenta como a Matriz de Priorização para elencar as ações que merecem os recursos destinados ao projeto. É, também, nesta etapa na qual, caso as informações fornecidas em reunião com o cliente diverjam, a equipe de trabalho proporá ajustes e mudanças no projeto (STAMATIS, 2004). Como havia apenas uma ação a ser implementada, não foi necessário filtrar as ideias e tão pouco prioriza-las. Segue, no entanto, o plano de ação elaborado com base na ferramenta 5W2H, apresentada na tabela 4.12.

Tabela 4.12. Plano de ação elaborado com base na ferramenta 5W2H (fonte: o autor).

What?	Why?	When?	Where?	Who?	How?	How much?
O que?	Porque?	Quando?	Onde?	Quem?	Como?	Quanto custará?
Cálculo do peso médio do saco de soja	Seguindo-se a recomendação média de plantio, descobriu-se que o peso do saco está acima do que deveria estar, sendo a diferença aproximada de 9kg.	Imediatamente	N/A	Time de Planejamento	Cálculo do custo unitário atual do produto; Cálculo do peso que o saco deve ter; Cálculo do novo preço unitário; Cálculo da redução de custo para o ano de 2018.	Estimado em 40 horas

O que se pode observar pela tabela acima é que, a própria divisão já fornece insumos para que todos os envolvidos no projeto estejam cientes de seu papel bem

como suas responsabilidades. Portanto, seguindo a tabela, pode-se observar que a ação a ser realizada é o cálculo do peso médio do saco de soja e tal ação deve seguir os passos descritos na coluna *How?*, ou seja, inicialmente calcula-se o custo unitário atual do produto, o peso que o saco deve ter, o novo preço unitário e a redução de custo.

Por último, após implementação da solução identificada, iniciou-se a mensuração dos resultados obtidos. Antes, no entanto, de partir-se para a última etapa da metodologia *lean six sigma*, cabe o adendo de que é nesta etapa que grande parte das ferramentas do *lean manufacturing* são implementadas, justamente devido à sua abordagem mais prática que teórica e analítica. Por exemplo, caso faça sentido, é nesta etapa que se implementa o 5S, visando sempre a complementariedade das soluções *six sigma*. Para o caso deste projeto, utilizou-se de eventos *Kaizen* (do japonês, “melhoria contínua”) para elaboração do mapa do fluxo de valor e definir o *score* relacionado à pertinência do projeto para cada solução elencada.

Embora este não seja um projeto típico de implementação *lean manufacturing*, pode-se concluir que sua utilização em processos e serviços é muito bem quista e tende a ganhar espaço no ambiente empresarial. Assim, prossegue-se à fase de Controle, onde preza-se pela manutenção e perpetuação dos resultados obtidos.

4.6. Fase C (DMAIC) – Control

A fase de Controle, como dito anteriormente, preza pela manutenção e perpetuação dos resultados e padronizações obtidas no projeto. É esta etapa na qual finalizam-se as mensurações dos resultados obtidos (WERKEMA, 1995), padronizam-se instruções, normas e procedimentos de trabalho, registrando-se também responsáveis, indicadores e medidas corretivas aplicadas (STAMATIS, 2004). Na figura 4.40 apresentam-se os processos e atividades realizadas nesta etapa.



Figura 4.40. Processos e atividades da etapa de Controle (fonte: o autor).

Como todos os resultados obtidos não dependiam de análises posteriores nem de desenvolvimento ao longo do tempo, a finalização da mensuração dos resultados obtidos aconteceu na etapa de Melhoria. Assim, na tabela 4.13, apresenta-se a comparação dos resultados obtidos com o esperados, com todos valores normalizados para base de comparação e manutenção do sigilo dos dados da empresa estudada.

Tabela 4.13. Resultados alcançados, comparando-se com a meta esperada (fonte: o autor).

Custo unitário atual	Percentual de expectativa de redução dos custos	Expectativa de redução do custo	Preço unitário alvo
100	3%	3	97
Custo unitário alcançado realizado	Percentual de redução dos custos realizado	Redução de custo realizado	Preço unitário alcançado
91	9%	9	91

Dado que este projeto se restringe às questões relacionadas à área de planejamento e controle de produção, os processos e atividades afetadas, bem como eventuais treinamentos necessários, estão relacionadas na tabela 4.14. Listam-se,

também, a necessidade ou não de elaboração ou atualização das formas de controle atuais e sumariza-se as principais lições aprendidas através da recapitulação das atividades desenvolvidas, que é uma parte essencial no projeto seis sigma (WERKEMA, 2004).

Tabela 4.14. Ações necessárias posteriores à implementação do projeto.

What?	Why?	When?	Where?	Who?	How?	How much?
O que?	Porque?	Quando?	Onde?	Quem?	Como?	Quanto custará?
Treinamentos do time de Produção	Seguindo o novo sistema de produção, o time de Produção deve saber extrair a amostra adequadamente, realizar testes e calibrar as máquinas	Sempre que houver contratação e reciclagem a cada 6 meses	N/A	Time de Qualidade e Produção	O time de Qualidade elaborará junto ao time de Produção e Planejamento o treinamento adequado que será então incluído na matriz de treinamentos da empresa; O treinamento será aplicado a cada contratação e renovado a cada 6 meses para cada colaborador	O controle atual se dá por planilhas e será mantido. O novo treinamento é presencial e ministrado por um membro da Produção com conhecimento adequado. O procedimento será mantido.
Atualização do procedimento operacional padrão	Com a mudança do sistema de produção, os padrões serão alterados e devem estar documentados	Imediatamente	N/A	Time de Qualidade e Produção	O time de Qualidade reunirá com o time de Produção para percorrer todo o POP anterior, atualizando-o quando necessário e corrigindo-o também quando necessário	Aproximadamente 20 horas/trabalho. O controle atual se dá por planilhas e será mantido

Continuação da tabela 4.14:

Atualizações no sistema	O sistema atual não permite entradas de sacos com pesos diferentes de 40kg	Em até 3 meses	Matriz BRA	Time de TI	<p>O time de TI do país se reunirá com o time de Planejamento e coletará as informações necessárias.</p> <p>O time de TI abrirá uma solicitação ao time global de TI, que por sua vez criará as entradas necessárias para o projeto.</p>	N/A
-------------------------	--	----------------	------------	------------	--	-----

Após análise do problema passando-se por toda a metodologia *lean six sigma*, podemos observar a disciplina em se obter soluções práticas que por muitas vezes requerem pouco ou nenhum recurso para implementação e viabilização. Além disto, esta última etapa de controle permite observar o caráter da metodologia de foco na melhoria contínua dos processos de produção, acarretando em uma melhora na qualidade (ROTONDARO, 2008).

O capítulo V a seguir apresenta comentários gerais acerca deste projeto.

Capítulo V

COMENTÁRIOS GERAIS E CONCLUSÕES

Este capítulo apresenta comentários gerais, não apenas em termos da meta alcançada e o projeto em si mas toda a jornada de conhecimento que se desenvolveu a todos os participantes e clientes do projeto, além, é claro, dos processos como também os impactos gerados. Este capítulo contém, na primeira parte, a descrição do estado atual de produção para, em seguida, descrever o estado futuro ou esperado com a implementação do projeto. A segunda parte deste capítulo, trata de comentários gerais sobre o projeto e por último, na terceira parte, as conclusões deste trabalho.

5.1. Estado atual

Atualmente, após plantio e maturação da soja que servirá, após colheita, de semente, faz-se uma análise de qualidade a fim de verificar se o campo poderá ser colhido ou deverá ser descartado (venda como grão). Caso o campo em questão tenha passado pelos parâmetros de qualidade, como germinação, peso adequado, pouca ou nenhuma contaminação, entre outros, o campo recebe aval para colheita.

Após a colheita, as sementes são levadas para a unidade de beneficiamento onde são, então, separadas dos corpos estranhos (como folhas, gravetos, entre outros) por filtragem densimétrica e classificados de acordo com o peso e tamanho. É nesta hora, também, que o lote tem sua qualidade aferida. As máquinas de beneficiamento e ensacamento são, a seguir, calibradas e as sementes ensacadas de acordo com o peso determinado que, para o estado atual, é de 40 kg.

5.2. Estado futuro/desejado

A diferença entre o estado atual e o estado futuro é o de que há o acréscimo de uma etapa no processo de ensacamento, que é a etapa de análise dos dados de qualidade, especificamente falando do índice de “peso de mil sementes”. Após recebimento dos resultados de qualidade, o time de Planejamento analisará as informações de “peso de mil sementes” e, considerando que um saco deva ter 200.000 (duzentas mil) sementes, determinará o peso do saco para o lote em questão. Esta informação é repassada ao time de Produção que, em seguida, fará a calibração das máquinas para ensacamento considerando não mais o peso fixo de 40 kg mas variável.

5.3. Comentários gerais

- i. O *lean six sigma*, é uma metodologia de trabalho que alinha, dentro das organizações, os níveis estratégicos e operacionais, trazendo, por exemplo, ao dia a dia do operador, as diversas iniciativas de redução de desperdício, corte de gastos e automatização de processos, por exemplo. Ao mesmo tempo, o engenheiro possui papel chave dentro da cadeia produtiva porque conhece tanto dos aspectos técnicos de uma linha de produção, quanto os aspectos de gestão, se tornando, assim, uma peça chave dentro do nível tático da empresa. É, portanto, muito natural que projetos *lean six sigma* seja desenvolvidos por engenheiros, completamente ou parcialmente dedicados, que os gerenciam com grande facilidade e habilidade.
- ii. A grande competitividade no mundo capitalista leva as empresas a oferecerem cada vez mais valor, mais produto e maior quantidade com

menos recursos, menos custos e menos mão de obra. Reside aí a base para a existência de todas iniciativas de otimização, nas quais o nível tático há de participar com grande afinco e, conseqüentemente, os engenheiros também. Assim, quando um projeto *lean six sigma*, que visa reduzir a variabilidade de algum processo ou encontrar oportunidades de otimização, os quais em sua maioria são gerenciados por engenheiros ou possuem engenheiros na equipe do projeto, é desenvolvido, espera-se que algum retorno competitivo seja apresentado. Para este projeto em específico, os ganhos em competitividade ficaram evidentes. Além disto, como projetos *lean six sigma* requerem, no mínimo, dedicação parcial, os engenheiros podem, ainda, desenvolver outras atividades dentro das organizações.

- iii. Os benefícios da adoção de uma metodologia de trabalho formal percorre dois caminhos: o primeiro é o de que a metodologia *lean six sigma*, quando utilizada para desenvolver projetos de melhoria contínua, têm como objetivo ganhos financeiros ou de segurança, como comentado no item ii. anterior. O segundo caminho é o de que uma metodologia de trabalho formal como o *lean six sigma*, é uma padronização de trabalho. E, por definição de padrão, que embora não represente o melhor jeito de se fazer algo, é uma forma consagrada e que, na maioria das vezes, produz resultados tangíveis, diminuindo ainda a influência pessoal e emocional das pessoas envolvidas, enquanto aumenta a influência analítica e orientada a dados e fatos.

5.4. Conclusões

- i. A atuação do engenheiro, no nível tático da empresa, é essencial para implementação de projetos alinhados com a estratégia da empresa;
- ii. O engenheiro, sendo capaz de atuar no nível tático da empresa, é capaz de desenvolver projetos de redução de custos e otimização;
- iii. Uma metodologia padrão de trabalho permite que os colaboradores sejam mais analíticos;
- iv. Constata-se uma redução no custo de produção de 9%, que é três vezes mais o esperado inicialmente;

- v. Os custos de implementação ou ainda os custos agregados ao novo sistema de produção praticamente não variam (+0,27%), mantendo, portanto, o índice de redução de custo em 8%;
- vi. A empresa não estava ciente de tamanha oportunidade, dado a meta estabelecida inicialmente de 3%;
- vii. A utilização de uma metodologia consagrada, analítica e disciplinada para identificação de oportunidades de melhoria se mostrou altamente eficaz;
- viii. A utilização da metodologia, no entanto, por si só não garante o sucesso do projeto, sendo que, a maior parte advém da capacidade analítica, de gestão e de execução da equipe do projeto;
- ix. A partir de uma metodologia simples, com ferramentas bem definidas e de fácil utilização conseguiu-se trazer resultados expressivos aliados a uma simplicidade incrível;
- x. A metodologia *lean six sigma* permite que problemas secundários sejam identificados e, no caso deste projeto, tratados e solucionados paralelamente, aumentando ainda mais os ganhos do projeto;
- xi. A lacuna entre o estado atual e o desejado configura a mais importante qualificação para desenvolver projetos *lean six sigma* (PANDE, et al., 2000);
- xii. Para este projeto, além das horas trabalhadas, não houve demanda nem gastos de recursos financeiros, tornando, portanto, o projeto altamente viável;

Quando há a combinação de uma metodologia de trabalho bem definida, disciplinada e consagrada, com habilidades analíticas, de gestão e de quem conhece o sistema de produção, que é justamente o caso de engenheiros, os resultados obtidos após desenvolvimento de projetos de melhoria contínua são expressivos, factíveis e importantes para a companhia.

Outros projetos de melhoria contínua podem e serão desenvolvidos nesta área e o verdadeiro encorajamento que este trabalho faz, é que se desenvolvam projetos não apenas nas áreas de produção mas também em outros setores da empresa a fim de se galgar, cada vez mais, passos na escada da melhoria contínua, levando a excelência na operação, na logística, nas finanças e em todas as áreas.

Referências Bibliográficas

AGUIAR, Silvio. ***Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao programa seis sigma.*** Nova Lima : INDG, 2006.

CAMPOS, Vicente Falconi. ***TQC: Controle da Qualidade Total: No Estilo Japonês.*** Nova Lima : INDG Tecnologia e Serviços LTDA., 1992.

CARVALHO, Marly M. e PALADINI, Edson P. ***Gestão da Qualidade: teoria e Casos.*** Rio de Janeiro : Elsevier, 2005.

CONAB. ***<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>***. [Online] Governo Brasileiro, 1 de Novembro de 2018. [Citado em: 25 de Novembro de 2018.].

DHILLON, B. S. ***Reliability, Quality, and Safety for Engineers.*** Boca Raton : CRC Press LLC, 2005.

EMBRAPA. ***<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>***. [Online] EMBRAPA, 1 de Maio de 2018. [Citado em: 1 de Novembro de 2018.].

GULATI, Ramesh. ***Maintenance and Reliability Best Practices.*** New York : Industrial Press, Inc., 2013.

HILSDORF, W. C. ***Six Sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the World's Top Corporation.*** New York : Doubleday, 2000.

IMAI, M. ***Kaizen, a estratégia para o sucesso competitivo.*** São Paulo : IMAM, 1994.

ISHIKAWA, K. ***What is total quality control? The japanese way***. Englewood Cliffs : Prentice-Hall, 1985.

MAZINI, Riccardo, et al. ***Maintenance for Industrial Systems***. London : Springer-Verlag, 2010.

PANDE, Peter S., NEUMAN, Robert P. e CAVANAGH, Roland R. ***The six sigma way: how GE, Motorola and other top companies are honing their performance***. New York : McGraw- Hill, 2000.

ROTONDARO, R. G. ***Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços***. São Paulo : Atlas, 2008.

SHINGO, S. ***A Study of the Toyota Production System - from an industrial engineering viewpoint***. Portland : Productivity Press, 1989.

LINDERMAN, K., et al. ***Six Sigma: a goal-theoretic perspective 2003***, Journal Operations Management, p. 21.

SMITH, Rickey e MOBLEY, R. Keith. ***Rules of Thumb for Maintenance and Reliability Engineers***. Knoxville : Butterworth-Heinemann, 2007.

STAMATIS, H. Dean. ***Six Sigma Fundamentals: A complete guide to the system, methods and tools***. New York : Productivity Press, 2004.

TOLEDO, J. C. e CARPINETTI, L. R. ***Gestão da Qualidade. A Fábrica do Futuro***. s.l. : Banas, 2000.

WERKEMA, Maria C. C. ***As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos***. Belo Horizonte : QFCO, 1995.

WERKEMA, Maria C. C. ***Criando a cultura Seis Sigma***. Nova Lima : Werkema, 2004.

WOMACK, J. P. e JONES, D. T. ***A mentalidade enxuta nas empresas: elimina o desperdício e cria riqueza***. Rio de Janeiro : Campus, 1998.

WOMACK, J. P., JONES, D. T. e DANIEL, R. ***A máquina que mudou o mundo***. Rio de Janeiro : Campus, 1992.